

FORÇA DE ATRITO EM PLANOS INCLINADOS E HORIZONTAIS

Daiane Ribeiro dos Santos¹

Hindia Polliany Alves de Sousa Leite²

Jaqueline Ruschel dos Santos³

Jucimar Peruzzo⁴

RESUMO

Este relato refere-se a uma oficina didática realizada na Semana Acadêmica Integrada dos cursos de Licenciatura em Física e Matemática do IFC – Campus Concórdia, voltada aos discentes desses cursos. A oficina baseou-se em um trabalho intitulado “Construção de um plano inclinado de baixo custo para o ensino de mecânica nas aulas de física” publicado na seção “Faça você mesmo”, da revista Física na Escola. Nosso objetivo foi avaliar em que medida o trabalho se mostraria exitoso no ensino da dinâmica das forças de atrito. Com base na proposta do trabalho, construímos três planos inclinados e blocos de madeira com diferentes tipos de superfície. Também foram utilizados dinamômetros, balança e blocos com massas e superfícies distintas, permitindo a aferição do coeficiente de atrito em superfícies horizontais. A atividade teve início com uma introdução teórica abordando conceitos e exemplos relacionados à força de atrito, incluindo a dedução das equações necessárias para os cálculos experimentais. Esta introdução os preparou para a etapa prática, na qual utilizaram os instrumentos guiados por um roteiro experimental, para aferir e comparar os coeficientes de atrito em diferentes situações. Durante a atividade, os alunos participaram com interesse e se surpreenderam ao relacionar a força de atrito com situações do cotidiano. A atividade mostrou-se viável para ser reaplicada em outros contextos formativos. De modo geral, avaliamos que a experiência se demonstrou positiva, evidenciando que a proposta apresentada no trabalho citado se mostra relevante para o ensino dos conceitos e fenômenos relacionados às forças de atrito.

Palavras-chave: Ensino de física, Oficina didática, Força de atrito, Plano inclinado, Materiais de baixo custo.

INTRODUÇÃO

O ensino de Física, especialmente da mecânica, enfrenta desafios persistentes na promoção de uma aprendizagem significativa dos conceitos fundamentais (Moreira, 2021). Frequentemente, a disciplina é percebida pelos alunos como complexa e abstrata, reduzida a um conjunto de fórmulas e cálculos desconectados da realidade (Silva et al., 2018), o que desestimula a participação ativa e o interesse.

¹ Graduanda do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal Catarinense - IFC, Campus Concórdia, daianeribei01@gmail.com;

² Graduanda do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal Catarinense - IFC, Campus Concórdia, polli.alves.any@gmail.com;

³ Graduanda do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal Catarinense - IFC, Campus Concórdia, jake.ruschel@gmail.com;

⁴ Professor orientador: Mestre em Matemática Aplicada e Computacional (Unicamp). Instituto Federal Catarinense - IFC, Campus Concórdia, jucimar.peruzzo@ifc.edu.br.



Moreira (2010) enfatiza a necessidade de ir além da centralização em livros didáticos, utilizando materiais diversificados e cuidadosamente selecionados. Isso torna os conceitos menos abstratos, estimula a curiosidade e permite aos estudantes vivenciar a ciência de forma investigativa e crítica ao seu cotidiano, reforçando a ideia de Lanza (2009) que afirma que teoria e prática são indissociáveis no processo de construção do conhecimento.

Contudo, a implementação de aulas práticas é frequentemente dificultada por barreiras como a falta de laboratórios e equipamentos nas escolas, especialmente na rede pública (Lira; Senna Junior, 2024). Como alternativa, os experimentos com materiais de baixo custo destacam-se por sua viabilidade, permitindo que a investigação científica seja realizada na própria sala de aula com objetos acessíveis e de fácil montagem, transpondo obstáculos financeiros e estruturais (Silva, 2023).

Na Mecânica, a força de atrito é um dos temas que se beneficia dessa perspectiva. Embora presente em inúmeras situações do dia a dia, muitas vezes o tema é tratado de forma abstrata. Por isso, o uso do plano inclinado oferece um recurso didático simples para explorar a decomposição de forças e os fatores que influenciam o movimento, tornando o aprendizado mais concreto e visual (Silva, 2023).

