

# Mapeamento de habilidades dos estudantes em práticas experimentais tradicionais e investigativas sobre pêndulo simples

Mapping of students' skills in traditional and investigative activities on simple pendulum

Silvia Carla Cerqueira Porto <sup>a</sup>, Amanda Amantes <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Instituto Federal de Educação da Bahia, Feira de Santana, Brasil; <sup>b</sup> Departamento de Física, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.

**Resumo.** Reportamos um estudo sobre as habilidades empregadas por estudantes do Ensino Médio ao realizarem uma prática experimental sobre o conteúdo de Pêndulo Simples, por meio de procedimentos usuais (práticas experimentais tradicionais) e desafios (práticas experimentais investigativas). Identificamos, no geral, a habilidade procedimental nos dois tipos de tarefas e a habilidade interpretativa somente para a prática experimental investigativa. As habilidades procedimentais foram classificadas de acordo com o tipo de ação realizada: *Executar Medidas* (EXM), *Fazer Cálculo de Médias* (FCM), *Aplicar Regras Matemáticas* (ARM) e *Resolver Equações Matemáticas* (EQM). A habilidade interpretativa, foi explicitada somente enquanto *Verificação da Resposta Encontrada* (VRE). Essa taxonomia foi utilizada para avaliar as habilidades empregadas nas tarefas, que foram pareadas, ou seja, os estudantes fizeram práticas experimentais semelhantes em relação ao conteúdo. Como resultado, verificamos que, na prática mais usual, houve maior mobilização das habilidades EXM, FCM e ARM e, na investigativa, EQM e VRE. Ainda que convergindo, em termos de temas e conceitos demandados, habilidades diferentes foram mobilizadas. Esse resultado reafirma, empiricamente, a influência do formato das abordagens metodológicas e do design instrucional na aprendizagem. A implicação dos achados reverbera na elaboração e aplicação de abordagens de ensino que alcance os mais diversos objetivos de ensino.

**Palavras-chave:**

Habilidades, Práticas experimentais tradicionais, Práticas experimentais investigativas.

**Submetido em**

30/12/2025

**Aceito em**

22/05/2026

**Publicado em**

26/06/2026

**Abstract.** We report a study on the skills employed by high school students when conducting an experimental practice on the Simple Pendulum, using usual procedures (traditional experimental practices) and challenges (investigative experimental practices). We identified, in general, procedural skills in both types of tasks and interpretative skills only in the investigative experimental practice. Procedural skills were classified according to the type of action performed: *Performing Measurements* (EXM), *Calculating Averages* (FCM), *Applying Mathematical Rules* (ARM), and *Solving Mathematical Equations* (EQM). Interpretive skills were explained only as *Verifying the Found Answer* (VRE). This taxonomy was used to assess the skills employed in the tasks, which were paired; that is, the students performed similar experimental practices regarding the content. As a result, we found that, in the more usual practice, there was greater mobilization of the EXM, FCM, and ARM skills, and, in the investigative practice, EQM and VRE. Although converging in terms of the themes and concepts required, different skills were mobilized. This result empirically reaffirms the influence of the format of methodological approaches and instructional design on learning. The implications of these findings reverberate in the development and implementation of teaching approaches that achieve a wide range of educational objectives.

**Keywords** Skills,

Traditional experimental practices, Investigative experimental practices.

## Introdução

As práticas experimentais em Ciências, em especial no campo da Física, se constituem como tema de debate há algum tempo, sendo recorrente o questionamento sobre a eficácia de procedimentos, usualmente classificados como “tradicionais”, para o alcance de objetivos de ensino que se remetem à compreensão fenomenológica e ao desenvolvimento de habilidades mais gerais, relacionadas ao raciocínio lógico, ao pensamento crítico e à autonomia dos sujeitos. Elas se remetem a tarefas que oferecem pouca liberdade de ação discente, enfocam em problema(s) fechado(s) e se valem de roteiros estruturados, sendo normalmente propostas para fins de confirmação teórica (Carvalho, 2013).

Borges (2002) já apontava algumas questões problemáticas em torno da ênfase dada ao formato tradicional da experimentação no ensino de Física, e tal discussão avançou em termos de propostas e abordagens (Cadorin, 2021; Castro et al., 2024; Li & Wong, 2018;), mas poucos resultados demonstram evidências sobre sua eficácia para atender a demandas mais atuais de formação geral (Haagen-Schützenhöfer & Joham, 2018; Koponen & Mäntylä, 2006). Tais demandas se referem ao raciocínio lógico, componente essencial para generalizar os conhecimentos científicos para a aplicação prática, como estipulado pelo Base Nacional Curricular Comum (BNCC), e criticidade frente a problemáticas científicas, capacidade relacionada ao questionamento de processos naturais e tecnológicos, quesito presente no mesmo documento (Brasil, 2018), dentre outras.

No contexto escolar, a Física é apontada, segundo alguns autores, como uma disciplina na qual os estudantes sentem mais dificuldades (Barroso et al., 2018; Haagen-Schützenhöfer & Joham, 2018; Khaparde, 2019). A inserção de práticas experimentais no planejamento das aulas dessa disciplina tem sido um procedimento comumente adotado pelos professores da escola básica (Chaves & Hunsche, 2014; Nascimento & Uibson, 2021; Tewardt & Stinken-Rösner, 2026), tendo como pressuposto principal o potencial dessa abordagem para otimizar a aprendizagem.

Alguns estudos propõem que a inserção de aulas de laboratório e/ou práticas experimentais facilita a compreensão de conceitos mais abstratos (Jokiranta, 2014; Shana & Abulibdeh, 2020; Winkelmann & Erb, 2015), pois tal recurso suscita o processo conjunto de ação e reflexão que, segundo Millar (2004), são imprescindíveis para a construção do conhecimento: “Como Piaget argumenta, é pela ação no mundo que nossas ideias se desenvolvem” (Millar, 2004, p. 11). O autor propõe que as ações características da prática suscitam reflexões para interpretação dos fenômenos, pois tal atividade ajuda os estudantes a fazer o link entre dois domínios de conhecimento: o domínio dos objetos observáveis e o domínio das ideias.

Contudo, não é muito claro como abordagens dessa natureza promovem tais processos. Também não há clareza sobre quais características das práticas subsidiam as ações (e que tipos de ações) e as reflexões, assim como poucos estudos se debruçam em questões sobre quais tipos de habilidades são passíveis — e possíveis — de serem aprendidas nessas abordagens, o que traz limitações às interpretações e interferências sobre suas potencialidades. Esses parâmetros são importantes para discutir o papel das práticas

experimentais na aprendizagem de conceitos científicos de maneira mais formal (nos termos acadêmicos)<sup>1</sup> e/ou mais geral (generalizável para diferentes contextos, como o cotidiano).

Discussões na área se debruçam na proposição de diferentes estratégias de ensino, no âmbito experimental, para melhor contemplar o processo de aprendizagem. As práticas experimentais usuais (ou tradicionais) são citadas na literatura como limitantes para levar o estudante a pensar ativamente, uma vez que os procedimentos a serem executados são previamente elencados, o que requer pouca autonomia e consequente ação reflexiva (Delizoicov, 2005; Faria & Vaz da Silva, 2019; Spears & Zollman, 1977). As práticas experimentais investigativas, por outro lado, têm sido consideradas como estratégias em potencial para atingir esse objetivo. Autores como Carvalho, (2013), Gouw et al. (2013), Sasseron, (2021) e Lima et al. (2021) defendem que, além de mobilizarem o uso de habilidades procedimentais — algo que a prática experimental tradicional também faz —, as investigativas conseguem incentivar o estudante a refletir sobre o fenômeno observado, pois ele mesmo participará ativamente das etapas do processo de resolução do desafio.

Há de se considerar, entretanto, que qualquer prática pode favorecer a aprendizagem, processo multifacetado que envolve a evolução/progressão do entendimento ou outro constructo que se remeta ao conhecimento (Willet, 1997). Nesse sentido, entendemos que, para definir as contribuições de atividades dessa natureza, é necessário investigar os aspectos que influenciam o desenvolvimento de habilidades (e os tipos de habilidades) em diferentes abordagens experimentais, fundamentando, dessa forma, a discussão sobre a adequação de cada uma aos objetivos específicos de ensino. Em outras palavras, é mais importante entender o que as abordagens tradicionais e investigativas favorecem, em termos de habilidades, capacidades, e entendimentos, do que contrapô-las como antagonicas.

Com o intuito de contribuir para o avanço dessa discussão, o presente trabalho tem como objetivo central investigar quais tipos de habilidades os estudantes utilizam para resolver uma prática experimental sobre o conteúdo de Pêndulo Simples, quando apresentada de maneira tradicional (tarefa) e investigativa (desafio), em dois ambientes: o virtual e o concreto. O design tradicional compreende tarefas que se referem a atividades concatenadas, nas quais são definidas ações pontuais a serem seguidas passo a passo. Já na prática experimental investigativa, temos em contrapartida o “desafio”, que consiste na proposição de uma situação a ser alcançada a partir de materiais colocados, não sendo postas, a princípio, nenhum procedimento a ser seguido.

A natureza do ambiente da prática se configura como elemento importante a ser considerado no estudo, pois contrapor ações com objetos concretos e virtuais poderá fornecer subsídios para entender como ocorre a aprendizagem em ambos, indicando tanto similaridades quanto diferenças entre eles. Os resultados dessa contraposição poderão dar suporte, inclusive, a designs instrucionais mais adequados a cada tipo de ambiente. Contudo, esse aspecto não será focado no presente relato, cujo objeto de estudo se concentra nas estratégias dos

---

<sup>1</sup> Concebe-se como aprendizagem formal aquela estabelecida com parâmetros acadêmicos, que conduzem à construção de conhecimento que só seria passível de ser alcançado com uma instrução direcionada, típica dos espaços escolares institucionais.

estudantes para a resolução de tarefas, vinculadas às atividades tradicionais, com a execução de tarefas, e desafios, específicos da atividade investigativa.

Tendo em vista o foco nas estratégias de resolução de problemas, sejam eles presentes em tarefas ou desafios, dimensionamos habilidades a serem investigadas nas respostas dos estudantes nas duas atividades. Consideramos que práticas experimentais demandam o emprego de habilidades diversificadas e relacionadas, diretamente ou indiretamente, ao conteúdo formal científico subjacente a elas, e que a composição e a utilização dessas habilidades, de maneira articulada, correspondem a estratégias de resolução (Weinstein & Mayer, 1986). Nessa perspectiva, mapear as habilidades empregadas se configura como um caminho promissor possível para investigar as estratégias que os estudantes empregam para conduzir as atividades, o que corresponde às ações organizadas por cada um. Tais ações são importantes para entender o processo de aprendizagem, cuja complexidade se revela na diversidade de caminhos, de relações e de variáveis que o delinea.

