

FÍSICA EXPERIMENTAL EM CASA: ENFRENTAMENTO À PANDEMIA DE COVID-19

Experimental physics at home: a response to the COVID-19 pandemic

Giuseppi Gava Camiletti [giuseppi.camiletti@ufes.br]

Carlos Augusto Cardoso Passos [carlos.passos@ufes.br]

Ernani Vassoler Rodrigues [ernani.rodrigues@ufes.br]

*Universidade Federal do Espírito Santo
Av. Fernando Ferrari, 514, 29075-910 - Vitória - ES, Brasil. Centro de Ciências Exatas,
Departamento de Física, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.*

Recebido em: 03/01/2023

Aceito em: 05/07/2023

Resumo

Neste trabalho reportamos a implementação, em uma universidade pública brasileira, de uma disciplina de Física Básica Experimental totalmente em casa. Relatamos os experimentos utilizados e as adaptações procedidas de modo a enfrentar o distanciamento social imposto pela pandemia de COVID-19. Apresentamos também um quadro conceitual ancorado no engajamento dos alunos, dentro do qual os experimentos foram propostos. Concluiu-se do processo que as adaptações feitas, associadas a ações afirmativas da instituição, viabilizaram a disciplina, mitigando os prejuízos de desenvolvimento intelectual e acadêmico dos alunos devido à necessidade de distanciamento social.

Palavras-chave: Experimentos Feitos em Casa, Ensino Remoto, Mecânica Clássica, Engajamento

Abstract

In this work we report the implementation of an introductory experimental physics course for full-time home-school students, in a Brazilian public university. We describe the experiments used and the adaptations made to respond to the social distancing imposed by the COVID-19 pandemic. We also present a conceptual framework anchored in student engagement, within which the experiments were framed. We concluded from the process that the adjustments made, associated with the institution's affirmative actions, made the course viable, mitigating the losses of intellectual and academic development of the students due to the need for social distancing.

Keywords: Experiments at Home, Remote Education, Classical Mechanics, Engagement

I. Introdução

¹A pandemia de COVID-19 (OMS, 2020) acelerou a implementação de soluções para a educação remota em todos os níveis de escolaridade ao redor do globo (Tadesse S.; Muluye, 2020). Neste momento pandêmico, a chamada “educação remota emergencial” (ERE) se tornou, na duração da pandemia, a principal forma de atuação dos sistemas educacionais em muitos países. Entretanto isto se tornou um desafio, particularmente para países em desenvolvimento, uma vez que os obstáculos como desigualdade digital e a falta de uma infraestrutura adequada afetaram as iniciativas para manter o sistema de ensino funcionado (Khlaif et al., 2021).

Isso exigiu das diferentes esferas governamentais de tomada de decisão um amplo esforço para enfrentar a disseminação da doença. No ecossistema educacional, medidas de prevenção como a suspensão das aulas nas instituições de ensino e a restrição da presença física de funcionários, foram tomadas (UFES, 2020b). Como consequência, o processo de ensino-aprendizagem na graduação precisou ser reformulado para que as aulas ocorressem de maneira remota.

Essa modalidade foi implementada por necessidade e com urgência e, justamente por isso, sem o necessário tempo de adaptação. Soluções ad hoc foram utilizadas visando, em última instância, evitar o congelamento do desenvolvimento acadêmico e intelectual de toda uma geração de jovens físicos e professores de Física. No que concerne às disciplinas de Física Experimental (FE) na graduação, o desafio se mostrou um tanto maior e documentam-se adaptações necessárias para sua viabilidade (Dark, 2021). Tipicamente são disciplinas trabalhadas intra-campus, em laboratórios estruturados e pensadas para expor os alunos a situações de validação de leis, verificação de grandezas físicas a partir de aparatos experimentais e o trabalho com propagação de incertezas em medidas.

