

Experimentação científica como forma de aprendizagem significativa no ensino de mecânica

.....

Ulysses Rondina Duarte^{1,2,#}

Renan Souza Moura^{1,2}

Glaúcia do Carmo Xavier^{2,3}

¹Instituto Federal de Minas Gerais,

Campus Formiga, Formiga, MG, Brasil.

²Instituto Federal de Minas Gerais, Pós-Graduação em Docência, Campus Arcos, Arcos, MG, Brasil.

³Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Ribeirão da Neves, Ribeirão das Neves, MG, Brasil.

RESUMO

Neste trabalho, é apresentada uma análise de abordagem qualitativa e quantitativa com base em um relato em sala de aula sobre a utilização da experimentação científica como forma de avaliação processual no ensino de mecânica (conteúdo da disciplina de física) a alunos do primeiro ano do ensino técnico integrado ao Ensino Médio. Visando a um processo de ensino-aprendizagem significativo, os discentes foram, em um primeiro momento, orientados por meio de duas oficinas e realizaram, através de roteiros de prática laboratorial (roteiros de referência), duas experimentações científicas de forma tutorada pelo docente da referida disciplina, recebendo feedbacks por um período de até dois meses (avaliação processual). Em seguida, os discentes produziram, como avaliação processual final, roteiros de experimentação científica, os quais foram analisados e classificados de acordo com indicadores propostos pelos autores deste trabalho. A partir desse relato de sala de aula, foi possível registrar, qualitativamente e quantitativamente, situações de ocorrência subjetivas de aprendizagem significativa pelos discentes, bem como sugerir observações para aprimorar a prática docente. Os autores acreditam que essa proposta possa auxiliar os professores do Ensino Médio na elaboração de futuras avaliações processuais baseadas na experimentação científica, bem como propiciar a autorreflexão sobre a experiência docente, aperfeiçoando o processo de ensino-aprendizagem no ensino de física e/ou em outras áreas do conhecimento.

#Autor de correspondência. E-mail: ulysses.rondina@ifmg.edu.br.

Palavras-chave: ensino de física; experimentação científica; aprendizagem significativa; avaliação processual

.....

1. Introdução

Estatégias didáticas em que o discente deixa de desempenhar o papel predominantemente de espectador e passa a exercer o protagonismo na construção do saber são consideradas metodologias de ensino promissoras para superar os desafios inerentes às aulas de física, especificamente aquelas ministradas majoritariamente de forma tradicional. Esse formato de ensino convencional propicia, especialmente no nível médio, a falta de interesse e uma postura passiva por parte dos discentes, levando, quando muito, a uma aprendizagem mecânica [1-2]. Adicionalmente, a ausência de demonstrações de experiências fundamentadas em sala de aula pode levar a uma falsa percepção, pelos alunos, de que não há conexão entre os conteúdos teóricos abordados na disciplina e as aplicações práticas e/ou realísticas. Essas características tendem a criar um estado de relações apáticas na sala de aula, dificultando ao desenvolvimento de uma aprendizagem significativa aos discentes, principalmente quando consideradas as mais recentes gerações, tão acostumadas com o alto nível de interatividade proporcionado pelos ambientes virtuais.

Nesse diapasão, o emprego de demonstrações científicas em sala de aula desempenha um papel fundamental

para potencializar o processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas de física. A experimentação científica estimula a curiosidade do aluno, tornando-o ávido por explicações lógicas e fundamentadas, bem como permite elucidar que teoria e prática são componentes indissociáveis no ensino de ciência. Projetando-se situações de experimentações em que a participação do aluno seja ativa, aumentam-se as possibilidades para que ocorra um aprendizado significativo, conforme ensinam as Refs. [3, 4].

Trabalhos baseados na utilização de experiências diversificadas e atraentes para emprego em sala de aula têm sido reportados na literatura técnica [5-9], colaborando, satisfatoriamente, para o ensino de física. Não obstante, tais

A experimentação científica estimula a curiosidade do aluno, tornando-o ávido por explicações lógicas e fundamentadas, bem como permite elucidar que teoria e prática são componentes indissociáveis no ensino de ciência

publicações não apontam/discutem como inserir a abordagem da experimentação científica como avaliação curricular nas aulas de física do Ensino Médio, nem como registrar, mesmo que subjetivamente, o aprendizado advindo dessa metodologia.

Tendo em vista o panorama exposto, neste relato de sala de aula, a experimentação científica é proposta como forma de avaliação processual no ensino de mecânica (conteúdo da disciplina de física) do primeiro ano do ensino técnico integrado do Ensino Médio de um campus do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), durante o ano de 2019. Como nota, tal escolha foi motivada pelos trabalhos desenvolvidos nas Refs. [10, 11], em um laboratório de ciências e outro de biomecânica, respectivamente. Com o intuito de propi-

ciar um ambiente de ensino-aprendizagem significativo, conforme apontado nas Refs. [3, 4], em um primeiro momento, os alunos foram orientados por meio de duas oficinas de experimentação científica ofertadas pelo docente, realizando, de forma tutorada por meio de *feedbacks* ao longo de dois meses (avaliação processual), duas atividades experimentais em grupo em um laboratório do referido *campus*.