## Revisão de Literatura

A discussão sobre o ensino de conteúdos científicos empregando-se abordagens que desconsidaram o papel ativo do estudante traz elementos importantes a serem considerados quando a questão em pauta é a perspectiva do ensino transmissivo (Ahrensmeier, 2013; Perkowska-Klejman, 2022). Pesquisas, como as desenvolvidas por Meltzer e Thornton (2012), procuram enfatizar que outros aspectos do processo, como a descoberta (no sentido de vislumbrar algo que antes não foi percebido, desencadeando processo reflexivo) delegam ao estudante um papel de protagonismo, que deve ser central quando o objetivo é o de desenvolver atributos tais como o raciocínio lógico. Isso porque alguns atributos são alcançados somente pela ação cognitiva mobilizada de forma intencional e diretiva, tendo em vista a perspectiva de que o conhecimento é construído em um processo de familiarização, equilíbrio, assimilação e acomodação de elementos em uma estrutura cognitiva complexa, culminando no aumento do seu repertório (Fischer, 1980; Garcia, 2002; Piaget, 1976, 1977). Nesse sentido, o foco na participação ativa do estudante, parâmetro que fundamenta as atividades relacionadas às práticas pedagógicas focadas na autonomia, investigação e colaboração, presente nas diversas metodologias ativas (Silva et al., 2021), é importante para colocá-los na posição central do processo de aprendizagem dos conteúdos científicos.

Contrapondo a perspectiva de foco no estudante, as denominadas práticas experimentais tradicionais são consideradas como aquelas em que há um protocolo a seguir, suscitando o desenvolvimento de habilidades mais relacionadas a aspectos de manipulação de aparatos e de memorização, seja de conteúdo ou de etapas procedimentais, mediante manipulação do aparato experimental (Sharma et al., 2014). Alguns autores argumentam que esse tipo de prática surgiu com o intuito de complementar o laboratório demonstrativo (Millar, 2010), e tem contribuído pouco para que os estudantes desenvolvam atributos, tais como o raciocínio lógico durante sua realização, tendo em vista que o foco está na coleta de dados, realização de cálculos e plotagem de gráficos de resultados (Chien et al., 2025; Hofstein et al., 2008). Nessa perspectiva, a prática experimental tradicional requer mais o desenvolvimento de

habilidades e conhecimentos ligados à aprendizagem superficial do que à profunda<sup>2</sup>, no sentido de demandar maior quantidade de elementos incorporados ao esquema cognitivo (Fischer, 1980; Biggs & Collis, 1982) do que na qualidade (e complexidade) das relações que devem ser estabelecidas entre eles.

A inserção de práticas experimentais no contexto escolar, com abordagem investigativa, tem sido apontada como promissora para o alcance de habilidades mais relacionadas ao raciocínio lógico e dedutivo, consideradas pouco contempladas na abordagem tradicional (Chien et al., 2025; Haif et al., 2009). Além do foco no aluno, a prática experimental investigativa também atribui ao professor a responsabilidade do direcionamento das ações e alerta para que tenha clareza sobre o “cuidado com o grau de liberdade intelectual dado ao estudante e com a elaboração do problema” (Carvalho, 2018, p. 3).

Nesse sentido, o professor assume o papel de interlocutor do processo de aprendizagem, utilizando diversos meios para despertar algumas ações dos estudantes, como a capacidade de interpretar, discutir, argumentar e questionar (Coelho & Ambrózio, 2019). Em contrapartida, na prática tradicional, o papel do professor é o de elaborar e organizar os procedimentos a serem seguidos, guiados, muitas vezes, por uma associação com o conteúdo de aulas teóricas. Além disso, é de sua responsabilidade corrigir os relatórios com parâmetros já pré-estabelecidos de resultados almejados.

No que diz respeito ao papel do professor, nos procedimentos da experimentação tradicional as ações docentes são restritas à proposição do roteiro a ser seguido, sendo sua interferência limitada a guiar os passos presentes nesse roteiro. Por outro lado, na investigativa o docente é aquele que vai mediar a diversidade de caminhos possíveis a serem seguidos pelos alunos após a proposição do desafio, encorajando determinados percursos e questionando escolhas inadequadas, de maneira a instigar a reflexão. Além disso, na atividade investigativa o professor também é responsável por delimitar as etapas a serem seguidas, desde a exploração dos materiais até a sistematização das ideias e discussão dos resultados, usualmente realizados em conjunto para fechamento da tarefa. Desse modo, espera-se que os estudantes não só realizem o experimento como também consigam descrever os procedimentos adotados e interpretar os resultados obtidos (Gouw et al., 2013).

Para Sasseron (2015), a prática experimental investigativa tem o papel de mobilizar o estudante a passar de uma postura passiva para uma postura ativa, permitindo que ele participe do seu processo de aprendizagem, agindo sobre o objeto de estudo e elaborando uma explicação causal para os resultados obtidos. Logo, pela mediação pedagógica do professor nesse processo de aprendizagem, ele terá condições de promover diferentes estratégias investigativas em sua prática enquanto educador, considerando que cada turma de estudante terá um perfil específico. Nessa abordagem, cabe ao professor atentar não só para as questões conceituais como também àquelas relacionadas a aspectos metodológicos (Leite et al., 2015).

---

<sup>2</sup> A aprendizagem superficial abarca processos de memorização e recordação. Já a aprendizagem profunda abarca a compreensão de conceitos e sua aplicação em diferentes situações contextuais (Biggs & Collis, 1982).

Por outro lado, há de se pensar igualmente nos tipos de habilidades que são desenvolvidas com práticas experimentais tradicionais, também denominadas como laboratórios tradicionais, para além das atividades investigativas. Alguns autores, como Hofstein (1988) e Omar et al. (2009), apontam as limitações que as práticas experimentais tradicionais impõem aos estudantes no momento de sua realização, seja no ambiente material ou virtual. Ao considerá-las como um “livro de receitas”, os autores argumentam que elas não contribuem significativamente para que os estudantes compreendam os conceitos físicos abordados, uma vez que apenas reproduzem passos, sem pensar muito sobre o conteúdo.

Mesmo que concordemos parcialmente que essas práticas são limitadas quanto à diversidade de habilidades a serem desenvolvidas, entendemos que elas também favorecem a construção de conhecimentos formais ligados às técnicas, características desse tipo de atividade, como o conhecimento sobre teoria de erros e método científico, por exemplo (Sharma et al., 2014). Por isso, é importante delimitar o que cada abordagem e metodologia favorece, em termos de construção do conhecimento e habilidades desenvolvidas, para fundamentar de maneira objetiva a discussão sobre os tipos de laboratório, tendo como parâmetro a aprendizagem de conteúdos científicos.

É relativamente consensual que, no processo de aprendizagem, o estudante assuma uma posição ativa na construção do próprio conhecimento (Borges, 2002; Carvalho, 2013; Malheiros, 2016; Snétinová et al., 2018). Nessa perspectiva, a concepção de prática experimental investigativa pressupõe que o estudante se depare com uma situação-problema desafiadora, na qual precise tentar solucioná-la tendo o professor como um suporte a ser consultado quando houver real necessidade (Snétinová et al., 2018). De acordo com Gil-Perez et al. (2005), um problema desse tipo precisa ser interessante, não ter uma resposta imediata e propor um momento de reflexão para a tomada de decisões. Ou seja, a solução não é evidente nem tampouco conhecida, o que demanda uma investigação para se alcançar uma resposta aceitável.

Nesse sentido, pode-se dizer que as práticas experimentais investigativas conduzem o estudante a se posicionar enquanto sujeito ativo no momento da resolução, e a hipótese é de que ela favoreça o desenvolvimento de habilidades de observação, experimentação e discussão, dentre outras. Essa concepção condiz com a defendida por Hodson (1994), o qual aponta que uma prática experimental deve promover o desenvolvimento conceitual dos estudantes, levando-os a coordenarem suas próprias ideias. Assim sendo, o uso de práticas experimentais investigativas pode interferir não só na escolha como também no modo como os estudantes utilizarão as habilidades mobilizadas para resolver a prática experimental proposta (Weinstein & Mayer, 1986).

Pesquisas que investigam as estratégias utilizadas pelos estudantes ao realizarem práticas experimentais investigativas na Educação Básica mostram-se promissoras por dois motivos. O primeiro se refere à necessidade de delimitar as possibilidades e limitações de abordagens e metodologias no âmbito experimental, o que pode ajudar a melhorar o direcionamento para atender objetivos de aprendizagem específicos (Carvalho, 2013). O segundo é que estudos que se remetem à forma como os estudantes pensam e sobre as estratégias de aprendizagem

utilizadas por eles são consideradas importantes para estabelecer práticas de ensino mais adequadas e eficientes (Malone, 2008; Reif & Larkin, 1991).

Para melhor visualização de alguns aspectos que diferenciam atividades tradicionais das atividades investigativas, apresentamos o Quadro 1, inspirado nos trabalhos de Borges (2002), Gouw et al. (2013) Hofstein (1988), Omar et al. (2009) e Weinstein & Mayer (1986).

**Quadro 1.** Atividade tradicional versus atividade investigativa.

Características	Tradicional	Investigativa
Papel do estudante	Receptor passivo.	Agente protagonista.
Papel do professor	Transmissor de saber.	Orientador, provocador de questões.
Foco do aprendizado	Memorização de processos.	Compreensão de processos e aplicador de conceitos.
Natureza da atividade	Implica uma repetição de passos.	Prática, colaborativa, baseada em problemas.
Questionamento	Perguntas geralmente com resposta única e conhecida.	Pergunta aberta, levantamento de hipóteses, resposta geralmente desconhecida.
Avaliação	Focada no produto final.	Focada no processo.
Erro	Visto como falha, algo negativo.	Visto como parte do processo de aprendizagem.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

## Método

A pesquisa realizada compreende metodologia mista e tem natureza quase-experimental. Isso significa que tanto métodos qualitativos quanto quantitativos foram empregados na análise dos dados coletados, e que para efeito de comparações (entre habilidades mobilizadas na atividade investigativa e na tradicional) foi estabelecido um design que abarcou grupo experimental e grupo controle. Todavia, é importante ressaltar que ambas atividades foram aplicadas a todos os estudantes da amostra: em momento inicial algumas turmas fizeram as atividades tradicionais, enquanto as outras fizeram as investigativas; em momento posterior a atividade foi trocada, ou seja, aqueles que haviam feito as tradicionais agora fizeram as investigativas e vice-versa. Esse procedimento foi realizado para garantir igual acesso a abordagens potencialmente relevantes para aprendizagem.

## Sujeitos e contexto

Realizamos o estudo em dois campi de uma escola pública federal. No Campus 1, a intervenção foi aplicada para 187 estudantes e no Campus 2 participaram 154 estudantes, conforme consta no Quadro 2.

A intervenção com a aplicação da prática experimental de natureza investigativa contou com a participação de 167 estudantes, enquanto a prática experimental de natureza tradicional envolveu 174 estudantes. A escolha dos estudantes foi determinada por conveniência, totalizando 341 participantes da pesquisa. A instituição educacional onde a pesquisa foi aplicada oferece cursos nas modalidades: integrada (formação técnica concomitante à formação no Ensino Médio); subsequente (apenas o Ensino Técnico, após a conclusão do

Ensino Médio); superior (estudantes que já concluíram o Ensino Médio podem concorrer às vagas por meio do Sistema de Seleção Unificada – SISU).