Se, de um lado, esse tipo de trabalho muitas vezes inclui roteiros fortemente estruturados, levando a processos que carecem de adequada reflexão por parte dos alunos, suscitando pertinente crítica (Heidemann; Araujo; Veit, 2016), de outro lado, em tempos pré-pandêmicos, propor que um curso de FE (seja na licenciatura, seja no bacharelado) ministrado sem a estrutura laboratorial adequada não se considerava, uma vez que apontaria um desacordo com o indicador 3.8 do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES, 2017). Mesmo nos casos de cursos na modalidade à distância, tal estrutura se exige estar presente em um polo de apoio presencial do curso. Pressupunha-se a disponibilidade da infraestrutura presente nas instituições de ensino superior sob pena de, na ausência, a instituição sequer ser autorizada a ofertar um curso de Física. A necessidade do distanciamento social subverteu mesmo essa diretriz institucional. Evidencia-se que, nas demandas didático-experimentais da Física, a pandemia expôs a todos a situações que esferas institucionais sequer consideravam.

Destacam-se esforços pré-pandêmicos por uma inclusão de experimentos virtuais nas aulas de FE (Lang, 2012). De fato, a implementação emergencial de cursos de FE por meio de vídeos demonstrativos e experimentos virtuais foi solução utilizada por alguns departamentos de Física em território nacional, por vezes considerando reposição de atividades experimentais no futuro, ocasião na qual os alunos poderiam ter contato com o experimento in loco (USP, 2021), por vezes, utilizando simuladores computacionais em vez do experimento in situ (UNICAMP, 2020). Nossa proposta se diferenciou dessas outras no sentido de que os experimentos, a produção de registro e a coleta de dados foram mantidos, mas de forma adaptada tal que os alunos o fizessem em suas casas.

Iniciativas contemporâneas de ressignificação das atividades experimentais de Física, apontam vantagens em roteiros experimentais menos estruturados (i.e. mais abertos) e com mais protagonismo do aluno (Heidemann; Araujo; Veit, *op. cit.*). Mas a intenção de ser operacionalizar um

¹ Uma versão preliminar deste trabalho foi apresentada na 3rd WCPE - *World Conference on Physics Education*, Hanoi, Vietnam, 2021.

curso de FE totalmente em casa demandou um suporte mais estruturado, com roteiros mais estritos, explicitando detalhadamente as adaptações que permitiram a viabilidade dos processos experimentais. Defendemos, em vez de tirar protagonismo do aluno, os roteiros mais estruturados serviram de apoio para que os protagonismos dos estudantes pudessem ser exercidos. Iniciativas semelhantes são documentadas em outras partes do globo (Pols, 2020; Gamage et al., 2020; Fox et al., 2021). Isso indica que a migração de atividades experimentais em cursos universitários de Física para o lar dos estudantes se mostrou uma forma de responder e enfrentar os obstáculos impostos pelo surto global da doença causada pelo vírus SARS-CoV-2 (Coronavirus of Severe Acute Respiratory Syndrome 2).

Este trabalho, então, tem como objetivo publicizar o processo de adaptação de atividades experimentais em uma universidade pública brasileira para um curso de FE feito totalmente em casa, destacando materiais de baixo custo utilizados, discutindo soluções encontradas para demandas tanto pragmáticas quanto pedagógicas do processo e propondo uma reflexão sobre desafios desse tipo de solução para o ensino.

II. Estruturação da disciplina

Após mais de 150 dias sem atividades docentes, em agosto do ano de 2020 a Universidade Federal do Espírito Santo onde a disciplina foi implementada aprovou a retomada de atividades didáticas, porém na forma totalmente on-line, naquilo que ficou denominado por Ensino-Aprendizagem Remoto Temporário e Emergencial (EARTE) (UFES, 2020a). Em maio do ano seguinte o Departamento de Física da universidade aprovou a oferta da disciplina de Física Experimental 1, proposta para que os estudantes executassem roteiros experimentais em suas próprias residências.

As atividades elaboradas para disciplina teriam etapas que caracterizassem o trabalho experimental, adaptando processos que tipicamente são feitos em laboratório de Física introdutória no ensino superior. Isso incluiu (i) montagem do experimento, porém com materiais alternativos, (ii) registro e análise de dados, com tratamento adequado de incertezas e (iii) discussão dos resultados com debate síncrono entre os pares. Foram também adaptados os textos-base em que se resumiam os pilares teóricos que subsidiavam cada experimento e os roteiros de ordem prática, indicados a dar suporte à parte experimental. Os materiais selecionados foram utensílios e aparatos comumente disponíveis em casa ou que pudessem ser adquiridos a baixo custo em comércios locais.