Neste contexto, o presente trabalho relata a realização de uma oficina didática voltada a estudantes dos cursos de Licenciatura em Física e Matemática. A atividade, inspirada no trabalho “Construção de um plano inclinado de baixo custo para o ensino de mecânica nas aulas de física” (Silva, 2023), visou retomar a proposta original com o foco na capacitação de futuros professores para o uso de metodologias ativas no ensino. A oficina utilizou planos inclinados de baixo custo, blocos de madeira com diferentes superfícies, dinamômetros e balanças, permitindo aos participantes aferir, observar e comparar as forças de atrito em diferentes condições.

A relevância da proposta reside na possibilidade de analisar a viabilidade e a efetividade de uma abordagem experimental acessível para a formação de educadores, que possam replicar a atividade em suas futuras aulas. Os objetivos principais foram verificar em que medida a oficina poderia favorecer a aprendizagem dos conceitos de força de atrito entre estudantes de licenciatura, bem como analisar seu potencial formativo para a prática docente e a viabilidade de replicação em diferentes contextos pedagógicos.





Para tanto, a atividade foi estruturada em uma etapa teórica, com a introdução dos conceitos e equações, seguida por uma etapa prática, na qual os participantes utilizaram planos inclinados, dinamômetros e balanças para aferir experimentalmente os coeficientes de atrito estático e cinético.

Os resultados, baseados na observação participante e na análise qualitativa das interações, sugerem que a oficina promoveu um bom nível de engajamento dos estudantes e estimulou o pensamento crítico ao permitir a confrontação entre as previsões teóricas e os dados experimentais.

A discussão coletiva demonstrou que a atividade contribuiu para uma aparente compreensão dos fenômenos de atrito, conectando-os a situações do cotidiano. Em suma, o trabalho evidenciou a relevância do uso de recursos de baixo custo na formação de professores de Física, reforçando que a metodologia proposta é uma ferramenta de grande importância para integrar teoria e prática de forma significativa e replicável.

METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa consistiu na realização de uma oficina didática durante a Semana Acadêmica Integrada dos cursos de Licenciatura em Física e Matemática do Instituto Federal Catarinense (IFC) – Campus Concórdia, no primeiro semestre de 2025. A oficina foi desenvolvida em duas etapas: uma teórica e outra prática.

Na etapa teórica, utilizando slides, foram introduzidos os conceitos relacionados à força de atrito, incluindo definições, exemplos de ruas íngremes, decomposição de forças no plano inclinado, coeficientes de atrito e fórmulas para os cálculos necessários para a realização da etapa experimental.

Na etapa prática, os participantes formaram duplas e receberam um plano inclinado, blocos de madeira com diferentes tipos de superfícies para a aferição dos coeficientes de atrito estático e cinético, dinamômetros para medir forças, balanças para levantamento das massas dos blocos e um roteiro experimental que os guiou durante a atividade. A Figura 1 apresenta um registro fotográfico de uma dupla participante durante a oficina, manuseando o plano inclinado para determinação do coeficiente de atrito.

Araújo e Abib (2003, p. 176) afirmam que “O uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das



maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente”. Além disso, as atividades experimentais favorecem não apenas a compreensão dos conceitos físicos, mas também o desenvolvimento de habilidades investigativas, como a formulação de hipóteses, a análise crítica de dados e a elaboração de determinadas conclusões.





Figura 1: Alunos participantes utilizando o plano inclinado durante a oficina.

A coleta de dados permitiu a comparação dos coeficientes de atrito em diferentes superfícies, possibilitando a discussão dos resultados diante dos conceitos teóricos apresentados. A pesquisa teve caráter qualitativo, com observação participante e análise das interações dos participantes durante a oficina para avaliar a compreensão dos conceitos e a relação com situações cotidianas. Este procedimento permitiu uma avaliação sobre a eficácia da oficina na promoção de aprendizagem significativa.

Para orientar os participantes durante a etapa prática, elaborou-se um roteiro experimental, o qual é apresentado a seguir.



 INSTITUTO FEDERAL Catarinense Campus Concórdia	<p align="center">INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE – CAMPUS CONCÓRDIA</p> <p align="center">Daiane R. Santos, Hindia Alves e Jaqueline Ruschel</p> <p align="center">Roteiro – Coeficiente de Atrito Estático e Cinético no Plano Inclinado e Horizontal</p>	<p align="center">Licenciatura em</p>  FÍSICA
---	--	--

1. Determine o coeficiente de atrito estático máximo utilizando o plano inclinado. Para isso, aumente lentamente o ângulo de inclinação do plano até que o objeto esteja na iminência de se mover (isto é, prestes a escorregar).