**Quadro 2.** Descrição da amostra.

Campus	Quantidade de estudantes	Série	Quantidade de turmas	Cursos	Natureza da intervenção
1 2	95 72	1ª e 2ª séries do ensino médio integrado	06	Mecânica, Edificações, Eletrotécnica e Automação	Investigativa
1 2	92 82	1ª série do ensino médio integrado	05	Eletrotécnica, Edificações e Mecânica	Tradicional

Fonte: Dados da pesquisa.

### Elaboração das práticas experimentais tradicional/investigativa

Como o propósito de investigar as estratégias que os estudantes mobilizaram para resolver tarefas e desafios em atividades tradicionais e investigativas, tomando-se como parâmetro as habilidades demonstradas nos relatos e relatórios entregues, elaboramos dois instrumentos.

Um deles se refere a uma prática experimental de natureza tradicional (tarefa) e o outro a uma prática experimental de natureza investigativa (desafio). O conteúdo reportado nessas práticas experimentais foi o de Pêndulo Simples. A prática experimental de natureza tradicional continha cinco tarefas, e a de natureza investigativa continha quatro desafios, de tal forma desenhados que contemplaram o mesmo conteúdo, podendo ser comparadas nesses termos. Neste artigo, é apresentada a análise de uma tarefa e um desafio. Ambos apresentam estruturas distintas, no entanto possuem o mesmo objetivo: o cálculo da aceleração da gravidade local. A seguir, nos Quadros 3 e 4, são apresentados a tarefa e o desafio analisados:

**Quadro 3.** Tarefa Tradicional.

**Tarefa 5(t5):** uma das formas de calcular o valor da aceleração da gravidade é a partir da equação do período ( $t$ ) do pêndulo simples,  $t=2\pi\sqrt{l/g}$ , sendo  $l$  o comprimento do fio e  $g$  o valor da aceleração da gravidade. Elevando ao quadrado ambos os lados da equação e isolando a aceleração da gravidade, temos  $g=4\pi^2(l/t^2)$ . Utilizando essa equação, realize os procedimentos que se seguem para determinar o valor aproximado da aceleração da gravidade local. Utilize  $\pi$  ( $pi$ ) igual a 3,1416 e dê a resposta com 4 casas decimais.

**T5I1)** Realize duas novas medições para o período de oscilação do Pêndulo Simples, todas com o ângulo de  $10^\circ$  e 30,0 cm de comprimento do pêndulo.

Medições	1ª medição	2ª medição	3ª medição	4ª medição
Tempo ( $t$ ) de dez oscilações completas	$t_1 =$	$t_2 =$	$t_3 =$	$t_4 =$
Período ( $T$ ) $T = t_n/10$	$T_1 =$	$T_2 =$	$T_3 =$	$T_4 =$

**T5I2)** Determine o valor médio do período ( $T_{médio}$ ).

$$T_{médio} = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)/4$$

$$T_{médio} =$$

**T5I3)** Utilizando a equação apresentada nesse procedimento e o valor médio do período, calcule o valor aproximado da aceleração da gravidade local.

**T5I4)** Compare o valor da aceleração da gravidade que você encontrou com o valor esperado, destacando elementos que justifiquem ou expliquem as possíveis diferenças.

Leia: **T5**→Tarefa 5; **T5I1**→Tarefa 5 item 01; **T5I2**→Tarefa 5 item 02, e assim sucessivamente para os demais itens.  
Fonte: Dados da pesquisa.

#### Quadro 4. Desafio Investigativo.

##### Desafio 4 (D4):

Projete uma situação para encontrar a gravidade local utilizando o material fornecido. Qual o valor da gravidade encontrada?

**D4I1:** Como o grupo resolveu esse problema? e

**D4I2:** Qual o valor encontrado?

**D4I3:** Está próximo do valor esperado? e

**D4I4:** Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o encontrado?

Leia: **D4**→Desafio 4; **D4I1**→Desafio 4 item 01; **D4I2**→Desafio 4 item 02, e assim sucessivamente para os demais itens.  
Fonte: Dados da pesquisa.

## Coleta de Dados

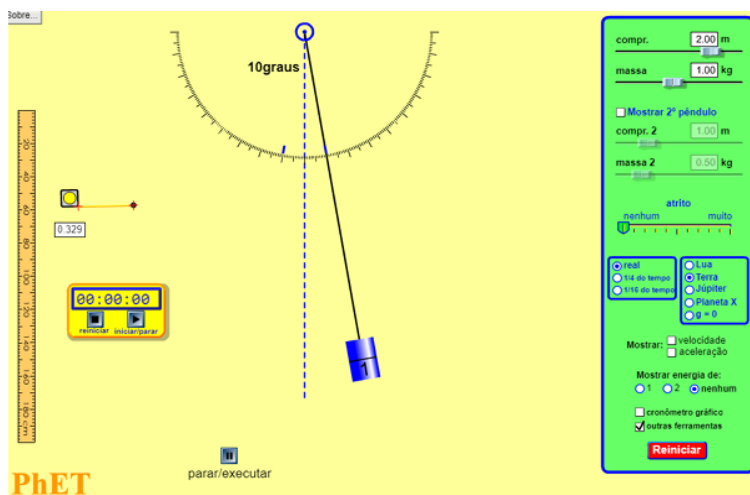
Os instrumentos foram aplicados em dois ambientes: material e virtual. No ambiente material haviam equipamentos para montagem de um pêndulo simples, como mostra a Figura 1. Para a prática no ambiente virtual utilizamos a simulação Laboratório de Pêndulo do site gratuito PhET (Figura 2).

É importante destacar que foram criados dois materiais (desafio e tarefa), aplicados nos dois ambientes; ou seja, a mesma montagem serviu para conduzir a atividade tradicional e investigativa, enquanto a mesma simulação foi empregada para fazer o mesmo procedimento.

Dessa forma, aplicaram-se quatro tipos de intervenções, combinando práticas experimentais e metodologias diferentes: 1) prática experimental tradicional no laboratório material; 2) prática experimental tradicional no laboratório virtual; 3) prática experimental investigativa no laboratório material; 4) e prática experimental investigativa no laboratório virtual.



**Figura 1.** Kit experimental – Pêndulo Simples  
Fonte: Xavier (2018).



**Figura 2.** Simulador – Pêndulo Simples  
Fonte: Xavier (2018).

O estudo comparativo das habilidades em cada ambiente é reportado em outro trabalho. Neste, o foco foi identificar as diferenças das estratégias em cada tipo de abordagem, não importando se foi no ambiente virtual ou concreto.

O design foi tal que a coleta de dados não interferiu na rotina acadêmica de horário dos estudantes; dessa forma, a intervenção foi realizada no turno das aulas de cada turma. Antes da aplicação das intervenções, todos os estudantes participaram de uma aula teórica sobre o conteúdo de Pêndulo Simples, realizada na sala de aula. O objetivo foi apresentar tanto os conceitos referentes ao tema quanto as equações que descrevem o movimento.

Nas turmas com prática experimental investigativa, o professor, primeiramente, escreveu o desafio no quadro branco, em seguida apresentou o kit experimental/simulação e, durante a execução da prática, interagiu com os grupos por meio de perguntas que suscitassem a investigação, tais como: “Como estão resolvendo o problema?” e “Já definiram alguma estratégia de resolução?”. Após a conclusão da prática experimental, foi oportunizado aos estudantes discutir suas hipóteses experimentais com o restante da turma e, por fim, foi solicitado que elaborassem uma narrativa que reportasse a resposta ao problema proposto pela prática experimental investigativa realizada. Nas aulas com prática experimental tradicional, houve uma breve exposição teórica do conteúdo, uma explicação do roteiro e as orientações sobre a montagem. Em seguida, o professor solicitou que os grupos realizassem os procedimentos elencados nos roteiros, esclarecendo dúvidas sempre que solicitado.

## **Análise**

Participaram da coleta de dados 341 estudantes, entretanto alguns deles devolveram as folhas de resposta em branco (104). Assim, foram analisadas as respostas de 237 discentes.

### **Elaboração do Sistema Categórico**

#### *Natureza do Item*

Para conduzir a análise dos dados, que corresponderam às respostas dos estudantes à tarefa estruturada e ao desafio, construímos o sistema categórico para classificar o conjunto de itens que compuseram cada atividade, em relação aos tipos de habilidades demandadas por eles. Vale ressaltar que o formato desses itens demandavam respostas discursivas.

A separação inicial baseou-se na habilidade mais geral exigida, ou seja, nosso ponto de partida foi separar os itens de natureza procedimental ou interpretativa. Os itens de natureza procedimental são aqueles cujo foco está na aplicação de conhecimento para a resolução do problema, demandando habilidades associadas ao emprego do seu entendimento sobre o conteúdo, de forma articulada, para a realização de procedimentos que levem à solução almejada. Já os itens de natureza interpretativa exigem que o estudante responda com base na interpretação da solução, demandando habilidades relacionadas ao exame da validade e confiabilidade dos resultados obtidos: requerem, portanto, inferências e a construção de raciocínio lógico explicativo. O Quadro 5 apresenta exemplos de cada um desses itens.

**Quadro 5.** Exemplos de itens procedimentais e interpretativos.

Natureza da prática experimental	Natureza do item	Exemplo de item	Exemplo de resposta
Tradicional	Procedimental	Utilizando a equação apresentada neste procedimento e o valor médio do período, calcule o valor aproximado da aceleração da gravidade local.	$g = 4\pi^2 L/T^2$ $g = 4.3,14162.1,5/2,452$ $g = 4.9,86963056.1,5/6,0025$ $g = 39,4786024.1,5/6,0025$ $g = 59,214790336/6,0025$ $g = 9,86 \text{ m/s}^2$ (Estudante 09; 1821 ATV).
Tradicional	Interpretativa	Compare o valor da aceleração da gravidade que você encontrou com o valor esperado, destacando elementos que justifiquem ou expliquem as possíveis diferenças.	“Como obtivemos valores próximos ao esperado acreditamos que sua diferença é consequência de erros como grosseiros e climáticos, que interferem diretamente nos seus valores” (Estudante 28; 1 EL ATM).
Investigativa	Procedimental	Como o grupo resolveu este problema? Qual o valor encontrado?	“Realizamos o experimento no simulador com os seguintes dados Massa = 1,00kg Período = 3 segs. Comprimento = 2,00m $\pi = 3,14$ Utilizamos a fórmula $T = 2\pi \cdot \sqrt{L/g}$ com objetivo de achar a gravidade” (Estudante 12; 6813 AIV).
Investigativa	Interpretativa	Está próximo do valor esperado? Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o encontrado?	“Deve ser considerado o erro das medidas e o erro humano, por isso ocorrem estas diferenças” (Estudante 14; 5821 AIM).

Fonte: Dados da pesquisa.