Diante da impossibilidade dos alunos acessarem aparatos analógicos de coleta de dados comumente utilizados em disciplinas de FE introdutória, como faiscador (Pupo; Ziemath, 2004) ou trilho de ar e sensores (Laudares; Lopes; Cruz, 2004), optou-se pela implementação de sistemas digitais de coleta de dados, automatizando o processo. A coleta automatizada de dados em aulas de FE é defendida há tempos (Haag; Araujo; Veit, 2005). A demanda imposta pela pandemia fez acelerar a implementação de ferramentas digitais de análise – o que outrora fora uma proposta de melhoria, agora se tornava necessidade. Dentre elas, destacamos o Tracker² para videoanálise, que possui ampla gama de potencialidades na experimentação em Física (Cavalcante; Tavolaro, 2018; Bonventi; Aranha, 2015). Também o Phyphox³ que faz do smartphone uma central de conversão A/D (analógico para digital) para medições de grandezas físicas, a partir dos sensores presentes no próprio aparelho, algo que também apresenta possibilidades vantajosas na experimentação em Física (Carroll; Lincoln, 2020; Pedroso et al., 2020). Em alguns dos experimentos, recomendou-se a utilização do programa SciDavis⁴, cuja validação é consolidada na comunidade de ensino de Física (Rocha; Marranghello;

² <https://physlets.org/tracker/>

³ <https://phyphox.org/>

⁴ <http://scidavis.sourceforge.net/>

Lucchese, 2018; Franco; Marranghello; Rocha, 2016), de modo a lidar com análise e plotagem de funções mais complexas.

II.1 Público atendido

A disciplina foi ofertada para dois semestres (2021/1 e 2021/2) e atendeu mais de 200 graduandos divididos entre os cursos de Física (tanto bacharelado quanto licenciatura), Engenharias e Licenciatura em Química. Quatro professores participaram da oferta no modo adaptado. A carga horária de 30 horas foi ministrada em 15 encontros síncronos com duração de duas horas. O conteúdo programático foi constituído de uma parte inicial abordando noções sobre Teoria de Erros em duas aulas síncronas. Para cada experimento, foi utilizada uma aula para discutir o conteúdo e dar orientações básicas para a execução do experimento e uma aula para a discussão coletiva dos relatórios dos grupos de alunos. Esta etapa totalizou 12 aulas. Uma aula foi utilizada para a aplicação de uma avaliação individual final. A nota foi constituída da seguinte forma: 10% em questionários on line sobre teoria de erros, 50% em notas de relatórios e 40% em nota da avaliação individual.

II.2 Aulas

Foi utilizada uma plataforma de Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) da universidade⁵ como sala virtual da disciplina, onde roteiros, textos, atividades assíncronas e avaliações eram postadas. Os encontros síncronos ocorreram na plataforma que a universidade oficialmente utilizava⁶. Havia controle da presença dos alunos, feito pela participação nas aulas síncronas, com a apresentação e discussão tanto da parte teórica pré-experimento quanto os aparatos montados e utilizados por eles. Também nas aulas síncronas, os relatórios pós-experimento eram discutidos e itens que suscitaram dúvidas eram debatidos e sistematizados.

Os experimentos eram feitos em grupos de 2 a 4 estudantes e caso algum aluno não tivesse acesso ao material necessário para execução de algum roteiro ou ficasse impedido de sair de casa, recomendou-se que um dos membros do grupo cuidasse da montagem experimental e da coleta de dados. Para cada experimento, uma lista de materiais e instrumentos de medida foi sugerida, embora adaptações e ajustes às realidades individuais eram possíveis.

De modo a sistematizar a apresentação, propôs-se que os relatórios fossem escritos em formulários on-line, compartilhados com cada grupo, permitindo a atualização automática de qualquer modificação realizada. Com isso, mesmo nos casos em que somente um estudante montava o aparato, todos os integrantes do grupo puderam trabalhar ativa e remotamente de modo colaborativo na redação dos relatórios. Outro aspecto vantajoso é que, para o docente, o acompanhamento e a correção foram facilitados e os *feedbacks* específicos sobre cada resposta e discussão apresentada pelos grupos pôde ser dado imediatamente e de forma personalizada para cada grupo.