1.1. Registre o ângulo máximo θ na tabela, observado no momento exato em que o movimento começa. Utilize a seguinte relação para calcular o coeficiente de atrito estático máximo:

$$\mu_e = \tan \theta$$

1.2. Repita a medição para diferentes materiais de contato, e anote os resultados na tabela abaixo. Realize pelo menos 2 medições para cada situação, calcule a média dos ângulos para maior confiabilidade, e depois determine μ_e .

1.3. Agora que vocês testaram os materiais da escola, escolham um objeto pessoal e testem da mesma forma. Anotem o nome do objeto e preencham a tabela.

Objeto/Superfície	Ângulo 1	Ângulo 2	Média	$\mu_e = \tan(\theta)$
Bloco, superfície de lixa.				
Bloco, superfície de EVA.				
Bloco, superfície de madeira.				
Objeto pessoal.				

2. A seguir encontre o coeficiente de atrito estático máximo entre os blocos e uma superfície horizontal. Para isso, utilize o dinamômetro para aplicar uma força crescente até que o bloco esteja na iminência de se mover (isto é, prestes a começar o deslizamento).

2.1. Meça inicialmente a massa do bloco com o auxílio de uma balança e registre esse valor na tabela a seguir.



2.2. Em seguida, prenda o bloco ao dinamômetro e posicione o conjunto sobre a superfície plana.

2.3. Puxe o dinamômetro lentamente e de forma constante, observando o valor da força indicada.

2.4. Registre na tabela a força máxima observada no exato momento em que o bloco começa a se mover. Essa força corresponde ao valor da força de atrito estático máxima.

2.5. Com os valores obtidos, calcule o coeficiente de atrito estático máximo utilizando a equação⁵

$$F_{(at)e} = \mu_e \cdot F_N$$

3. Agora, calcule também o coeficiente de atrito cinético. Após o bloco começar a se mover, continue puxando-o com o dinamômetro de forma a mantê-lo em movimento. Nesse momento, a força registrada no dinamômetro corresponde à força de atrito cinético.

3.1. Utilize essa força para calcular o coeficiente de atrito cinético a partir da equação

$$F_{(at)c} = \mu_c \cdot F_N$$

3.2. Faça a medição aumentando a massa do bloco (adicionando mais blocos sobre o primeiro).

3.3. Altere os materiais de contato e anote os resultados na tabela abaixo.

Objeto/ Superfície	Massa do bloco (kg)	Força Normal (F_N) $N=P$	Força de Atrito Estático (N)	Força de Atrito Cinético (N)	μ_e	μ_c
Bloco,						

⁵ Como o movimento ocorre somente na horizontal, omitimos a notação vetorial nas forças.



superfície de lixa.						
Bloco, superfície de madeira.						

REFERENCIAL TEÓRICO

A força de atrito (F_{at}), classificada como uma força de contato, é a resistência que surge quando se empurra ou se tenta empurrar um corpo sobre uma superfície. Essa força é sempre paralela à superfície e se opõe ao movimento ou à tendência de movimento. Microscopicamente, a força de atrito resulta das interações eletromagnéticas entre os átomos do corpo e os átomos vizinhos da superfície (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Young; Freedman, 2016).

A força de atrito estático (F_{at_e}) é a força que atua sobre um objeto que permanece em repouso. Enquanto o corpo está parado, o módulo de F_{at_e} se ajusta para ser igual e oposto à componente da força aplicada F que é paralela à superfície. Se F aumenta, F_{at_e} também aumenta. Existe um valor máximo para a F_{at_e} , que é atingido no instante em que o movimento está na iminência de começar sendo dada por

$$F_{at_e} = \mu_e \cdot F_N,$$

onde μ_e é o coeficiente de atrito estático e F_N é a força normal. Quando a força aplicada excede esse valor máximo, o corpo começa a se mover (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Young; Freedman, 2016).