Em um segundo momento, os discentes confeccionaram, como forma de avaliação processual final, roteiros de experimentação científica cujos procedimentos deviam estar em consonância com os temas abordados na disciplina. Tais documentos foram classificados e avaliados segundo indicadores propostos pelos autores deste trabalho, sendo possível registrar a ocorrência subjetiva dessa aprendizagem. De acordo com os resultados obtidos, foram propostas sugestões de intervenções pedagógicas, visando ao aprimoramento da prática docente. Os autores acreditam que essa metodologia possa propiciar a autorreflexão aos docentes em relação à aprendizagem significativa em potencial proporcionada por avaliações processuais, aperfeiçoando essa proposta, bem como aplicando-a em outros níveis de ensino.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: o referencial teórico está descrito na seção 2, enquanto a metodologia e os resultados obtidos nessa investigação são apresentados, respectivamente, nas seções 3 e 4. Finalmente, as conclusões decorrentes deste estudo são apresentadas na seção 5.

2. Referencial teórico: as contribuições das teorias de Bruner e Ausubel para o aprendizado significativo

Ensinar possibilita “mudanças qualitativas no desenvolvimento e na aprendizagem das pessoas, visando ajudá-las a se constituírem como sujeitos, a melhorar sua capacidade de ação e as competências para viver e agir na sociedade e na comunidade” [12]. Dessa forma, faz-se necessário compreender as formas de aprender dos discentes e os métodos para que a aprendizagem

seja, de fato, significativa. Assim, é essencial que qualquer educador compreenda como o discente aprende. O diálogo com determinados teóricos, como Bruner e Ausubel, pode auxiliar na mediação de uma aprendizagem significativa.

Sobre Bruner e sua Teoria do Crescimento [13], pode-se citar a importância de valorizar as diferenças individuais de cada aluno. A inclusão escolar não deve ser entendida apenas como um processo para alunos com deficiências ou transtornos, mas sim para todos, uma vez que são constituídos de singularidades. A pluralidade de formas e tempos de aprendizados reunidos em um mesmo ambiente escolar deve ser considerada na elaboração curricular, na metodologia de ensino e, especialmente, nas propostas de avaliações.

Pensando nessas diferenças, Bruner aponta para a importância de as avaliações serem desenvolvidas ao longo do processo de aprendizagem. Segundo o autor, não há sentido em concentrar os registros avaliativos em momentos pontuais, com a função de obter um parecer que indique se o aluno aprendeu ou não, com o espelhamento da nota adquirida. A avaliação precisa ser processual, baseada em “devolutivas” emitidas pelos docentes e com duração por um período superior às avaliações tradicionais. Dessa forma, instrumentos avaliativos dessa natureza representam uma maneira de valorizar as diferenças e os diferentes tempos de aprendizagem de cada um.

Por fim, Bruner defende as recomendações intrínsecas, ou seja, as possibilidades de o aluno perceber como aprender é bom e importante para resolver problemas reais. Nessa perspectiva, o aluno é afastado da ideia de que é preciso aprender para receber elogios, adesivos e carimbos de parabéns ou elogios orais perante os demais. Uma aprendizagem que possa ajudá-lo a compreender questões reais proporciona mais motivação para o processo de ensino-

-aprendizagem do que prêmios pontuais e materiais. Essas postulações de Bruner são essenciais para o ensino, pois corroboram as aspirações de boas metodologias e posturas dentro da sala de aula.

Ausubel [4, 14], por sua vez, defende a aprendizagem pela experiência, valoriza a ampliação do conhecimento prévio e indica os mapas mentais como instrumentos de representação dos conhecimentos e saberes. Para Ausubel e sua Teoria da Aprendizagem Significativa, o ensino precisa evitar a costumeira aprendizagem mecânica, assim como afirmações prontas em sala de aula, passando a utilizar os conhecimentos dos alunos como ponto de partida para um novo aprendizado. Com essa predisposição para aprender e um material potencialmente significativo, as possibilidades de haver uma aprendizagem significativa aumentam.

Tanto a Teoria do Crescimento quanto a Aprendizagem Significativa caminham em direção a uma educação mais inclusiva com novas metodologias, tendo o aluno no centro da aprendizagem e partindo sempre do que ele já sabe para adquirir novos conhecimentos. A experiência também é ponto fundamental para que a aprendizagem signifique verdadeiramente para o aprendiz, de forma que ele possa compartilhar seu conhecimento com outras pessoas.

Neste contexto, é realizada, neste trabalho, uma análise de abordagem qualitativa e quantitativa, com base em um relato de sala de aula, utilizando a experimentação científica como material

potencialmente significativo, bem como forma de avaliação processual. Os alunos participaram, em um primeiro momento, de oficinas cujo objetivo foi detectar quais conhecimentos prévios são

passíveis de serem potencializados dentro de uma organização curricular contendo avaliações processuais ao longo do ano letivo, conforme sugerido por Bruner. A aprendizagem por experiência, proposta por Ausubel, é executada em um segundo momento com a confecção de roteiros de experimentação científica pelos discentes, gerando resultados que permitiram aos autores detectar, qualitativamente e quantitativamente (de forma mais modesta), ocorrências subjetivas de aprendiza-

Não há sentido em concentrar os registros avaliativos em momentos pontuais, com a função de obter um parecer que indique se o aluno aprendeu ou não, com o espelhamento da nota adquirida. A avaliação precisa ser processual, baseada em “devolutivas” emitidas pelos docentes e com duração por um período superior às avaliações tradicionais

A experiência também é ponto fundamental para que a aprendizagem signifique verdadeiramente para o aprendiz, de forma que ele possa compartilhar seu conhecimento com outras pessoas

gem significativa. Mais detalhes da metodologia empregada neste artigo são apresentados na seção 3.