III. Quadro conceitual para estruturação das atividades

Conforme propostas, as atividades da disciplina podem ser conceituadas como atividades claramente estruturadas (Csikszentmihalyi, 1992). Nesse tipo de atividade, uma participação fluida e produtiva é promovida a partir das premissas: (a) um conjunto de regras relativamente claras, permitindo ao participante saber como atuar no processo; (b) do espaço para ação e autoexpressão dos participantes, de modo que a atividade ganhe um sentido de propriedade para eles e; (c) do pronto *feedback*, tal que o participante possa avaliar sua ação na atividade, corrigindo caminhos e produzindo auto-regulações.

⁵ <https://ava.ufes.br/>

⁶ <https://meet.google.com>

A estruturação clara vem sendo defendida como positiva na promoção do engajamento fluido e sustentado em atividades de ensino (Azevedo; Disessa; Sherin, 2012), promovendo aos estudantes um canal de equilíbrio entre desafio.

Nos experimentos da disciplina (Fig. 1), os roteiros faziam o papel das regras claramente estabelecidas (a); a ação dos alunos frente a montagem do experimento era um espaço para autoexpressão, pois mesmo que o roteiro indicasse um caminho possível, os alunos podiam adaptar a montagem (b); e ainda pela confecção de um relatório de modo online, os professores forneciam feedbacks bem como os pares podiam fornecê-los durante a apresentação ao coletivo nas aulas síncronas (c) proposto e habilidades disponíveis, permitindo um desenvolvimento incremental.

Na preparação dos experimentos, apresentava-se uma breve discussão sobre a montagem experimental e uma figura esquemática e propunha-se uma discussão resumida sobre o conteúdo envolvido em cada experimento. Durante as aulas síncronas, antes da realização de cada experimento, procedia-se uma discussão mais detalhada sobre o conteúdo abordado, incluindo a demonstração e discussão de equações, leis ou resultados teóricos de referências a serem utilizados na execução do experimento.

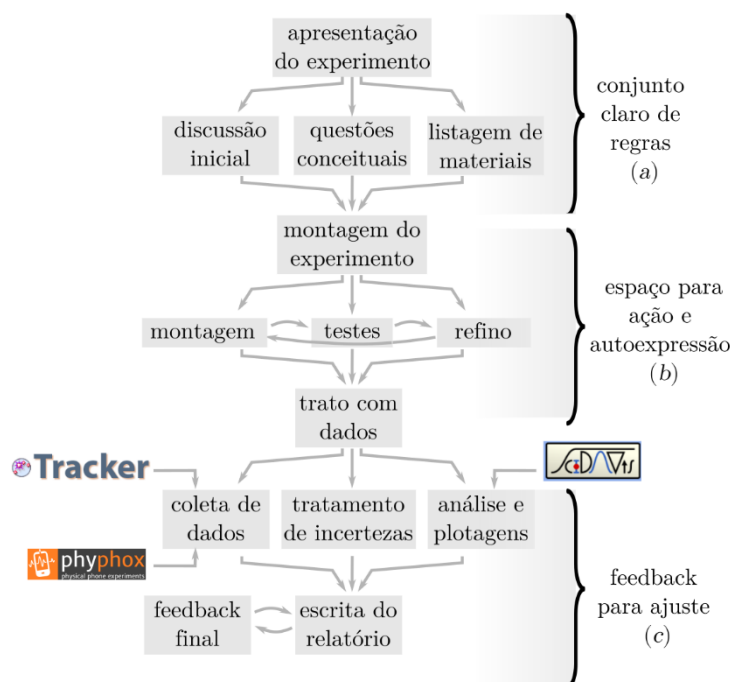


Figura 1 – Estrutura de engajamento das atividades experimentais da disciplina.

Dada a percepção da necessidade de uma discussão teórica mais ampla sobre os experimentos, no semestre de re-oferta da disciplina, incluiu-se a utilização de testes conceituais versando sobre os conteúdos específicos de cada experimento, com o objetivo de ativar o campo de saber que subsidiaria as ações seguintes dos estudantes. A dinâmica utilizada importou contornos de aprendizagem baseada em equipes (Oliveira; Araujo; Veit, 2016) e constava de um momento pré-aula com respostas individuais dos alunos, seguido de discussão dentro dos grupos de trabalho e finalizando com discussão aberta e debate de divergências. Esse compartilhamento se mostrou vantajoso em relação ao primeiro semestre, permitindo que os alunos chegassem mais preparados e confiantes para a execução do experimento.