#### *Habilidade demandada pelo item*

A partir da primeira separação (itens de natureza procedimental e interpretativa), o esforço foi elencar as ações específicas que cada item, em particular, solicitou. Essa nova separação gerou subcategorias de classificação das habilidades. Inicialmente buscamos identificar, por meio da análise, quais conteúdos e relações poderiam ser enumerados para a solução da/o tarefa/desafio. Os conteúdos e as relações fundamentaram a estipulação de habilidades específicas que deveriam ser mobilizadas para a resolução de cada item. Dessa forma, tivemos dois blocos para a separação dessas habilidades: um relativo aos itens procedimentais e o outro, aos interpretativos.

Como a possibilidade de habilidades específicas a serem mobilizadas para a resolução de cada item foi grande, o processo seguinte foi o de sistematização das categorias para diminuição do seu número, verificando empiricamente aquelas que atendiam às classes previamente estabelecidas. Isso foi feito mediante a avaliação das respostas dos estudantes: eliminamos aquelas habilidades, inicialmente elencadas, que não apareceram nas respostas. A partir desse processo, o sistema categórico foi consolidado.

É importante ressaltar que o sistema elaborado tem como objetivo descrever o modo como o estudante utiliza o conhecimento em ação, como descrito por Millar (2010). O processo de construção foi inspirado nas formas de aprendizagem propostas por Zabala (1998), que defende a natureza conceitual, procedimental e atitudinal desse processo, mas sobretudo nos trabalhos que empregam o método abdução para gerar taxonomias (Arruda et al., 2021; Coelho, 2011; Dawson, 2006; Regebe, 2017;). Por meio do sistema construído, analisamos as

habilidades dos estudantes, estabelecendo uma forma de classificá-las com base a partir de suas respostas.

Dessa forma, as estratégias utilizadas pelos estudantes foram organizadas em seis categorias de habilidades:

- **Habilidade em Executar Medidas (EXM)**: é verificada quando o estudante demonstra que coletou as medidas adequadamente. Isso é avaliado a partir da coerência dos números reportados – se eles correspondem a medidas aproximadas do que se espera.

- **Habilidade em Fazer Cálculo de Médias (FCM)**: é verificada quando o estudante demonstra que conseguiu aplicar regras de média aritmética. Isso é avaliado por meio da verificação da execução da média dos tempos de oscilação, aplicando a equação e realizando corretamente o cálculo.

- **Habilidade em Resolver Equações Matemáticas (EQM)**: é verificada quando o estudante demonstra que conseguiu identificar a equação a ser usada. Isso é avaliado por meio da verificação do uso adequado da ferramenta matemática e da realização do cálculo solicitado.

- **Habilidade em Aplicar Regras Matemáticas (ARM)**: é verificada quando o estudante demonstra ter a capacidade de manipular os algarismos significativos com fins de arredondamento e utilização do Sistema Internacional (SI). Isso é avaliado a partir da verificação dos cálculos e da resposta final do discente.

- **Habilidade para Propor a Solução do Problema (PSP)**: é verificada quando o estudante expressa a escolha de uma estratégia para executar a parte procedimental e a parte algébrica. Isso é avaliado a partir da verificação do uso de processo de automatização de sequência de passos em rotinas.

- **Habilidade em Verificar (examinar) a Validade da Resposta Encontrada (VRE)**: é verificada quando o estudante compara o valor encontrado com o valor definido teoricamente, identifica e quantifica as fontes de erros de medidas. Isso é avaliado a partir do momento em que o estudante expressa, por meio da escrita, que revisou os passos executados e o resultado calculado, assim como expressou uma avaliação sobre o resultado encontrado.

As cinco primeiras se referem a habilidades mobilizadas em itens de natureza procedimental, enquanto a última se aplica aos de natureza interpretativa.

Essas habilidades elencadas foram utilizadas para avaliar as respostas na modalidade *checklist*<sup>3</sup>, ou seja, verificamos se a habilidade estava presente ou não na resposta fornecida pelo estudante para cada item da prática experimental respondida: tradicional/investigativa. Portanto, classificamos como 1 (um) quando a habilidade estava presente e 0 (zero) quando estava ausente. O Quadro 6 a seguir apresenta um fragmento do Sistema Categórico empregado na análise dos dados.

---

<sup>3</sup> Lista de verificação (tradução nossa).

**Quadro 6.** Recorte do Sistema Categórico utilizado na análise dos dados.

Habilidade demandada	Natureza/Ambiente	Exemplo
<i>Habilidade em Resolver Equação Matemática (EQM)</i>	Tradicional/Material	“ $g=4.(3,1416)^2. 0,3/1,1^2$ $g= 4.9,8696.0,3/1,2$ $g= 9,8696m/s.^2$ ” (Estudante 04, 6812 ATM).
	Tradicional/Virtual	“ $g=4.(3,1416)^2. 1,5/2,45^2$ $g= 4.9,8676.1,5/6,0025$ $g= 39,4784.0,2499$ $g= 9,8656m/s.^2$ ” (Estudante 09, 1º ED01, ATV).
<i>Habilidade de Verificar (examinar) a Validade da Resposta Encontrada (VRE)</i>	Investigativa/Material	“A variação no valor encontrado da gravidade pode ser explicada devido à diferença no tempo de reação para acionar o cronômetro e possível falha no momento de medição do fio de pêndulo” (Estudante 11, 5821, AIM).
	Investigativa/Virtual	“Essa diferença pode ser dada a partir das margens de erro” (Estudante 15, 2º EL, AIV).

Leia: **ATM** (Prática experimental Tradicional Material); **ATV** (Prática experimental Tradicional Virtual); **AIM** (Prática experimental Investigativa Material) e **AIV** (Prática experimental Investigativa Virtual).

Fonte: Elaborado pelas autoras.

### *Emprego da frequência normalizada*

Na avaliação dos relatórios, iniciamos com a leitura das respostas identificando as habilidades explicitadas por cada estudante em particular. Após a classificação, realizada a partir de um *checklist*, as categorias foram convertidas em códigos numéricos para a análise de dados. Foi possível obter, dessa forma, uma matriz dicotômica que representa a identificação da presença (score 1) ou ausência (score 0) das habilidades demandadas pelos itens. A partir dessa matriz, foi feita uma análise de frequência das categorias, utilizando o score normalizado, tendo em vista a diferença da quantidade total de habilidades demandadas. Ao normalizar, garantimos uma equidade nas comparações, ainda que existam quantidades distintas de demandas de cada habilidade.

## Discussão

Com o intuito de avaliar as estratégias empregadas pelos estudantes para resolverem uma tarefa e um desafio, propostos em atividade tradicional e investigativa sobre pêndulo simples, conduzimos dois estudos, delineados para responder às questões:

- 1) “Qual o perfil geral de habilidades dos estudantes, ao resolverem a prática experimental do cálculo da gravidade?”
- 2) “Quais diferenças e semelhanças podem ser constatadas no perfil de estudantes que realizaram a prática experimental tradicional, e nos que participaram da prática experimental investigativa?”

Os dados coletados correspondem às respostas fornecidas às demandas das atividades, cuja temática foi o “Cálculo do valor da gravidade”. A intervenção foi realizada de modo que coincidissem com o horário da aula experimental da disciplina de Física para cada turma. A

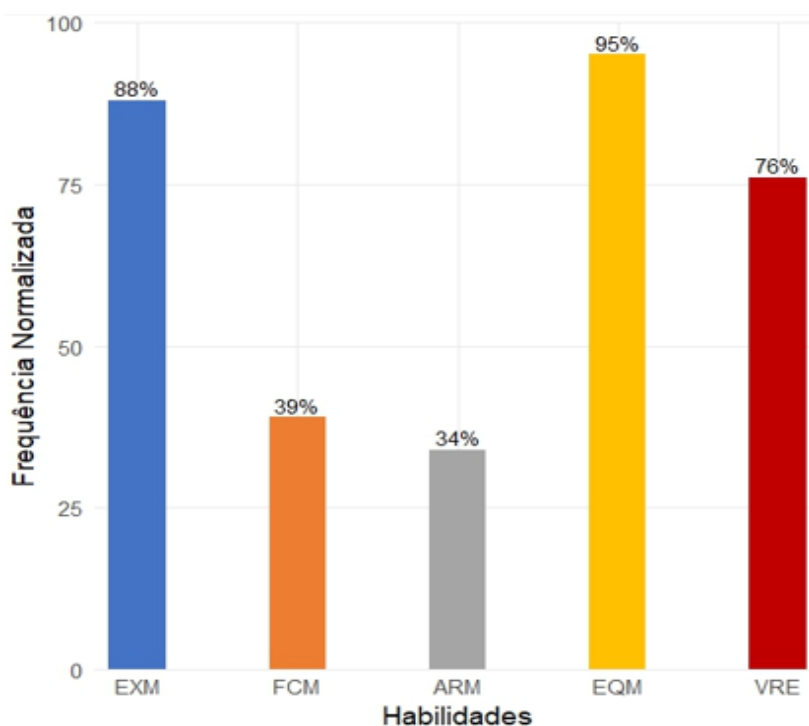
partir da categorização das respostas segundo o sistema categórico de habilidades, obtivemos uma matriz de rubricas que foi utilizada em duas análises distintas, relativas às questões deste estudo.

### Estudo I: Perfil geral de habilidades

Nesta análise, estudamos as frequências das categorias da amostra geral (237 estudantes respondentes), sem distinguir a natureza da prática experimental aplicada. Para tanto, realizamos uma análise da frequência normalizada das habilidades demonstradas nas respostas da/o tarefa/desafio proposta/o.

A avaliação da frequência normalizada indica que as habilidades diferiram. O Gráfico 1 mostra o perfil das categorias de habilidades demonstradas nas respostas da/o tarefa/desafio proposta/o.

**Gráfico 1.** Perfil Geral de Habilidades Específicas.



Legenda: Habilidade em Executar Medidas (EXM); Habilidade em Fazer Cálculo de Médias (FCM); Habilidade em Resolver Equações Matemáticas (EQM); Habilidade em Aplicar Regras Matemáticas (ARM); Habilidade para Propor a Solução do Problema (PSP); Habilidade em Verificar (examinar) a Validade da Resposta Encontrada (VRE).

Fonte: Dados da pesquisa.

Cada barra se refere à porcentagem de frequência de aparecimento das habilidades em relação ao total que deveriam ocorrer, isto é, uma frequência relativa (equação 1). Essa relação foi estabelecida a partir da análise de uma resposta “modelo”, que deveria corresponder à forma correta a partir dos parâmetros acadêmicos. Dessa maneira, para cada item, um número foi atribuído à ocorrência de cada uma das habilidades, de acordo com a resposta-modelo.

$$Freq_{normalizada} = \frac{R_{sujeito}}{R_{respostamodelo}} * 100 \quad (eq. 1)$$

Do ponto de vista das habilidades em comum das duas práticas experimentais — interpretativa (**VRE**) e procedimentais (**EXM**, **FCM**, **EQM** e **ARM**) —, tivemos para a habilidade **VRE** um índice de frequência relativa de aproximadamente 75,53% do total que deveria ocorrer, tendo em vista a demanda do item. Para a habilidade procedimental, verificamos que, das quatro habilidades mobilizadas, duas delas, **EQM** (94,94%) e **EXM** (88,19%), foram muito mobilizadas, já as outras duas habilidades, **FCM** (39,24%) e **ARM** (18,71%), foram pouco mobilizadas.