3. Métodos e materiais utilizados

O trabalho proposto consistiu em uma análise de abordagem predominantemente qualitativa, baseada na observação participante e quantitativa por meio de levantamento estatístico realizado pelos autores a partir de um relato em sala de aula. O emprego dessa metodologia teve como premissa central a verificação subjetiva do processo de ensino-aprendizagem proporcionada por avaliações processuais baseadas em experimentação científica na disciplina Física I, cuja ementa versou sobre os conteúdos básicos desenvolvidos em mecânica (cinemática e dinâmica). Tal disciplina foi organizada em uma carga horária total de 90 horas (3 horas semanais ao longo de 30 semanas letivas), sendo ministrada a 90 estudantes matriculados no primeiro ano dos cursos técnicos integrados ao Ensino Médio de um *campus* do IFMG em 2019. Na referida instituição, o calendário letivo anual desse nível de ensino é segmentado em três trimestres.

Especificamente sobre os processos de ensino-aprendizagem verificados pelas avaliações processuais baseadas em experimentação científica, foi utilizado um instrumento avaliativo dessa natureza por trimestre na disciplina de Física I. Pode-se dizer que a metodologia central relatada neste trabalho é estruturada nas três etapas sequenciais listadas abaixo (e melhor detalhadas nas próximas subseções):

- oficinas e realização das experimentações científicas pelos discentes;
- confeção de roteiros de experimentações científicas pelos discentes;
- análise de dados pelos autores.

3.1. Oficinas e realização das experimentações científicas pelos discentes

A primeira etapa da metodologia ocorreu de março de 2019 a setembro de 2019 e compreendeu a execução dos dois primeiros trabalhos/roteiros de experimentação científica em grupo ao longo dos dois trimestres letivos iniciais.

Nessa etapa, os discentes se organizaram em grupos de até quatro alunos. O professor da disciplina ministrou duas oficinas com 60 minutos de duração cada sobre os procedimentos experimentais e ofereceu materiais necessários para a realização das atividades iniciais, que foram organizadas da seguinte forma: i) 15 minutos da carga horária em sala de aula com o intuito de apresentar a prática; ii) 45 minutos restantes ocorreram de forma extraclasse, em um Laboratório de Física de um *campus* do IFMG. Ao término de cada oficina, foram fornecidos os roteiros aos discentes (Apêndices A e B).

É importante salientar que a oferta das oficinas teve papel importante nessa metodologia, pois permitiu ao docente reconhecer e utilizar os conhecimentos prévios dos alunos como ponto de partida para um novo aprendizado, conforme recomendam as Refs. [3, 14], evitando, assim, a costumeira aprendizagem mecânica tradicional [1-2]. Além disso, essa atividade serviu para instigar a curiosidade dos alunos sobre como resolver problemas físicos materializados por meio das experimentações, proporcionando a aprendizagem pela experiência continuada. Dessa forma, pretendeu-se reforçar que a valorização do conhecimento prévio dos discentes, somada ao uso de material potencialmente significativo, é capaz de criar um ambiente frutífero para que ocorra uma aprendizagem significativa.

Para a realização das experimentações científicas iniciais, foi utilizado um Laboratório de Física de um *campus* do IFMG, que foi reservado por 3 horas semanais (compartilhado entre todas as turmas da disciplina) durante sete semanas dos dois primeiros trimestres. Um técnico laboratorista e um professor ficaram à disposição para acompanhar os discentes no uso desse espaço,

sem interagir diretamente na realização das práticas e/ou na interpretação dos resultados, seguindo a metodologia de investigação de observação participante. Finalmente, os alunos entregaram os trabalhos em formato de vídeo oral-explicativo (duração de 3 a 6 minutos), demonstrando a realização das experimentações científicas, as motivações, os materiais utilizados, os resultados obtidos e as respostas aos questionários contidos nos roteiros (Apêndices A e B).

Os objetivos principais desses dois trabalhos em grupo concentraram-se em apresentar e orientar os discentes sobre a utilização do método científico na investigação dos fenômenos físicos, além de estimular o aprimoramento das formas de comunicação (exposição do trabalho em vídeo pelos discentes) e favorecer a aprendizagem pela experiência continuada, defendida por Ausubel [3, 14].

Conceitos como erros experimentais (precisão e exatidão), tratamentos estatísticos (média aritmética), reprodutibilidade, comparação entre resultados experimentais e previsões teóricas foram abordados na tutoria desses trabalhos. Ambos os roteiros exigiram a interpretação e a aplicação de equações matemáticas na descrição dos fenômenos físicos.

As principais dificuldades encontradas pelos discentes nesses primeiros ensaios experimentais foram na:

- leitura e interpretação dos roteiros;
- não realização de todos os procedimentos previstos nos roteiros;
- linguagem/postura utilizada na gravação do vídeo.

Dessa forma, os alunos foram orientados pelos professores a procurá-los para expor o material do vídeo toda vez que confeccionassem uma versão “completa” do trabalho. O *feedback* proporcionado pelos docentes concentrou-se em problematizar questões relacionadas à forma de apresentação (linguagem, postura, ângulo da câmera, qualidade da gravação etc.) e aos aspectos teóricos (interpretação equivocada

Com base no retorno dos professores, os alunos executaram os roteiros e realizaram a gravação do vídeo do trabalho, ainda por mais duas ou três vezes, aprimorando-a. Esse é um processo significativo do ensino-aprendizagem, pois os alunos são expostos a momentos contínuos de reflexão, sendo estimulados a procurar alternativas para solucionar as questões identificadas. Assim, passam a perceber como aprender é importante para a resolução de problemas reais, os quais se encontram, por vezes, além do espaço da lousa da sala de aula

A oferta das oficinas serviu para instigar a curiosidade dos alunos sobre como resolver problemas físicos materializados por meio das experimentações, proporcionando a aprendizagem pela experiência continuada

dos conceitos) e técnicos da própria experimentação (interpretação equivocada do roteiro, forma de realização da medição etc.).