IV. Das atividades experimentais

Para a disciplina, um total de 6 experimentos foi proposto. Atinente a um curso de FE-1, abordavam temas da mecânica clássica como Leis de Newton para movimento de translação, Pêndulo simples, Deformações elásticas, Colisões, Dinâmica de rotações e movimento com arrasto. Buscou-se adaptar, para cada experimento, propostas previamente publicadas em periódicos indexados no âmbito do Ensino de Física.

No experimento sobre a Segunda Lei de Newton para movimento de translação (Fig. 2, exp.01), utilizou-se a Máquina de Atwood Modificada (Parreira, 2018), mas sem que os alunos utilizassem roldanas. Os corpos em movimento eram caixinhas de creme de leite ou similar, com valores das massas medidos por um professor, com balança de precisão da universidade. Partimos do princípio que tais caixas são padronizadas, garantindo que todas tinham a mesma massa. O intervalo de incerteza estimado nas medidas foi de 0,5 g.

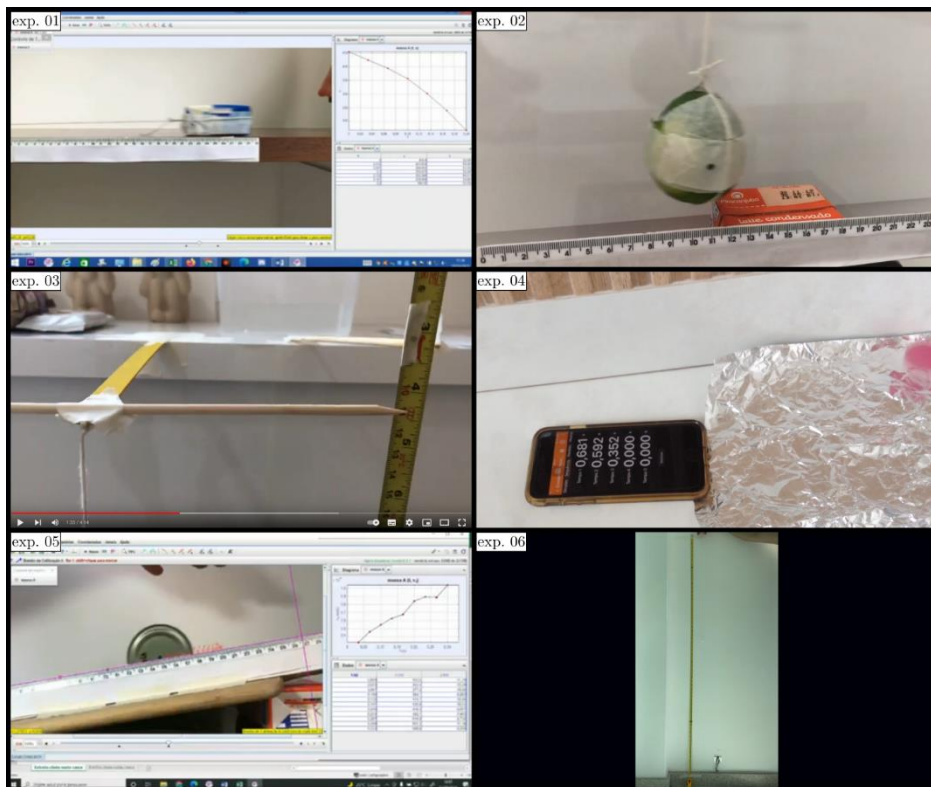


Figura 2 – Exemplos de execução de cada um dos experimentos propostos.

O experimento do Pêndulo simples (Fig. 2, exp.02) possuía duas etapas. Numa delas, um número pequeno de oscilações ($N = 10$) era mapeado com vídeo-análise, adaptado de proposta recente (Landeira et al., 2020), e buscando-se avaliar a aceleração da gravidade local. Na etapa seguinte, um número bem maior de oscilações ($N = 70$) era mapeado e um pêndulo simples amortecido era tratado como uma adaptação da proposta do pêndulo físico amortecido (Bonventi; Aranha, 2015), de modo que com o apoio do software de análise, o coeficiente de amortecimento era encontrado e um novo valor da aceleração da gravidade era computado e confrontado com o valor prévio que desconsiderava arrastos.