Em relação ao aspecto procedimental, a habilidade mais explicitada foi *Resolver a Equação Matemática* (**EQM**). Esse resultado é um indicativo de que os estudantes que participaram das práticas experimentais decidiram por fazer uso da ferramenta matemática na busca da solução, dando um formalismo matemático à tarefa ou desafio proposto, o que parece ser o modo mais viável de solução frente à atividade. Assim, concentraram esforços para identificar as variáveis de suporte da solução da tarefa ou desafio.

Em segundo lugar, como habilidade mais explicitada pelos estudantes, foi identificada a categoria *Executar Medidas* (**EXM**). Os estudantes que explicitaram esse tipo de habilidade demonstraram conhecer as unidades de medida e os instrumentos adequados ao tipo de medida que se pretende realizar. O fato de o índice de frequência dessa habilidade ter sido alto é esperado para o tipo de prática experimental proposta, uma vez que a habilidade de executar medidas é usualmente demandada em prática experimentais cujo foco é o cálculo de valores de grandezas.

Esses resultados corroboram uma das expectativas usualmente atribuída ao laboratório didático em relação à mobilização de habilidades que dizem respeito ao conhecimento em ação (Millar, 2004). Nesse caso, houve mobilização do entendimento (resolver equações matemáticas) para resolução de problema (associado à habilidade de executar medidas). Ambas as habilidades estão na categoria geral de habilidades procedimentais, com os mais altos índices de incidência.

*Verificar a Validade da Resposta Encontrada* (**VRE**) foi a terceira habilidade mais explicitada. Os que manifestaram esse tipo de habilidade demonstraram ter a capacidade de avaliar se os resultados encontrados são condizentes, ou não, com as condições físicas previamente estabelecidas. Ou seja, eles construíram conclusões a partir das evidências apresentadas pelo fenômeno físico observado, o que lhes deu condições de fazer uma avaliação estabelecendo diferenças entre previsões e evidências.

Tal achado pode ser associado aos propósitos reportados por Gouw et al. (2013) sobre o papel do laboratório em relação ao desenvolvimento de raciocínio lógico e criticidade. Isso porque a habilidade **VRE** requer um olhar crítico sobre os resultados obtidos das atividades para avaliar, dentro de uma lógica de pensamento formal, a adequação desses resultados aos parâmetros acadêmicos esperados. Além disso, a habilidade **VRE** ainda pressupõe o entendimento os conceitos estudados de forma mais generalizada, sendo o alto índice da frequência uma evidência do pressuposto de que o laboratório e/ou prática experimental facilita a compreensão de conceitos mais abstratos (Jokiranta, 2014; Shana & Abulibdeh, 2020; Winkelmann & Erb, 2015).

A quarta habilidade mais explicitada foi a de *Fazer Cálculo de Média (FCM)*, com 39,24% de incidência. Os estudantes que expressaram esse tipo de habilidade demonstraram ter a capacidade de definir as dimensões e magnitudes das grandezas analisadas de maneira correta. O baixo índice apresentado por essa habilidade pode ser explicado por dois fatores: i) pouca importância atribuída pelos estudantes a esse procedimento quando uma prática experimental, como a desenvolvida, é realizada; ii) à deficiência do ensino para esse fim, visto que todos os estudantes que participaram das intervenções já haviam sido instruídos em aula teórica e prática<sup>4</sup>, sobre os procedimentos para obtenção do melhor valor representativo de distribuição de uma grandeza e sobre a necessidade do cálculo do valor médio.

Finalizando a ordem de incidência, ficou a categoria *Aplicar Regras Matemáticas (ARM)*. Esta se refere à habilidade de entendimento sobre regras de aplicação do Sistema Internacional de Medidas, especialmente no que diz respeito à manipulação de algarismos significativos. Assim como ocorreu com a habilidade anterior, interpretamos que a baixa incidência desse tipo de habilidade se deve à pouca relevância atribuída a esse quesito pelos estudantes e/ou à falha no ensino formal dessa habilidade.

Quanto à habilidade procedimental específica da prática experimental investigativa *Propor a Solução do Problema (PSP)*, tivemos um índice de frequência relativa de aproximadamente 47,7% de respondentes ao desafio proposto. Tal habilidade se refere à capacidade de ler, interpretar, definir metas e planejar formas de resolver os problemas. No entanto, esse resultado também indica que muitos estudantes podem apresentar dificuldade em definir metas e objetivos durante a realização de uma prática experimental, o que pode estar fortemente atrelado ao formato de ensino no contexto da escola em que foi realizada a intervenção.

Para avaliarmos se as diferenças de porcentagens encontradas para as habilidades são significativas (ou seja, se de fato diferem para a amostra geral), empregamos testes estatísticos. O primeiro passo é verificar se distribuição das variáveis a serem comparadas obedecem a uma distribuição normal, pressuposto para escolha do teste posterior. A avaliação do Skewness (medida de simetria) e Kurtoise (medida correspondente às caudas de distribuição) indicou que podemos considerar a distribuição de todas as variáveis como normal<sup>5</sup>: Os valores de Skewness estiveram entre -2 e +2 para todas as variáveis, enquanto os valores de Kurtoise se mantiveram entre -3 e +4.

Confirmado o critério de normalidade, realizamos o teste t de Student para amostras em pares, empregando o software Statistical Package for Social Science for Windows (SPSS) (IBM\_CORP, 2011). Os resultados são apresentados de maneira descritiva no Quadro 7 a seguir. Nele são reportados os pares de categorias testados (coluna 1), a média de frequência normalizada em cada categoria (coluna 2), o desvio padrão de cada média (coluna 3), o valor

---

<sup>4</sup> Nas instituições de ensino em que a intervenção ocorreu, o conteúdo de Introdução à Teoria dos Erros e à Experimentação em Física se dá na primeira unidade da 1ª série para todas as turmas do Ensino Médio Integrado.

<sup>5</sup> Valores de assimetria entre -2 e +2 são considerados aceitáveis para comprovar a normalidade univariada da distribuição (George & Mallery, 2010), ou entre -3 e 3 (Kline, 2016). Para curtose, pode-se considerar normal a distribuição para valores <7 (Kline, 2016) ou < 10 (West et al., 1995).

do teste estatístico (coluna 4), os graus de liberdade (coluna 5) e o índice de significância  $p$  (coluna 5).

**Quadro 7.** Comparação das diferenças de média.

Habilidade Geral	Média	Desvio Padrão	T	Df	Sig.(2-tailed)
EXM – FCM	0,88	0,32	14,33	236	0,00
	0,39	0,49			
EXM – ARM	0,88	0,32	24,98	236	0,00
	0,19	0,34			
EXM – EQM	0,88	0,32	2,70	236	0,01
	0,95	0,22			
EXM – VRE	0,88	0,32	3,47	236	0,00
	0,76	0,43			
FCM – ARM	0,39	0,49	6,24	236	0,00
	0,19	0,34			
FCM – EQM	0,39	0,49	15,69	236	0,00
	0,95	0,22			
Habilidade Geral	Média	Desvio Padrão	T	Df	Sig. (2-tailed)
FCM – VRE	0,39	0,49	8,08	236	0,00
	0,76	0,43			
ARM – EQM	0,19	0,34	30,67	236	0,00
	0,95	0,22			
ARM – VRE	0,19	0,34	16,21	236	0,00
	0,76	0,43			
EQM – VRE	0,95	0,22	7,34	236	0,00
	0,76	0,43			

Legenda: A comparação do valor de  $p$  foi feita com o nível de significância 95% ( $p \leq 0,05$ ). Quanto ao aspecto das habilidades inferidas nas respostas, foi rejeitada a hipótese nula: **EXM versus FCM** ( $t = 14,33$ ;  $dif=236$  e  $p = 0,000$ ); **EXM versus ARM** ( $t = 24,98$ ;  $dif= 236$  e  $p =0,000$ ); **EXM versus EQM** ( $t = 2,70$ ;  $dif= 236$  e  $p = 0,007$ ); **EXM versus VRE** ( $t = 3,47$ ;  $dif= 236$  e  $p = 0,001$ ); **FCM versus ARM** ( $t = 6,24$ ;  $dif= 236$  e  $p =0,000$ ); **FCM versus EQM** ( $t = 15,69$ ;  $dif= 236$  e  $p = 0,000$ ); **FCM versus VRE** ( $t = 8,08$ ;  $dif= 236$  e  $p = 0,000$ ); **ARM versus EQM** ( $t = 30,67$ ;  $dif= 236$  e  $p = 0,000$ ); **ARM versus VRE** ( $t = 16,21$ ;  $dif= 236$  e  $p = 0,000$ ); **EQM versus VRE** ( $t = 7,34$ ;  $dif= 236$  e  $p =0,000$ ). Dessa forma, temos a diferença entre as médias para todos os pares testados estatisticamente significativa.

Fonte: Dados da pesquisa.

O teste  $t$  de student realiza a comparação pareada entre as frequências de duas categorias por vez, empregando o valor de  $p$  (no nosso caso com o nível de significância 95%:  $p \leq 0,05$ ) para inferir sobre a existência ou não de diferença. A hipótese nula do teste é a de igualdade entre as médias, sendo rejeitada tal hipótese em todas as comparações feitas (ou seja, todas com  $p \leq 0,05$ ).

Esse resultado traz confiança sobre as interpretações realizadas. Através dele podemos afirmar que há diferenças entre as médias para todos os pares testados e que elas são estatisticamente significativas. Isso indica que, em nenhuma categoria o tipo de habilidade mobilizada foi igual, em incidência, a outra; dessa forma, podemos fazer interpretações sobre quais foram “mais” e menos” incidentes sem incorrer no risco de viés de inferência.

## Estudo II: Perfil das habilidades em função da natureza da prática experimental

Para responder à questão referente à comparação entre as habilidades mobilizadas na atividade tradicional e investigativa, consideramos as frequências das categorias separadas pelo tipo de abordagem. Foram analisadas as respostas de 107 estudantes que participaram

da prática experimental de natureza tradicional e de 130 estudantes que participaram da prática experimental de natureza investigativa (no primeiro momento da intervenção)<sup>6</sup>.

Em termos de análise, foi feito um pareamento dos itens da prática experimental tradicional com os da prática experimental investigativa, segundo a semelhança de habilidades demandadas por eles, conforme critérios pré-definidos anteriormente. O Quadro 8, abaixo, mostra o resultado do pareamento de itens.