Com base no retorno dos professores, os alunos executaram os roteiros e realizaram a gravação do vídeo do trabalho, ainda por mais duas ou três vezes, aprimorando-a. Esse é um processo significativo do ensino-aprendizagem, pois os alunos são expostos a momentos contínuos de reflexão, sendo estimulados a procurar alternativas para solucionar as questões identificadas. Assim, passam a perceber como aprender é importante para a resolução de problemas reais, os quais se encontram, por vezes, além do espaço da lousa da sala de aula. Adicionalmente, esse formato de avaliação permite valorizar as diferenças e os diferentes tempos de aprendizagem de cada discente, seguindo o proposto por Bruner [13], diferentemente do que ocorre em um momento pontual de verificação de aprendizagem proporcionado pelas avaliações tradicionais.

3.2. Confeção de roteiros de experimentações científicas pelos discentes

Uma vez que os alunos executaram o método científico experimental por meio dos roteiros iniciais, o último trabalho em grupo, já no terceiro e último trimestre letivo (setembro a dezembro de 2019) do IFMG, versou sobre a proposta de um roteiro de práticas de experimentação científica pelos próprios discentes, o qual deveria estar em consonância com os fenômenos abordados na disciplina de Física I. Novamente, um técnico laboratorista e um dos professores ficaram à disposição no Laboratório de Física, que foi reservado por 3 horas semanais (compartilhado entre todas as turmas da disciplina) durante sete semanas do último trimestre letivo de 2019 com o intuito de acompanhar os alunos nesses ensaios, que atuaram como espectadores e, quando possível, como tutores. Os grupos foram organizados em até cinco participantes, totalizando 19 trabalhos entregues no formato de roteiros, com estruturas análogas aos dos apêndices (A e B).

O objetivo central dessa avaliação processual do terceiro trimestre foi verificar o nível de percepção dos discentes sobre a utilização do método científico experimental, levando em conta, especialmente, a descrição físico-matemática dos fenômenos estudados ao longo da disciplina. Outros itens impor-

tantes, como a coerência do roteiro proposto e a presença/discussão de erros experimentais e suas implicações no roteiro, também foram considerados nesse levantamento. Dessa forma, foram sugeridos aos alunos que utilizassem como inspiração na produção dos roteiros:

- a) exercícios teóricos propostos na disciplina ao longo do ano;
- b) simulações de fenômenos físicos de mecânica encontradas no site *PHET interactive simulations* [15];
- c) as próprias indagações feitas por eles no decorrer do ano letivo;
- d) os dois roteiros de experimentação científica executado por eles;
- e) prever a utilização de equipamentos e materiais disponíveis apenas no Laboratório de Física da instituição (foi permitida certa flexibilidade para a definição dos materiais). Alguns desses materiais e equipamentos são mostrados na Fig. 1.

Além das sugestões listadas, foi recomendado que os discentes testassem a proposta em laboratório para fins de comprovação de reprodutibilidade, de modo que foi necessário demonstrar a realização prática do roteiro ao professor antes da entrega final do trabalho. Por fim, a última orientação transmitida aos discentes foi para que considerassem um cenário em que esse roteiro fosse entregue a um aluno do 1º ano de 2020 (próxima turma) com o intuito de promover a seguinte indagação reflexiva: “Esse aluno teria condição de realizar essa prática tendo como base os

conteúdos abordados ao longo da disciplina de Física I?”.

Uma das maiores dificuldades encontradas pelos discentes ao longo dessa atividade foi quanto à organização didática dos passos de execução do roteiro. As orientações emitidas pelo professor foram para que os alunos tentassem executar o próprio roteiro apenas realizando a leitura “fria” das orientações para perceberem o distanciamento didático das propostas elaboradas em sua versão inicial. Após terem recebido o *feedback* dos professores, os alunos adaptaram os roteiros por até duas ou três vezes.

3.3. Análises de dados pelos autores

Finalmente, os roteiros foram avaliados pelos pesquisadores e classificados quanto ao atendimento total, parcial ou ao não atendimento de alguns elementos científicos presentes nas duas experimentações (Apêndices A e B), denominados como INDICADORES pelos autores deste trabalho, conforme mostrado na Tabela 1.

Os itens II a IV e os item I e V da Tabela 1 são, respectivamente, os elementos objetivos e subjetivos presentes nos roteiros de experimentação científica de referência. O item VI não está presente no roteiro de referência, sendo detectado pelos autores após a entrega dos trabalhos pelos discentes, entretanto, essa situação será melhor tratada na próxima seção.