O experimento da Deformação elástica foi proposto com a flexão de uma haste metálica (Fig. 2, exp.03), discutindo os limites de comportamento da haste em acordo e em desacordo com a lei de Hooke (Aranha et al., 2016). Para o estudo das colisões inelásticas, recuperou-se uma proposta de sua análise a partir de transientes sonoros (Cavalcante et al., 2002) que mais recentemente fora adaptada para uso do Phyphox como cronômetro de disparo sonoro (Hikmatiar; Ishafit; Wahyuni, 2019) (Fig.

2, exp.04) e os alunos eram solicitados a computar e discutir o coeficiente de restituição de diferentes esferas colidindo com diferentes tipos de piso. Para o experimento com dinâmica de rotações (Fig. 2, exp.05), propôs-se, a partir de vídeo-análise (Suwarno, 2017; Silva; Cruz, 2020), a comparação de diferentes momentos de inércia de corpos em movimento acelerado. No sexto e último experimento, tomou-se de propostas já consolidadas (Wee et al., 2012; Sirisathitkul et al., 2013) a montagem adaptada de um aparato para vídeo-análise de queda vertical, com força de arrasto (Fig. 2, exp.06), para avaliar experimentalmente a constante de arrasto envolvida.

Os roteiros oferecidos foram estruturados buscando uma padronização de etapas. Na seção de Execução, as listas de materiais sugeridos eram apresentadas, bem como os instrumentos e softwares necessários para a montagem e realização do experimento e como o processo de coleta de dados poderia ser feito. Para cada experimento, foram produzidos e disponibilizados vídeos de referência, com a montagem e o procedimento de coleta dos dados sugerida. Os links para os vídeos estão disponíveis em cada roteiro (Camiletti, 2021). Na seção sobre análises e discussões, são apresentadas orientações para as análises dos dados, cálculos intermediários, perguntas sobre procedimentos para a determinação de incertezas, comparação e explicação de resultados encontrado. Na seção de conclusão, nos roteiros, as perguntas apresentadas retomam os objetivos do experimento onde os alunos devem concluir se eles foram ou não alcançados.

V. Lições do processo

A estruturação dos experimentos, com adaptações feitas para que fossem plenamente executados em casa e com ampla utilização de aplicativos gratuitos multiplataforma, se mostrou adequada para a realização das atividades experimentais em casa e como ação de enfrentamento à pandemia de COVID-19. Não foram reportadas pelos alunos impedimentos para a montagem e execução dos experimentos. Em ciclos de *feedback* dos discentes, ao final do primeiro semestre de implementação, obtivemos relatos de uma vivência positiva no processo:

“Das explicações para os fenômenos que vemos experimentalmente pois mesmo que já tenhamos estudado algumas coisas, ver isso na realidade ajuda muito no entendimento, quanto ao fato de estarmos tendo que fazer isso de casa acho muito interessante podermos demonstrar isso com coisas que temos em casa.” [Estudante X]

“Fazer os experimentos e perceber a beleza da ciência nas diversas situações. Não dá pra entender tudo de cara, mas observar, por exemplo, o comportamento de uma haste e descobrir a não linearidade ou VER a força de arrasto no tracker e medir a aceleração da gravidade são experiências magníficas. Isso sai da rotina de ficar lendo livro texto, revendo aula e fazendo inúmeros exercícios para aprender a teoria (calc1 e fis1, por exemplo).” [Estudante Z]

Sobre as principais dificuldades enfrentadas, os estudantes reportaram que, principalmente nos primeiros experimentos, a lida com o software de vídeoanálise precisou de um período de adaptação. Como o programa de computador avalia pixels na tela, as filmagens de menor luminosidade, tanto pelo aumento automático da sensibilidade ISO das câmeras de celulares, quanto pelo aumento do tempo de exposição em cada quadro, formando borrões, confundem o algoritmo da vídeo-análise, levando à necessidade de “perseguir” os pontos de referência manualmente. Houve também relatos de dificuldades para adquirir materiais, como foi o caso das bolinhas de gude e de borracha (experimento 5 sobre colisões inelásticas). Por fim, houve relatos de falta de tempo ou dificuldade de conciliar horários entre os integrantes dos grupos para realizar as análises e discutir as questões apresentadas nos roteiros.