**Quadro 8.** Pareamento entre itens das práticas experimentais tradicional/investigativa.

Tipo de habilidade demandada pelo item	Tradicional		Investigativa	
	Rubrica do item	Descrição sucinta do item	Rubrica do item	Descrição sucinta do item
<b>Procedimental</b>	T511 T512 T513	- Tabela para inserção dos tempos de oscilação e cálculo do período. - Determinar o valor médio do período. - Utilizando a equação, calcule o valor da gravidade.	D411 D412	- Como o grupo resolveu o problema e qual o valor encontrado?
<b>Interpretativa</b>	T514	- Compare o valor da aceleração da gravidade encontrado com o valor esperado.	D413 D414	- Está próximo do valor esperado? - Como você interpreta a diferença entre o valor esperado e o valor encontrado?

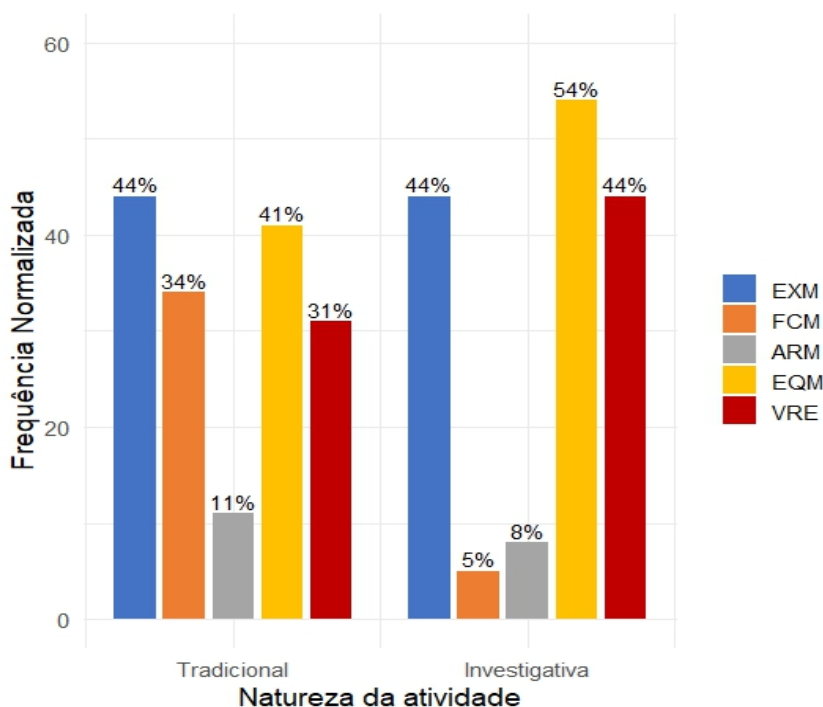
Fonte: Dados da pesquisa.

De forma semelhante ao procedimento anterior, avaliamos as habilidades elencadas no sistema categórico a partir da frequência normalizada, mas agora separando as porcentagens de acordo com a natureza da prática experimental. Os resultados obtidos podem ser visualizados no Gráfico 2.

Pela análise do Gráfico 2, avaliamos que ambas as práticas tiveram o potencial de mobilizar nos estudantes habilidades de caráter procedimental (**EXM**, **FCM**, **ARM** e **EQM**) e interpretativo (**VRE**). Entretanto, os padrões são diferenciados. O resultado para a prática experimental tradicional apresenta um equilíbrio entre os índices de frequência, com distribuição mais uniforme, sendo que as habilidades que mais se sobressaíram foram a **EXM** (44,30%) e a **EQM** (40,51%), seguidas da **FCM** (34,18%), da **VRE** (31,22%) e da **ARM** (10,69%). Já para a prática experimental investigativa, existe uma diferença grande entre os índices das habilidades que mais se sobressaíram: **EQM** (54,43%), **VRE** (44,30%) e **EXM** (43,88%) sendo **FCM** (5,06%) e **ARM** (8,02%) as habilidades menos mobilizadas pelos estudantes.

<sup>6</sup> É importante ressaltar que somente a primeira etapa da intervenção foi considerada nesse estudo para garantir que os dados da segunda etapa (em que há troca das atividades) não viesassem a análise, trazendo efeito de memória ou de aprendizagem com a atividade anterior.

**Gráfico 2.** Perfil de Habilidades Específicas: Investigativa x Tradicional.



Legenda: Habilidade em Executar Medidas (EXM); Habilidade em Fazer Cálculo de Médias (FCM); Habilidade em Resolver Equações Matemáticas (EQM); Habilidade em Aplicar Regras Matemáticas (ARM); Habilidade para Propor a Solução do Problema (PSP); Habilidade em Verificar (examinar) a Validade da Resposta Encontrada (VRE).

Fonte: Dados da pesquisa.

Fazendo uma análise por categoria, podemos observar que as duas práticas experimentais tiveram potencial semelhante de mobilização para a categoria de habilidade **EXM**. Já para as habilidades **ARM** e **FCM**, a prática experimental tradicional apresentou um caráter de mobilização maior em comparação com a prática experimental investigativa. Esse resultado é, de certa forma, esperado, uma vez que dois itens da prática experimental tradicional solicitavam diretamente que fossem feitos cálculos de média, e que os resultados encontrados apresentassem um número específico de casas decimais. Contudo, também houve mobilização dessa habilidade na prática investigativa, ainda que não tenha sido explicitamente demandada.

Para a categoria de habilidade **EQM**, é verificada uma inversão de perfil quando comparamos com as outras três categorias de habilidades de natureza procedimental, da prática tradicional para a investigativa. Apesar de um dos itens da tradicional solicitar diretamente que fosse usada a ferramenta matemática, o índice de frequência para essa habilidade foi maior para os respondentes da prática experimental investigativa. Interpretamos esse achado considerando que resolver a equação matemática é fundamental para solucionar o desafio, sendo que sua aplicação mais coerente na prática investigativa ocorreu em virtude de um raciocínio que levou ao reconhecimento sobre a sua necessidade. Na prática tradicional, a tendência é realizar os procedimentos solicitados, mas, nesse caso, a habilidade de resolver equações matemáticas requer uma reflexão maior sobre quando e como empregar a ferramenta.

A hipótese para explicar a inversão da porcentagem é que não há um comando explícito para o uso da equação na prática experimental, embora haja indicação que os cálculos devam ser realizados. Dessa maneira, a habilidade apareceu na investigativa de forma mais intensa, sendo indicativa de um percurso de reflexão e raciocínio lógico. Inferimos, a partir desse resultado, que os estudantes não precisam, necessariamente, ser diretamente solicitados a fazer cálculo em uma prática experimental dessa natureza, pois demonstram autonomia para reconhecer que essas habilidades são necessárias. Por outro lado, as habilidades **ARM** e **EQM** não pareceram imprescindíveis para os alunos participantes da pesquisa, uma vez que não foram tão mobilizadas.

Nesse caso, consideramos que a atividade investigativa conduzida esteja mais próxima do que é estabelecido na literatura como papel do laboratório, tendo em vista a atividade tradicional aplicada. Ela possibilitou o emprego de conhecimento formal (equação matemática) na resolução do desafio, empreendendo um raciocínio lógico direcionado à necessidade da atividade (Hanif et al., 2009).

Por fim, para a categoria de habilidade interpretativa **VRE**, o maior índice de explicitação foi para os respondentes da prática experimental investigativa. Esse resultado reforça o argumento de que práticas experimentais de natureza investigativa solicitam dos estudantes um pensamento mais elaborado, favorecendo a interpretação científica, possibilitando que avaliem se os resultados encontrados são adequados ou não, a depender das condições físicas estabelecidas e pressupostos teóricos (Hodson, 1994).

Para atestar a confiabilidade desses achados, que foram baseados nas diferenças entre as frequências das habilidades na atividade tradicional e investigativa, conduzimos uma análise estatística. Inicialmente verificamos se a normalidade se manteve na distribuição das frequências de cada habilidade quando separadas em virtude da natureza da atividade (tradicional e investigativa), empregando-se a avaliação do Skewness e Kurtosis para cada variável. A separação dos dados de natureza investigativa e tradicional fez com a normalidade da distribuição fosse afetada: para a maioria das variáveis, o Skewness apresentou valores maiores que +3 e menores que -3. Embora a Kurtosi tenha apresentado valores menores que 10 para quase todas as variáveis, a normalidade não foi atestada em virtude dos valores de Skewness não terem atendido ao critério estabelecido na literatura.

Dessa forma, empregamos o método não paramétrico Kruskal-Wallis<sup>7</sup> no software Statistical Package for Social Science for Windows (SPSS) (IBM\_CORP, 2011) para avaliar se as diferenças entre as habilidades mobilizadas pela prática experimental tradicional são significativas em relação à prática experimental investigativa.

Os resultados do teste Kruskal-Wallis são apresentados nos Quadros 9 e 10 a seguir. No quadro 8 temos a descrição da habilidade testada (testou-se se é igual ou diferente na abordagem investigativa e tradicional) na primeira coluna; na segunda coluna é descrita a

---

<sup>7</sup> Os testes não paramétricos são uma alternativa para análise de dados cuja distribuição não é normal. A diferença para os testes paramétricos, como o t de student, é que seus resultados são baseados em ranks ao invés de médias, limitando a robustez das interpretações sobre as diferenças encontradas. Contudo, eles podem fornecer subsídios confiáveis para interpretações em estudos comparativos.

hipótese nula do teste; na terceira coluna está descrito o p, (nível de significância de 95%), que determina a aceitação ou rejeição da hipótese nula ( $p > 0,05$  aceita-se a hipótese nula).

**Quadro 9.** Resumo do teste de hipóteses.

Categoria de Habilidade	Hipótese Nula	Teste	SIG	Decisão
<b>EXM</b>	A distribuição da <b>EXM</b> é a mesma nas duas categorias de abordagens.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes.	0,00	Rejeite a hipótese nula.
<b>FCM</b>	A distribuição da <b>FCM</b> é a mesma nas duas categorias de abordagens.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes.	0,00	Rejeite a hipótese nula.
<b>ARM</b>	A distribuição da <b>ARM</b> é a mesma nas duas categorias de abordagens.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes.	0,00	Rejeite a hipótese nula.
<b>EQM</b>	A distribuição da <b>EQM</b> é a mesma nas duas categorias de abordagens.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes.	0,00	Rejeite a hipótese nula.
<b>VRE</b>	A distribuição da <b>VRE</b> é a mesma nas duas categorias de abordagens.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes.	0,04	Rejeite a hipótese nula.

Fonte: Dados da pesquisa.

**Quadro 10.** Teste Estatístico.

	<b>EXM</b>	<b>FCM</b>	<b>ARM</b>	<b>EQM</b>	<b>VRE</b>
<b>Qui-Quadrado</b>	18,44	108,30	100,50	10,10	4,26
<b>Df</b>	1	1	1	1	1
<b>P</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04

Nota: a. Teste Kruskal-Wallis; b. Variável de agrupamento: Abordagem.

Fonte: Dados da pesquisa.