4. Resultados e discussões

A partir dos equipamentos disponí-

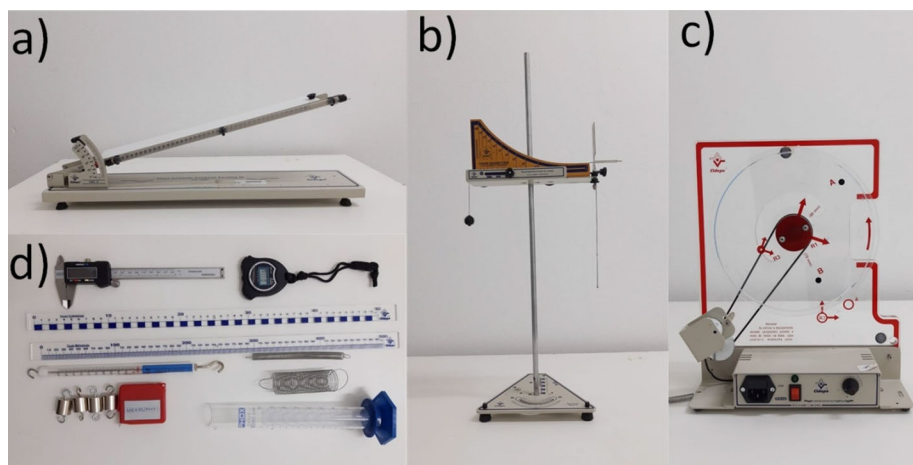


Figura 1 - Equipamentos e materiais disponíveis no Laboratório de Física. (a) plano inclinado graduado e articulável, contendo tubo lacrado com glicerina, uma esfera de aço e bolha; (b) suporte de sustentação universal, contendo plano inclinado, cordões e conexões físicas; (c) aparelho rotacional com sintonia de frequência analógica, contendo conexões para inserção de setas e; (d) paquímetro digital, cronômetro, réguas, molas, dinamômetro, cilindros, trena e proveta.

Tabela 1: Indicadores de avaliação dos roteiros propostos pelos docentes.

Indicadores	Descrição
I - Clareza	Descrição clara e didática do procedimento experimental, alinhada aos objetivos da prática.
II - Coerência	Utilização de conceitos físicos apropriados, com uso explícito de equações matemáticas.
III - Análise comparativa	Realização do contraste entre os resultados obtidos na experimentação e os resultados previstos na teoria.
IV - Erros experimentais	Discussões qualitativas e/ou quantitativas sobre a presença de erros experimentais.
V - Reflexões sobre o tema	Reflexões promovidas sobre o tópico em estudo ao longo do roteiro por meio de questionamentos.
VI*** - Continuidade	Sugestão de continuidade da experimentação em temas correlatos, além do próprio roteiro proposto.

Legenda: O indicador VI*** não está previsto nos roteiros de referência.

veis no laboratório de física (Fig. 1), os discentes produziram roteiros abordando os seguintes temas:

- MRU, MRUV, queda livre e lançamento horizontal;
- obtenção da gravidade local;
- lei de Hooke;
- diversas aplicações das leis de Newton (envolvendo planos inclinados, polias);
- determinação de peso aparente (envolvendo polias e balança);
- determinação de coeficiente de atrito;
- movimento circular uniforme.

É importante destacar que as duas primeiras experimentações científicas realizadas pelos alunos (Apêndices A e B), na forma de treinamento, versaram apenas sobre método de determinação de volume e caracterização de um MRU, conteúdos iniciais desenvolvidos na ementa da disciplina. Em contraste, nota-se que, a partir desse registro inicial, os roteiros propostos reproduziram o método científico experimental em diversos outros temas abordados em Física I (lista acima), para os quais os discentes não tiveram treinamento técnico prévio e específico através de oficinas, por exemplo. Pode-se concluir, parcialmente, que essas avaliações processuais permitiram uma atuação formativa significativa no processo de ensino-aprendizagem dos discentes e não apenas um aprendizado mecânico, con-

forme previsto por Bruner [13].

Os resultados obtidos na avaliação dos roteiros produzidos pelos discentes estão dispostos na Tabela 2, conforme as classificações listadas na Tabela 1.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, observa-se que apenas 10,53% dos roteiros não apresentaram o procedimento experimental de forma didática, clara e/ou alinhada com os objetivos da prática, de acordo com a classificação do indicador I (Clareza). É provável que exista uma diminuição desse valor percentual da classificação *Não atende*, caso mais experimentações científicas sejam realizadas ao longo do curso, ao invés de apenas duas propostas, como ocorrido neste relato de sala de aula.

Os resultados avaliados segundo os indicadores II (Coerência) e III (Análise comparativa), apresentados na Tabela 2, indicam que foram propostas práticas de experimentação científica cuja estrutura sugere uma sedimentação do conteúdo abordado na disciplina Física I. Dentro do universo de análise, poucos roteiros não continham, explicitamente, equações matemáticas ou comparações entre resultados teóricos e práticos que,

por sua vez, estão diretamente relacionados ao método científico.

O uso implícito de equações, classificado como *Atende parcialmente*, na avaliação do indicador II (Coerência), significa que a sequência de procedimentos no roteiro está apropriada, não sendo apenas disponibilizadas, explicitamente, as ferramentas matemáticas necessárias para a execução do ensaio. Dessa forma, apenas em 10,53% dos roteiros não foi apresentada nenhuma menção à utilização de equações e/ou conceitos. Em contrapartida, levando-se em conta os 42,11% do total de trabalhos que estão classificados como

A análise dos roteiros, por meio dos indicadores propostos pelos autores desse trabalho, especialmente o indicador (VI), aponta para a necessidade de o professor refletir sobre sua prática docente, com o intuito de aperfeiçoar o processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas de física

Não atende e *Atende parcialmente*, na avaliação do indicador III (Análise comparativa), os autores deste relato de sala de aula sugerem a utilização de metodologias diversificadas na prática docente ao abordarem essa questão, seja

por meio do uso de simulações computacionais e/ou produtos educacionais apropriados. Vale ressaltar que a utilização de materiais potencialmente significativos aumenta a possibilidade de atingir um aprendizado significativo [4, 14].