Tais relatos não incluíram dificuldade de acesso a computador e celular. Isso pode, possivelmente, ser atribuído a uma ação afirmativa da universidade, em apoio a estudantes em situação de exclusão digital, denominada Auxílio Inclusão Digital Emergencial (UFES, 2021). Tal auxílio incluía desde chip com acesso à internet a valores em dinheiro a depender da demanda do

estudante. Tal investimento público para mitigação de desigualdades se mostrou fundamental para viabilização da disciplina e ensina que tempos de crise profunda demandam investimento público prioritariamente destinado a parcelas da população composta por cidadãos mais vulneráveis.

Do ponto de vista da implementação de atividades avaliativas, o processo de ensino envolvido na execução de tarefas síncronas, por toda sorte de desajustes técnicos e operacionais, pode ser problemática. Por isso, optou-se por propor atividades avaliativas de modo assíncrono, dentro de uma janela temporal que pudesse acomodar diferentes circunstâncias impeditivas.

Sobretudo, dada a união dos docentes, numa convergência de intenções e visando o apoio aos estudantes, os tempos de crise da situação ensinaram que o ensino de Física, assim como outras atividades educacionais, precisa de adaptações ao inesperado e disposição dos docentes a se lançarem ao incerto. Mesmo que cada docente envolvido, exercendo sua própria autoexpressão, tenha feito pequenos ajustes ao processo, uma unidade se construiu no sentido de, mesmo sem a infraestrutura esperada, não desamparar a comunidade discente.

VI. Considerações finais

Neste trabalho, um processo de adaptação de atividades experimentais para uma disciplina de FE feito totalmente em casa foi compartilhado. Apresentaram-se os materiais de baixo custo utilizados, as soluções encontradas para demandas pedagógicas e práticas, bem como algumas das dificuldades e das lições obtidas do processo de resposta às limitações impostas pela pandemia de COVID-19.

Mesmo distantes do campus e dos professores, os estudantes puderam proceder a montagem, a execução, a coleta de dados com determinação de incertezas e suas propagações além da análise dos resultados e com discussão coletiva. Disso, conclui-se que grande parte dos aspectos do trabalho experimental da Física foram garantidos.

Embora o ensino remoto não substitua a interação face a face, a legitimidade dos processos pode ser garantida em suas peculiaridades e consideradas adaptações necessárias. Dada a acessibilidade metodológica e estruturação das atividades, ancorada em uma teoria do engajamento (Csikszentmihalyi, 1992; Azevedo; Sherin et al., 2012), a presente proposta de ensino de FE, em casa, se mostrou viável para o desenvolvimento acadêmico e intelectual dos alunos.

A depender da situação, ajustes no processo de uma FE em casa são cabíveis. Desde a proposição de que os estudantes tragam as questões de pesquisa e os processos inerentes a serem explorados (Heidemann; Araujo; Veit, 2016), distribuindo de modo mais efetivo a autoridade epistêmica do processo, até ajustando variáveis pragmáticas subjacentes aos experimentos, como uma iluminação mais adequada para uma vídeo-análise mais eficiente.

Destacamos o importante papel que a vinculação dos docentes envolvidos na construção da solução emergencial remota que aqui apresentamos a orientações e a projetos de pesquisa desenvolvidos no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), vinculado à Sociedade Brasileira de Física. Ressalta-se que aquele programa de pós-graduação serviu de incubadora das ideias e das propostas que escolhemos trazer para esta ação de ensino.

Por fim, entendemos que a pandemia de COVID-19 exigiu da comunidade docente em Física uma nova organização institucional e pedagógica e que as ações de enfrentamento à crise sanitária global explicitaram que, mesmo lançando mão de todo o aparato digital disponível para a execução dos experimentos e mesmo com sua execução bem sucedida, são os aspectos humanos do processo, tanto nas relações docente-discente quanto nas relações institucionais, que permitem a manutenção do ensino da Física em tempos de crise.