Em todas as comparações, a indicação foi rejeitar a hipótese nula sobre a igualdade das frequências relativas a cada uma das habilidades, avaliadas na atividade investigativa e na tradicional. Isso significa que para todas, há diferença em como são mobilizadas, a depender da natureza da abordagem. Os resultados podem ser atestados pelo teste do Qui-Quadrado, reportado na quadro 9: **EXM** [ $X^2(1) = 18,44; p < 0,05$ ], **FCM** [ $X^2(1) = 108,30; p < 0,05$ ], **ARM** [ $X^2(1) = 100,50; p < 0,05$ ], **EQM** [ $X^2(1) = 10,10; p < 0,05$ ] e **VRE** [ $X^2(1) = 4,26; p < 0,05$ ].

Comparando cada uma dessas habilidades para a abordagem tradicional X investigativa, obtivemos:

1. **EXM**<sub>tradicional</sub> > **EXM**<sub>investigativo</sub>
2. **FCM**<sub>tradicional</sub> > **FCM**<sub>investigativo</sub>
3. **ARM**<sub>tradicional</sub> > **ARM**<sub>investigativo</sub>
4. **EQM**<sub>investigativo</sub> > **EQM**<sub>tradicional</sub>
5. **VRE**<sub>investigativo</sub> > **VRE**<sub>tradicional</sub>

O resultado nos indicou que as habilidades Resolver Equações Matemáticas (**EQM**) e Verificar (examinar) a Validade da Resposta Encontrada (**VRE**) foram mais mobilizadas na

atividade investigativa do que na tradicional, enquanto, para todas as outras (**EXM**, **FCM** e **ARM**), a maior mobilização foi na tradicional. A hipótese levantada é de que as habilidades **EXM**, **FCM** e **ARM** correspondem à explicitação de conteúdos que só podem ser acessados mediante instrução formal, seja nas aulas ou nos materiais didáticos. Sendo a prática experimental tradicional mais diretiva e instrucional nesse sentido — por apresentar comandos explícitos para a mobilização de conhecimentos mais formalizados, ela se mostra mais adequada para o desenvolvimento desse tipo de habilidade.

Já as habilidades **EQM** e **VRE**, embora com grande incidência em ambas as abordagens, requerem o emprego de raciocínio lógico, que não depende, necessariamente, de diretrizes específicas, mas sim do estabelecimento de relações não explicitadas no desafio. Nesse sentido, nossos resultados indicam que as atividades investigativas são mais adequadas ao desenvolvimento dessas habilidades.

Outra interpretação interessante pode ser feita a partir da observação do padrão dos gráficos em cada tipo de intervenção. Verificamos uma certa inversão na porcentagem das habilidades Fazer Cálculo de Médias (**FCM**) e Aplicar Regras Matemáticas (**ARM**). Na atividade tradicional, a **FCM** aparece em maior escala, com uma porcentagem relativamente elevada, enquanto, na investigativa, foi a última a ser mobilizada, sendo a aplicação de regras matemáticas mais significativa. Esse resultado, em especial, reflete a importância da explicitação da habilidade a ser demandada: não há como garantir, com base nesta amostra, que os estudantes que fizeram a atividade investigativa não possuam a habilidade **FCM**, já que ela não foi requisitada explicitamente nessa atividade como foi na tradicional. No máximo, podemos interpretar esse resultado está baseado na hipótese de que tal habilidade não foi considerada relevante para os estudantes que participaram da atividade investigativa para resolverem o desafio. Um estudo sobre o formato do item pode trazer mais explicações sobre a relevância de sua escrita na mobilização de conhecimentos e habilidades específicas.

Os resultados, em geral, mostram que práticas experimentais demandam estratégias que envolvem habilidades de diferentes naturezas, mas a de *Executar Medidas* é majoritariamente mobilizada, **independentemente do formato adotado**. Algumas habilidades, como *Resolver Equações Matemáticas* e a de *Verificar (examinar) a Validade da Resposta Encontrada*, são mais explicitadas em práticas investigativas; outras, como *Executar Medidas*, predominam nas práticas tradicionais.

## Conclusão

Este estudo investigou as habilidades mobilizadas pelos estudantes para resolver uma prática experimental sobre o cálculo do valor da gravidade. Analisou-se o perfil de frequência, tanto normalizado quanto relativo, apresentado por cada uma das categorias de habilidades identificadas.

Os resultados apontam que existem habilidades gerais de práticas experimentais que são mobilizadas independentemente da natureza da atividade, pois carregam intrinsecamente o caráter procedimental para resolução de um problema, a partir da mensuração de variáveis correspondentes a um fenômeno. Esse achado em particular traz uma implicação em relação

ao papel de atividades experimentais no ensino de conteúdos de Ciências: a indicação é a de que as habilidades relacionadas ao conhecimento em ação (Millar 2004) são muito bem desenvolvidas nesse contexto. Sendo assim, é relevante se pensar em estratégias envolvendo experimento quando o foco é no desenvolvimento de aspectos relacionados à aplicação de conhecimento formal e de outras ferramentas, como o saber matemático, para a generalização do conhecimento científico, sendo esse um dos objetivos do ensino nesse campo (Brasil, 2018).

Contudo, aspectos peculiares sobre a forma como conduzimos a prática, principalmente em relação às diretrizes a serem seguidas pelos estudantes, influenciam nas estratégias que eles utilizaram, sendo que algumas habilidades foram mais contempladas em uma dinâmica do que em outra. Tal ocorrência coloca em pauta o impacto das ações docentes na condução das atividades para direcionamento do desenvolvimento de habilidades. Ainda que o mesmo material seja aplicado para diferentes estudantes, uma componente de aprendizagem sempre estará atrelada à conduta do professor (Kaur, 2019), independentemente se as etapas a seguir sejam exatamente as mesmas. A intencionalidade docente influencia a dinâmica da ação discente (Zou et al., 2023) e isso, por si só, altera resultados de aprendizagem. O efeito-professor, entretanto, não foi variável investigada nesse estudo; temos apenas indicativos sobre o seu papel, que corroboram achados descritos na literatura (Hadi et al., 2020).

Um ponto relevante a ser discutido foi a diferença entre os formatos das práticas experimentais utilizadas nas intervenções. Embora tenhamos feito um pareamento entre itens considerados semelhantes, ou seja, a tarefa e o desafio escolhidos foram equivalentes e demandaram os mesmos elementos do ponto de vista de conteúdo, isso não significa que exigiram o mesmo esforço cognitivo por parte dos estudantes. Essa diferença implica o acionamento de habilidades distintas para resolver a atividade. Por conseguinte, a comparação é válida, mas entendemos que as peculiaridades de cada formato requerem articulações do pensamento diferenciadas. Essa discussão tem implicações para o ensino, pois chama atenção para a influência do design dos instrumentos de intervenção, algo que tem sido discutido mais recentemente por estudos que envolvem a investigação sobre Carga Cognitiva (Sweller, 2018; Souza, 2026).

Contrapor os dois tipos de práticas experimentais é importante para compreender o que, de fato, cada tipo de abordagem contempla em termos de desenvolvimento de habilidades. Isso porque delimitar objetivamente os limites e possibilidades de cada ação de ensino propicia parâmetros para que melhores escolhas de dinâmicas e estratégias sejam realizadas, tendo em vista focos diferenciados de aprendizagem. O resultado desse trabalho, nesse sentido, traz elementos para entender a funcionalidade dos dois tipos de atividades empregadas em termos do seu impacto para o desenvolvimento de diferentes habilidades, e isso pode subsidiar as escolhas de professores a depender de seu objetivo de ensino.

O fato de a categoria Verificar a Resposta Encontrada (**VRE**) apresentar maior índice de frequência para os estudantes que participaram da prática experimental de natureza investigativa nos fornece indícios de que eles tiveram mais facilidade para desenvolver um raciocínio lógico na análise do desafio proposto. Por outro lado, os estudantes que participaram da prática experimental tradicional, por não planejarem nem implementarem

soluções de resolução de práticas experimentais, demonstraram mais dificuldade em avaliar se os resultados obtidos eram adequados ou não às condições estabelecidas experimentalmente.

Segundo Hofstein et al. (2005) e Halim (2016), práticas experimentais de natureza investigativa demandam dos estudantes um pensamento de maior nível de complexidade, o que favorece o estabelecimento das estratégias de resolução e de discussão dos resultados encontrados. Os resultados de Xavier (2018) coadunam com os desta pesquisa, ao mostrar que houve maior aprendizagem entre os estudantes que participaram da prática experimental investigativa, em comparação com aqueles que participaram da prática experimental tradicional no que se refere ao raciocínio lógico. No entanto, para que outras habilidades, como a **EXM**, sejam melhor alcançadas, a prática nos moldes tradicionais se mostra mais adequada.

Dessa forma, interpretamos que ambas as práticas experimentais demonstraram potencial para desenvolver habilidades relevantes quando se pensa nas instruções em laboratório, demandando a aplicação de conhecimentos e pensamentos importantes para a compreensão dos fenômenos. A implicação mais importante desse resultado para o ensino é a de que não se deve substituir uma em detrimento da outra, tendo em vista que favorecem igualmente a aprendizagem de elementos importantes para o desenvolvimento de habilidades no campo científico, mesmo que de maneiras diferentes. O que deve ser feito de forma consciente é a avaliação sobre a pertinência de cada uma dessas práticas em relação ao contexto de ensino considerado e ao objetivo a ser atingido, visto que certas habilidades são mais bem desenvolvidas em uma dinâmica do que em outra.

## Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação da Bahia.

## Referências

- Abud, R. M. P., & Maintinguer, S. I. (2024). As dificuldades e os desafios do ensino de física (para o ensino médio e novo ensino médio) no contexto pós pandemia. *Infinitum: Revista Multidisciplinar*, 7(12), 4–20. <https://doi.org/10.18764/2595-9549v7n12.2024.1>
- Ahrensmeier, D. (2013). A practical application of Physics Education Research–informed teaching interventions in a first-year physics service course. *Journal of Technical Education*, 1(1), 165–178. <https://doi.org/10.48513/joted.v1i1.21>
- Arruda, S., Oliveira, F., & Lima, K. (2021). O uso do laboratório virtual como estratégia para a abordagem investigativa no ensino de biologia. *#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, 10(2), 1–22. <https://doi.org/10.35819/tear.v10.n2.a5297>
- Barroso, M. F., Rubini, G., & Silva, T. (2018). Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(4), e4402. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0059>
- Biggs, J., & Collis, K. (1982). *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy*. Academic Press.
- Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 291–313. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607>

- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base*. MEC. <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>
- Cadorin N., P., Herpich, F., Adriana Machado da Silva, M., & Margarida Rockenbach Tarouco, L. (2021). Realidade aumentada para aprimoramento de laboratórios remotos uma revisão sistemática da literatura. *RENOTE*, 18(2), 439–449. <https://doi.org/10.22456/1679-1916.110284>
- Carvalho, A. M. P. (Org.). (2013). *Ensino de ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula*. Cengage Learning.
- Carvalho, A. M. P. de. (2018). Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 765–794. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>
- Castro, D., Castro, M., Nando, A., Campos, J., Oliveira, L., Filho, F., Sullivan, S., & Mendonça, R. (2024). Uso de realidade aumentada em laboratórios com foco no suporte ao aprendizado. *Sociedade Brasileira de Automática*, 4(1), 0066–0071 <https://doi.org/10.20906/CBA2024/4156>
- Chaves, J. M. F., & Hunsche, S. (2014). *Atividades experimentais demonstrativas no ensino de Física: Panorama a partir de eventos da área* [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pampa]. Recuperado do Repositório da Universidade Federal do Pampa. <https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/cienciasexatas/files/2014/06/TCC-Jossuele.pdf>
- Chien, C. C., Huang, S. T., & Hou, H. T. (2025). A remote game-based learning framework with real-person non-player characters scaffolding for strategic planning training. *Interactive Learning Environments*, 1–26. <https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2584576>
- Coelho, G. R. (2011). *A evolução do entendimento dos estudantes em eletricidade: Um estudo longitudinal* [Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais]. <https://repositorio.ufmg.br/items/3bf30d5a-26eb-45bc-b76b-4c8cb954bc81>
- Coelho, G. R., & Ambrózio, R. M. (2019). O ensino por investigação na formação inicial de professores de Física: Uma experiência da residência pedagógica de uma universidade pública federal. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 36(2), 490–513. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2019v36n2p490>
- Dawson, T. L. (2006). Stage-like patterns in the development of conceptions of energy. In X. Liu & W. Boone (Eds.), *Applications of Rasch measurement in science education* (p. 111–136). JAM Press.
- Delizoicov, D. (2005, 28 de novembro–3 de dezembro). O laboratório didático de Física no ensino superior: contrastes e transformações. In *Atas do 5º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* [CD-ROM]. ABRAPEC.
- Faria, A., & Vaz da Silva, A. (2019). Students engagement on a school investigation about simple electric circuits. *Pesquisa em Educação em Ciências*, 21, e10545. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172019210110>
- Fischer, K. W. (1980). A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. *Psychological Review*, 87(6), 477–531. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.87.6.477>
- Garcia, R. (2002). *O conhecimento em construção: Das formulações de Jean Piaget à teoria de sistemas complexos*. Artmed.
- George, D., & Mallery, M. (2010). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference* (17.0 update, 10th ed.). Pearson.
- Gouw, A. M. S., Franzolin, F., & Fejes, M. E. (2013). Desafios enfrentados por professores na implementação de práticas experimentais investigativas nas aulas de ciências. *Ciência & Educação*, 19(2), 439–454. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132013000200014>
- Haagen-Schützenhöfer, C., & Joham, B. (2018). Professionalising physics teachers in doing experimental work. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 8(1), 9–34. <https://doi.org/10.26529/cepsj.333>
- Hadi, K., Dazrullisa, D., Susantini, D., & Kuntjoro, S. (2020). The effect of teachers' role in learning on the learning outcomes of high school students. *Budapest International Research and Critics Institute Journal (BIRCI-Journal): Humanities and Social Sciences*, 3(4), 2774–2783. <https://doi.org/10.33258/birci.v3i4.1287>

- Halim, A., Yusrizal, Y., Susanna, S., & Tarmizi, T. (2016). An analysis of students' skill in applying the problem-solving strategy to physics problem solving in facing AEC as global competition. *Journal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(1), 1–5. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/307850228>
- Hanif, M., Sneddon, P., & Reid, N. (2009). The perceptions, views and opinions of university students about physics learning during undergraduate laboratory work. *European Journal of Physics*, 30(1), 85–96. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/30/1/009>
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299–313. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4417>
- Hofstein, A. (1988). Practical work and science education. In P. Fensham (Ed.), *Development and dilemmas in science education* (p. 189–217). Falmer Press.
- Hofstein, A., Kipnis, M., & Kind, P. (2008). Learning in and from science laboratories: Enhancing students' metacognition and argumentation skills. In C. L. Petroselli (Ed.), *Science education issues and developments* (p. 59–94). Nova Science.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791–806. <https://doi.org/10.1002/tea.20072>
- Jokiranta, K. (2014). *The effectiveness of practical work in science education* [Bachelor's thesis, University of Jyväskylä]. [https://jyx.jyu.fi/jyx/Record/jyx\\_123456789\\_42979](https://jyx.jyu.fi/jyx/Record/jyx_123456789_42979)
- Kaur, S. (2019). Role of a teacher in student learning process. *International Journal of Business and Management Invention*, 8(12), 41–45. Recuperado de [https://ijbmi.org/papers/Vol\(8\)12/Series-1/Go812014145.pdf](https://ijbmi.org/papers/Vol(8)12/Series-1/Go812014145.pdf)
- Khaparde, R. (2019). What are the objectives and goals of physics laboratory courses? A survey of college teachers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1286, 012037. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1286/1/012037>
- Kline, R. B. (2016). *Principles and practice of structural equation modeling* (4th ed.). Guilford Press.
- Koponen, I. T., & Mäntylä, T. (2006). Generative role of experiments in physics and in teaching physics: A suggestion for epistemological reconstruction. *Science Education*, 15, 31–54. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-3199-6>
- Leite, J. C., Rodrigues, M. M., & Magalhães, C. A. O. (2015). Ensino de ciências por investigação na visão de professores de ciências em um contexto de formação continuada. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, 8(2), 42–56. <http://dx.doi.org/10.3895/rbect.v8n2.2958>
- Li, R., & Wong, T. (2018). Teaching them before we teach: The effectiveness of conducting classroom experiments before teaching the underlying theory. *IAFOR Journal of Education*, 6(3), 79–92. <https://doi.org/10.22492/ije.6.3.05>
- Lima, F., Mazze, F., & Pontesa, A. (2021). Utilização de experimentos investigativos para identificar competências e habilidades em alunos do ensino médio no estado do Ceará. *Revista Virtual de Química*, 13(3), 1–13. <https://doi.org/10.21577/1984-6835-20210047>
- Malheiros, J. M. da S. (2016). Atividades experimentais no ensino de ciências: Limites e possibilidades. *ACTIO: Docência em Ciências*, 1(1), 108–127. <http://dx.doi.org/10.3895/actio.v1n1.4796>
- Malone, K. L. (2008). Correlations among knowledge structures, force concept inventory, and problem-solving behaviors. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 4(2), 020107. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.4.020107>
- Meltzer, D. E., & Thornton, R. K. (2012). Resource letter ALIP-1: Active-learning instruction in physics. *American Journal of Physics*, 80(6), 478–496. <https://doi.org/10.1119/1.3678299>
- Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. In *National Research Council, America's lab report*. National Academies Press. Recuperado de [https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse\\_073330.pdf](https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_073330.pdf)
- Millar, R. (2010). Practical work. In J. Osborne & J. Dillon (Eds.), *Good practice in science teaching: What research has to say* (2nd ed.). Open University Press.

- Nascimento, C. S., & Uibson, J. (2021). Uso de experimentos no ensino de física: Uma revisão sistemática da literatura. In *Anais do XV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade (EDUCON)*. <http://dx.doi.org/10.29380/2021.15.05.24>
- Omar, N., Zulkifli, R., & Hassan, R. (2009). Development of a virtual laboratory for radiation heat transfer. *European Journal of Scientific Research*, 32(4), 563–571. <https://www.researchgate.net/publication/254763983>
- Perkowska-Klejman, A. (2022). Education – from transmissive teaching to transformative learning. *Journal of Modern Science*, 48(1), 477–494. <https://doi.org/10.13166/jms/150603>
- Piaget, J. (1976). *A equilibração das estruturas cognitivas: Problema central do desenvolvimento*. Zahar.
- Piaget, J. (1977). *La construction de l'abstraction réfléchissante: Relations entre les niveaux de l'abstraction*. Presses Universitaires de France.
- Regebe, F. (2017). *A evolução das habilidades cognitivas de raciocínio lógico em tecnologia da informação* [Tese (Doutorado), Universidade Federal da Bahia]. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/24943>
- Reif, F., & Larkin, J. H. (1991). Cognition in scientific and everyday domains: Comparison and learning implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 733–760. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280904>
- Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: Relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(spe), 49–67. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517S04>
- Sasseron, L. H. (2021). Práticas constituintes de investigação planejada por estudantes em aula de ciências: análise de uma situação. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 23, 1–18. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172021230101>
- Shana, Z., & Abulibdeh, E. S. (2020). Science practical work and its impact on students' science achievement. *Journal of Technology and Science Education*, 10(2), 199–215. <https://doi.org/10.3926/jotse.888>
- Sharma, M. D., Mendez, A., Sefton, I. M., & Khachan, J. (2014). Student evaluation of research projects in a first-year physics laboratory. *European Journal of Physics*, 35(2), 025004. <http://dx.doi.org/10.1088/0143-0807/35/2/025004>
- Silva, R. V., Sá, A. R. R., Santos, C. C. dos, Caldas, D. S., & Fernandes, J. da S. G. (2021). Active methodologies in basic education: An analysis of reports of pedagogical practices. *SciELO Preprints*. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.2727>
- Souza, E. J. (2026). *Ensino, aprendizagem e neurociência: Investigando as relações da memória de trabalho e da carga cognitiva com a aprendizagem sobre eletricidade a partir de uma abordagem baseada em metodologias ativas* [Tese (Doutorado), Universidade Federal da Bahia]. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/44332>
- Spears, J., & Zollman, D. A. (1977). The influence of structured versus unstructured laboratory on students' understanding of the process of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 14(1), 33–38. <https://doi.org/10.1002/tea.3660140106>
- Sweller, J. (2018). Measuring cognitive load. *Perspectives on Medical Education*, 7(1), 1–4. <https://doi.org/10.1007/s40037-017-0395-4>
- Tewordt, T., & Stinken-Rösner, L. (2026). A literature-review-based model of the factors that influence the design of experimental phases in physics lessons. *European Journal of Physics*, 47(1), 015709. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ae2bce>
- Weinstein, C. F., & Mayer, R. F. (1986). The teaching of learning strategies. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 315–327). Macmillan.
- West, S. G., Finch, J. F., & Curran, P. J. (1995). Structural equation models with nonnormal variables: Problems and remedies. In R. H. Hoyle (Ed.), *Structural equation modeling: Concepts, issues, and applications* (pp. 56–75). Sage.

- Winkelmann, J., & Erb, R. (2015, July). Learning in school science situations: Practical work and demonstrations in geometrical optics. In *Proceedings of the ESERA Conference*. European Science Education Research Association. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/316091503>
- Xavier, A. P. (2018). *Laboratório virtual versus laboratório material: A aprendizagem de física com intervenções tradicionais e investigativas* [Tese (Doutorado), Universidade Federal da Bahia; Universidade Estadual de Feira de Santana]. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/27506>
- Zabala, A. (1998). *A prática educativa: Como ensinar*. Artmed.
- Zou, H., Yao, J., Zhang, Y., & Huang, X. (2023). The influence of teachers' intrinsic motivation on students' intrinsic motivation: The mediating role of teachers' motivating style and teacher–student relationships. *Psychology in the Schools*, 61(2), 272–286. <https://doi.org/10.1002/pits.23050>