Os resultados para o indicador IV (Erros experimentais) estão representa-

Tabela 2: Avaliação percentual das classificações dos roteiros.

Indicador avaliado	Atende	Atende parcialmente	Não atende
I	42,10 %	47,37 %	10,53 %
II	68,42 %	21,05 %	10,53%
III	57,89%	15,79%	26,32%
IV	57,89%	5,26 %	36,84%
V	78,95%	0,00 %	21,05%
VI***	36,84%	0,00%	63,16%

Legenda: A avaliação percentual das classificações dos roteiros foi realizada quanto ao atendimento total, parcial ou não atendimento dos indicadores listados na Tabela 1. O indicador VI*** não está previsto nos roteiros de referência.

APÊNDICE A - Roteiro prático da primeira experimentação científica Instrumentos e métodos de medições de volumes

1. Informações gerais

- O grupo deve ser constituído preferencialmente por 3 a 4 alunos.
- O trabalho deve ser realizado e entregue no formato de vídeo (duração de 3 min a 6 min), devendo conter:
 - i) apresentação dos participantes;
 - ii) objetivos do trabalho;
 - iii) materiais e métodos utilizados;
 - iv) descrição e realização da experimentação científica;
 - v) resultados quantitativos e qualitativos obtidos;
 - vi) conclusões e;
 - vii) respostas das questões propostas no roteiro.
- Lembre-se sempre de que a experimentação científica deve responder às seguintes perguntas:

O QUE FOI FEITO?
COMO FOI FEITO?
O QUE FOI OBTIDO?
O QUE SE PODE CONCLUIR
COM O QUE FOI OBTIDO?

2. Objetivos da prática

Utilizar diferentes instrumentos físicos e métodos para medições da grandeza volume.

3. Materiais

Os seguintes materiais foram utilizados:

- 1 régua;
- 1 proveta graduada;
- 2 cilíndricos metálicos, com dimensões diferentes.

4. Procedimento teórico e experimental

- i) Com a régua, determinar o diâmetro (D) e altura (H) de cada cilindro e mostrar o valor da medição no vídeo.
- ii) O volume teórico de cilindro regular (V_C) é dado por: $V_C = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times H$, onde $\pi \approx 3,1415$. A partir dessa equação, determinar o volume teórico dos cilindros do item 4.1 em m^3 . Apresentar os valores dos cálculos no vídeo.
- iii) Preencher a proveta com água até um valor de graduação desejada (50 mL, por exemplo) e mostrar no vídeo.
- iv) Inserir (com cuidado) um dos cilindros na proveta. Anotar e mostrar no vídeo o valor da nova graduação de água na proveta. Repita o procedimento com o outro cilindro.
- v) A partir do princípio de Arquimedes (volume deslocado), determinar os volumes dos cilindros em m^3 . Apresentar os valores das medições e cálculos no vídeo!

5. Informações adicionais

Pesquise sobre:

- i) o princípio de Arquimedes (volume deslocado) para cálculo de volumes de sólidos;

- ii) cálculo do volume do cilindro;
- iii) conversão de unidades da grandeza volume.

Essas informações podem ser utilizadas no vídeo!

Responda no vídeo:

- i) O princípio de Arquimedes (volume deslocado) foi verificado?
- ii) Os valores obtidos de volume utilizando os dois métodos são próximos dos valores previstos pela teoria?
- iii) Qual medição foi mais precisa: com a régua ou com a proveta? Discuta!

LEMBRE-SE DE QUE NAS GRAVAÇÕES É IMPORTANTE DEIXAR CLARO AO AVALIADOR OS VALORES EXPERIMENTAIS OBTIDOS, ASSIM COMO O ALUNO QUE FOI RESPONSÁVEL PELA MEDIÇÃO!

PROCURE PELO MELHOR ÂNGULO PARA FAZER AS GRAVAÇÕES!!!

É IMPORTANTE QUE TODOS OS INTEGRANTES DO GRUPO ESTEJAM PRESENTES NO VÍDEO, QUANDO POSSÍVEL!

dos na Tabela 2 e sugerem que a maioria dos roteiros produzidos (> 63%) menciona e promove reflexões sobre os conceitos relacionados à exatidão e à precisão durante as medições, compreendendo que a presença de erros experimentais é uma ocorrência inerente ao método científico experimental. Não obstante, o registro de 36,84% do total de roteiros classificados como *Não atende* serve de alerta para que essa questão possa ser tratada de forma mais apropriada, minimizando a porcentagem dessa classificação em propostas futuras.

Os autores sugerem, além do aperfeiçoamento e aumento da realização de roteiros ao longo do ano, como aque-

les dispostos nos Apêndices (A e B), a proposta de práticas simplificadas para os alunos desde o início da disciplina, de modo que seja possível realizá-las sem uma infraestrutura laboratorial (em casa, por exemplo). Tais sugestões devem envolver a presença de erro não desprezível (obtenção de volume de um sólido irregular, obtenção de tempo de queda, por exemplo), com o intuito de demandar a necessidade de realização de um conjunto de medições e tratamento estatístico (realização de média aritmética, por exemplo).