A força de atrito cinético (F_{at_c}) é a força que atua sobre um corpo quando ele está deslizando sobre uma superfície. Assim como o atrito estático, ela se manifesta paralelamente à superfície e se opõe ao movimento do corpo. O módulo de F_{at_c} é dado em termos do coeficiente de atrito cinético (μ_c) e da força normal F_N por

$$F_{at_c} = \mu_c \cdot F_N.$$



O módulo de F_{at_c} é geralmente menor do que o módulo máximo de F_{at_c} , o que explica por que é mais fácil manter um objeto deslizando do que iniciar o movimento (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Young; Freedman, 2016).

Em relação ao bloco no plano inclinado, na eminência de deslizar, fazendo a decomposição de forças e aplicando a segunda lei de Newton, temos que ao longo da superfície (eixo x),

$$mg \sin \theta - \mu_c F_N = 0,$$

onde m é a massa do bloco, g é a aceleração da gravidade e θ é o ângulo de inclinação. Ao longo do eixo y (perpendicular à rampa), temos

$$F_N - mg \cos \theta = 0.$$

Relacionando as duas equações anteriores,

$$mg \sin \theta - \mu_c mg \cos \theta = 0,$$

vem que (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Young; Freedman, 2016)

$$\mu_c = \tan \theta.$$

Para os alunos, os estudos sobre força de atrito envolvem conceitos abstratos, o que torna necessário uma experimentação para sua compreensão significativa. Os métodos pedagógicos que integrem teoria e prática, especialmente por meio de atividades acessíveis e de baixo custo mostram-se eficazes no desenvolvimento da aprendizagem ativa (Silva; Leal, 2017).

As atividades experimentais aproximam os estudantes dos fenômenos naturais, promovendo uma aprendizagem baseada na observação, manipulação e análise de situações reais ou simuladas (Araújo; Abib, 2003). O uso de planos inclinados simples, aliado aos instrumentos como dinamômetros e balanças, possibilita a observação e o cálculo dos coeficientes de atrito estático e cinético, beneficia a visualização dos conceitos teóricos em situações reais, ampliando o interesse e a compreensão dos estudantes. Esta abordagem coincide com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que focam na formação integral dos alunos por meio do desenvolvimento de competências gerais e específicas no ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasil, 2018).

A BNCC destaca a relevância do uso de metodologias ativas, como a aprendizagem experimental e investigativa, que geram a construção do conhecimento de forma significativa



favorecendo a articulação entre teoria e prática. Dessa forma, estimulam o pensamento crítico, a capacidade de argumentação e a resolução de problemas que são habilidades essenciais para a compreensão dos fenômenos naturais e para a formação cidadã (Brasil, 2018). Assim, a utilização de experimentos de baixo custo e acessíveis, como proposto na oficina da Semana Acadêmica, contribui para a efetivação dessas diretrizes, tornando o ensino dinâmico, inclusivo e alinhado com a realidade dos estudantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A realização da oficina proporcionou uma oportunidade para os participantes aplicarem os conceitos teóricos sobre a força de atrito de maneira prática e investigativa. Durante a atividade, foram utilizados dinamômetros e balanças para aferir os coeficientes de atrito estático e cinético em diferentes superfícies. A Figura 2 ilustra o uso do dinamômetro para medir a força necessária a fim de iniciar o movimento de um bloco de madeira.



Figura 2: Utilização do dinamômetro para medir a força de atrito em superfície horizontal.

Os dados coletados pelos participantes indicaram variações nos coeficientes de atrito conforme o tipo de superfície dos blocos de madeira e dos planos inclinados, confirmando a dependência da força de atrito dos materiais em contato. Observou-se que, em superfícies lisas, os coeficientes de atrito eram relativamente menores, enquanto superfícies ásperas apresentaram valores maiores, o que está de acordo com a teoria estudada.

Além dos resultados numéricos, observou-se o interesse e a curiosidade dos participantes, especialmente quando os fenômenos físicos foram relacionados a situações do cotidiano, como os critérios adotados para a inclinação máxima de rodovias e ruas, ou ainda a discussão sobre os diferentes tipos de revestimento em vias muito íngremes.

No decorrer da prática experimental, os alunos mostraram entusiasmo em “colocar a mão na massa”, o que favoreceu o engajamento. Alguns equívocos também foram



observados, como na identificação correta do atrito estático e do atrito cinético e na crença de que a força de atrito depende da área de contato do bloco sobre a superfície. Entretanto, esses erros se configuraram como oportunidades de aprendizagem.