Em relação à análise dos resultados obtidos sobre o item V (Reflexões sobre o tema), nota-se que a maioria dos roteiros propostos (quase 80%) contém

questionamentos aos experimentadores e/ou sugestões de procedimentos experimentais que colaboram com a resignificação de conceitos fundamentais sobre o tema em estudo. Em outras palavras, esses roteiros confeccionados não apresentam apenas uma sequência de passos experimentais a serem executados, mas também se preocupam em conduzir os leitores a reflexões sobre o conteúdo do tema em investigação. Esse é um resultado muito positivo (e talvez o mais significativo neste relato), pois é um indicador de que essa aprendizagem não ocorreu de forma, majoritariamente, mecânica, como no ensino tradicional, mas, sim, de forma significativa.

APÊNDICE B - Roteiro prático da segunda experimentação científica Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)

1. Informações gerais

- O grupo deve ser constituído preferencialmente por 3 a 4 alunos
- O trabalho deve ser realizado e entregue no formato de vídeo (duração de 3 min a 6 min), devendo conter:
 - i) apresentação dos participantes;
 - ii) objetivos do trabalho;
 - iii) materiais e métodos utilizados;
 - iv) descrição e realização da experimentação científica;
 - v) resultados numéricos obtidos;
 - vi) conclusões e;
 - vi) respostas das questões propostas no roteiro.
- Lembre-se sempre de que o método experimental científico deve responder às seguintes perguntas:

O QUE FOI FEITO?
COMO FOI FEITO?
O QUE FOI OBTIDO?
O QUE SE PODE CONCLUIR
COM O QUE FOI OBTIDO?

2. Objetivos da prática

Caracterizar um movimento retilíneo uniforme (MRU). Calcular a velocidade de um móvel em MRU. Prever a posição futura a ser ocupada por um móvel em MRU e construir gráficos.

3. Materiais

Os seguintes materiais foram utilizados:

- 1 plano inclinado graduado e articulável, com escala de 0° a 45° ;

- 1 tubo lacrado contendo glicerina, uma esfera de aço e bolha;
- 1 ímã;
- 1 cronômetro.

4. Procedimento teórico e experimental

- i) Inclinar o plano em 8° . Com o auxílio do ímã, posicionar a esfera na extremidade superior direita do tubo.
- ii) Liberar a esfera e acionar o cronômetro quando ela passar pela posição inicial $S_i = 0$ mm, anotando o tempo decorrido até ela passar pela posição final, $S_F = 100$ mm. Realizar esse procedimento três vezes e calcular a média aritmética das medições de tempo.
- iii) Repetir os itens 4.1 e 4.2 para as posições finais $S_F = 200$ mm e 300 mm.
- iv) Construir o gráfico da posição *versus* tempo a partir dos resultados dos itens 4.2 e 4.3 com lápis e régua no papel milimetrado (será providenciado pelo professor!).
- v) Determinar a velocidade do MRU da esfera por meio do método gráfico (tangente).
- vi) Obter a função horária para o movimento da esfera com base no resultado do item 4.5.
- vii) Prever (teoricamente) a posição da esfera no instante $t = 5$ s, utilizando a equação horária do item 4.6.
- viii) “Repetir” os procedimentos dos itens 4.1 e 4.2, mas, dessa vez, ano-

tando a posição da esfera no instante $t = 5$ s. Realizar três medições. Obter o valor médio da posição da esfera em $t = 5$ s.

5. Informações adicionais

Responda no vídeo:

- i) O gráfico do item 4.4 caracteriza um MRU? Justifique!
- ii) Compare os resultados obtidos nos itens 4.7 e 4.8. A equação horária do MRU foi validada experimentalmente? Discuta!
- iii) Quais são os principais erros de experimentação (dificuldades nas medições) ocorridos nesse trabalho? Discuta!
- iv) Qual é o propósito de se realizar três medições nos itens 4.2, 4.3 e 4.8? Justifique!

LEMBRE-SE DE QUE NAS GRAVAÇÕES É IMPORTANTE DEIXAR CLARO AO AVALIADOR OS VALORES EXPERIMENTAIS OBTIDOS, ASSIM COMO O ALUNO QUE FOI RESPONSÁVEL PELA MEDIÇÃO!

PROCURE PELO MELHOR ÂNGULO PARA FAZER AS GRAVAÇÕES!!!

É IMPORTANTE QUE TODOS OS INTEGRANTES DO GRUPO ESTEJAM PRESENTES NO VÍDEO, QUANDO POSSÍVEL!

Em relação ao indicador VI (Continuidade), registrou-se que mais de 36% dos roteiros incentivam a continuidade da experimentação em situações correlatas, além da descrição da sequência de passos para a realização central da prática. Esse foi um resultado muito positivo obtido nessa abordagem, pois tal indicador não está, nem de forma implícita, contido nos roteiros de referência (Apêndices A e B), o que indica, mais uma vez, a ocorrência de aprendizagem significativa durante essas avaliações. Além disso, é necessária uma ponderação sobre os mais de 63% classificados como *Não atende*. Diante dessa situação, sugere-se que, para as futuras

abordagens análogas a esse relato, dentro de sala de aula e/ou durante as oficinas, sejam apontados exemplos de conexão do conteúdo corrente de estudo na disciplina com áreas correlatas do conhecimento, além de atualizar os roteiros de referência propostos, de forma que contemplem a presença do indicador VI.

Como nota final, a análise dos roteiros, por meio dos indicadores propostos pelos autores desse trabalho, especialmente o indicador (VI), aponta para a necessidade de o professor refletir sobre sua prática docente, com o intuito de aperfeiçoar o processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas de física.

Essa observação está em consonância com a análise de [16], pois, apesar de os professores conceituarem suas práticas como muito produtivas, ainda há alunos com desempenho acadêmico insuficiente. Dessa forma, a postura de professor reflexivo criará um ambiente fértil para que seja potencializado o processo de ensino-aprendizagem de forma significativa.

5. Considerações finais

Neste trabalho, foi realizada uma análise qualitativa e quantitativa com base em um relato de caso na disciplina Física I. A referida disciplina foi ministrada, em 2019, a alunos do primeiro

ano do ensino técnico integrado em um *campus* do IFMG. Foi utilizada, para esse fim, a experimentação científica como forma de avaliação processual, com o intuito de propiciar um processo de ensino-aprendizagem significativo.

É importante destacar que a metodologia apresentada neste trabalho só foi possível ser empregada em virtude do alinhamento de disponibilidade entre o técnico laboratorista, o professor da disciplina, os alunos e do uso do Laboratório de Física. Dessa forma, não houve qualquer comprometimento por parte do conteúdo específico previsto na ementa da disciplina de Física I para a realização dessa avaliação curricular, embora tenha sido necessária a reserva de uma infraestrutura laboratorial por um total de 63 horas (3h/semana ao longo de 7 semanas de cada um dos 3 trimestres letivos), algumas dezenas de horas extraclasses dos alunos realizadas na instituição de ensino e a mobilização de dois profissionais (docente e técnico laboratorista) por igual período. Assim, a aplicação desta proposta deve ser dimensionada levando-se em conta a infraestrutura de laboratório presente na instituição, o projeto pedagógico de

curso e matriz curricular de curso dos discentes (relacionada à disponibilidade dos discentes) e a disponibilidade dos profissionais em educação para sua realização.

Neste contexto, com o intuito de otimizar a aplicação dessa metodologia, uma alternativa seria a proposta de roteiros experimentais que possam ser realizados pelos discentes fora do ambiente escolar (em casa), prevendo a utilização de materiais e instrumentos de medições acessíveis. A utilização de plataformas de simulação computacional e/ou de outros produtos educacionais pertinentes também deve ser considerada como suportes didáticos para este fim, além de permitirem o uso de materiais potencialmente significativos e a diversificação metodológica de ensino, corroborando para um cenário frutífero para a ocorrência de aprendizagem significativa. Desta maneira, é possível reduzir possíveis sobrecargas de horas de atividades por semana proporcionada por uma única disciplina, evitando a necessidade de realizá-las estritamente de forma presencial na instituição, envolvendo a mobilização de alunos, professores e técnicos laboratoristas e a re-

serva de infraestrutura laboratorial por um amplo período.

Além de todas as sugestões de intervenções pedagógicas levantadas ao longo deste trabalho, os autores esperam que ambos os resultados dessas análises e a prática docente possam ser aperfeiçoados por meio do aprimoramento e da aplicação de mais roteiros experimentais orientados ao longo do ano, diferentemente dos “dois” executados neste estudo (Apêndices A e B). Um maior quantitativo de atividades realizadas de forma ativa pelos discentes propicia uma utilização continuada dos conhecimentos prévios dos alunos como ponto de partida para um novo aprendizado (aprendizagem pela experiência) e evita o costumeiro aprendizado mecânico, potencializado a ocorrência de aprendizagem significativa. Por fim, os autores deste artigo esperam que a metodologia apresentada seja aplicada em outras áreas de conhecimento e em outros níveis de ensino, quando possível (graduação, especialização etc.).

Recebido em: 28 de Outubro de 2020

Aceito em: 24 de Abril de 2021

Referências

- [1] L.G.C. Costa, M.A. Barros, *O Ensino da Física no Brasil: Problemas e Desafios* (Editora Poisson, Belo Horizonte, 2019), p. 112-122.
- [2] M.A. Moreira, *Estudos Avançados* **32**, 73 (2018).
- [3] M.A. Moreira, *Aprendizagem significativa: a Teoria e Textos Complementares* (Livraria da Física, São Paulo, 2011).
- [4] A. Pelizari, M.L. Kriegl, M.P. Baron, N.T. Finck, S.I. Dorocinski, *Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel* (PEC, Curitiba, 2002).
- [5] T.D. Admiral, *A Física na Escola* **18**(2), 93 (2020).
- [6] P. Bedaque, P.S. Bretones, *A Física na Escola* **17**(1), 39 (2019).
- [7] M.B. Ilibio, M. Girardi, *A Física na Escola* **18**(2), 49 (2020).
- [8] T.M. dos Reis, *A Física na Escola* **17**(1), 68 (2019).
- [9] M.A.A. da Silva, T.A.S.M. Sampaio, *A Física na Escola* **18**(2), 3 (2020).
- [10] J.F. Caballero, C. Moreira, *Aprendizagem Significativa em Revista* **3**, 41 (2013).
- [11] A.M. Toigo, M.A. Moreira, S.S.C. da Costa, *Aprendizagem Significativa em Revista* **1**, 76 (2011).
- [12] M.A. Franco, J.C. Libâneo, S.G. Pimenta, *Cadernos de Pesquisa* **37**, 63 (2007).
- [13] J. Bruner, *The Process of Education* (Harvard University, Cambridge, 1977).
- [14] D.P. Ausubel, *Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel* (Hucitec, São Paulo, 1995).
- [15] PHET Interactive Simulations, *Simulações*. 2020. Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics, acesso em 20 out. 2020.
- [16] H.N. Ávila, *Metodologias Ativas no Ensino Médio Integrado: Uma Proposta para a Educação Integral*. Dissertação de Mestrado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologias de Minas Gerais, Campus Ouro Branco, 2020.