A metodologia favoreceu o contato prático com o conteúdo, pois os participantes puderam verificar as forças que muitas vezes são percebidas apenas de forma abstrata. A comparação entre os resultados obtidos e os valores previstos pela teoria também gerou discussões sobre fatores que podem influenciar as medições. A aproximação entre teoria e prática evidenciou bom potencial de abordagem em outros contextos.

Ao final da oficina, alguns alunos destacaram que a sequência e a introdução dos conceitos seguidas da parte prática facilitaram a compreensão. Como era o primeiro semestre de alguns participantes do curso de Física, muitos tinham pouco ou nenhum conhecimento prévio sobre plano inclinado; ainda assim, a forma gradual de apresentação permitiu que até os conceitos mais abstratos fossem assimilados com maior clareza.

Estes resultados demonstram a importância de metodologias ativas e experimentais para a formação de professores, ampliando o uso de recursos didáticos acessíveis e de aulas dinâmicas para os alunos.

É importante destacar, contudo, que a utilização de instrumentos simples, como dinamômetros e blocos de madeira, apresenta limitações que podem gerar variações nos resultados experimentais. Ainda assim, tais limitações também se configuram como oportunidades pedagógicas, pois estimulam a análise crítica sobre as condições de medição e a compreensão de que o conhecimento científico é construído em contextos reais e muitas vezes sujeitos a incertezas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A oficina sobre Plano Inclinado e Atrito realizada durante a Semana Acadêmica foi uma estratégia para o ensino dos conceitos de força de atrito, integrando teoria e prática de forma acessível. O uso de materiais de baixo custo e a participação ativa dos grupos permitiram uma aprendizagem contextualizada, estruturando a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos e estimulando o interesse pela experimentação e metodologias ativas.

Além disso, a oficina demonstrou potencial para ser adaptada e aplicada em diferentes contextos educacionais, incluindo turmas do ensino médio e programas de formação





continuada de professores. Como perspectiva futura, pretende-se ampliar a aplicação da proposta em outros ambientes escolares, de modo a avaliar seus impactos em diferentes níveis de ensino. Por fim, a experiência evidenciou a importância de acolher práticas que aproximem os conceitos científicos da realidade cotidiana dos estudantes, tornando a aprendizagem relevante e crítica.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio concedido por meio do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho. Agradecemos também ao Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia, pelo incentivo à formação docente e pela oportunidade e realização da oficina durante a Semana Acadêmica dos Cursos de Licenciatura.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Mauro S. T. de; ABIB, Maria L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176–186, 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXKgDsXw5Dy4R/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 20 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal.pdf>. Acesso em: 20 set. 2025.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**: volume 1. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LANZA, Fabio. Teoria e prática: aspectos indissociáveis. **Anais do Simpósio Científico-Cultural da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul**, v. 1, n. 1, 2009. Disponível em: <<https://anaisonline.uems.br/index.php/sciencult/article/view/3478>>. Acesso em: 08 set. 2025.





LIRA, Aline Telma Silva; SENNA JUNIOR, Vicente Antonio de. Desafios na Aplicação de Práticas Laboratoriais de Ciências e Biologia nas Escolas Públicas. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação (REASE)**, v. 10, n. 10, out. 2024. Disponível em: <<https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/16376>>. Acesso em: 11 set. 2025.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa crítica**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2025.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, supl. 1, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>>. Acesso em: 07 set. 2025.

SILVA, Leonardo Ribeiro Goes. Construção de um plano inclinado de baixo custo para o ensino de mecânica nas aulas de física. **A Física na Escola**, v. 21, 2023. Disponível em: <<https://fisicanaescola.org.br/index.php/revista/article/view/61/8>>. Acesso em: 05 set. 2025.

SILVA, P. O. da; KRAJEWSKI, L. L.; LOPES, H. S.; NASCIMENTO, D. O. do. Os Desafios no Ensino e Aprendizagem da Física no Ensino Médio. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 9, n. 2, p. 829–834, 2018. Disponível em: <<https://revista.unifaema.edu.br/index.php/Revista-FAEMA/article/view/593>>. Acesso em: 09 set. 2025.

SILVA, José. C. X.; LEAL, Carlos. E. dos S. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/FrKxnmJjJmYTyptKtnGppjc/?lang=pt>>. Acesso em: 09 set. 2025.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física**, volume 1: mecânica. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