Referências

- Aranha, N. et al. (2016). A lei de hooke e as molas não-lineares, um estudo de caso. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Acesso em 02 jan., 2023, <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0102>.
- Camiletti. (2021) Links para vídeos de apoio à construção e execução dos experimentos em casa. Acesso em 02 jan., 2023, <https://drive.google.com/file/d/1NhtYntlVSpOvVvcV3AR3xRZaiWjuOiam/view?usp=sharing>.
- Azevedo, F. S.; diSessa, A.; Sherin, B. L. (2012). An evolving framework for describing student engagement in classroom activities. *The Journal of Mathematical Behavior*. Acesso em 02 jan., 2023, <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2011.12.003>.
- Bonventi, W. J.; Aranha, N. (2015). Estudo das oscilações amortecidas de um pêndulo físico com o auxílio do “tracker”. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Acesso em 02 jan., 2023, <https://doi.org/10.1590/S1806-11173721728>.
- Carroll, R.; Lincoln, J. (2020). Phyphox app in the physics classroom. *The Physics Teacher*, v. 58, n. 8, p. 606–607, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1119/10.0002393>.
- Cavalcante, M. A. et al. (2002). O estudo de colisões através do som. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Acesso em 02 jan., 2023, <https://doi.org/10.1590/S1806-11172002000200011>.
- Cavalcante, M. A.; Tavolaro, C. R. (2018). Espectroscopia com novas tecnologias: o tracker como ferramenta. *Revista do Professor de Física*. Acesso em 02 jan., 2023, <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/download/19962/18383>.
- Csikszentmihalyi, M. (1992). Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness. New York: Cambridge University Press.
- Dark, M. L. (2021). Teaching an introductory optics lab course online. *Physics Education*. Acesso em 02 jan., 2023, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ac080c>.
- Fox, M. F. et al. (2021). Lab instruction during the covid-19 pandemic: Effects on student views about experimental physics in comparison with previous years. *Physical Review Physics Education Research*. Acesso em 02 jan., 2023, <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.010148>.
- Franco, R. d. S.; Marranghello, G. F.; Rocha, F. S. (2016). Medindo a aceleração de um elevador. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Acesso em 02 jan., 2023, <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173812097>.
- Gamage, K. A. et al. (2020) Online delivery of teaching and laboratory practices: continuity of university programmes during covid-19 pandemic. Acesso em 02 jan., 2023, <https://doi.org/10.3390/educsci10100291>.
- Haag, R.; Araujo, I. S.; Veit, E. A. (2005). Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? *Física na escola*. Acesso em 02 jan., 2023, <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/116432/000534649.pdf?sequence=1>.
- Heidemann, L. A.; Araujo, I. S.; Veit, E. A. (2016) Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: Uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Acesso em 02 jan., 2023, <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173812080>.

- Hikmatiar, H.; Ishafit, I.; Wahyuni, M. E. (2019). Determination the coefficient of restitution in object as temperature function in partially elastic collision using phyphox application on smartphone. *Science and Technology Indonesia*. Acesso em 02 jan., 2023, <https://doi.org/10.26554/sti.2019.4.4.88-93> .
- Khlaif, Z. N. et al. (2021). The hidden shadow of coronavirus on education in developing countries. *Online Learning*, Acesso em 02 jan., 2023, <https://doi.org/10.24059/olj.v25i1.2287> .
- Ladeira, J. et al. (2020). Pêndulo simples: Tracker x Phyphox. *Revista do Professor de Física*. Acesso em 02 jan., 2023, <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/download/32312/27380/82529> .
- Lang, J. (2012). Comparative study of hands-on and remote physics labs for first year university level physics students. *Transformative Dialogues: Teaching and Learning Journal*, Acesso em 02 jan., 2023, <https://td.journals.psu.edu/td/article/download/1363/817> .
- Laudares, F.; Lopes, M. C.; Cruz, F. A. (2004). Usando sensores magnéticos em um trilho de ar. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Acesso em 02 jan., 2023, <https://doi.org/10.1590/S1806-11172004000300007> .
- Oliveira, T. E. de; Araujo, I. S.; Veit, E. A. (2016). Aprendizagem baseada em equipes (team-based learning): um método ativo para o ensino de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Acesso em 02 jan., 2023, <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2016v33n3p962> .
- OMS. (2020). WHO Director-General’s opening remarks at the media briefing on COVID-19 – 11 March 2020. Acesso em 02 jan., 2023, <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> .
- Parreira, J. E. Um curso de mecânica com o uso do programa de vídeo-análise tracker. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Acesso em 02 jan., 2023, <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p980> .
- Pedroso, L. S. et al. (2020). Experimentos de baixo custo utilizando o aplicativo de física phyphox. *Latin-American Journal of Physics Education*, Acesso em 02 jan., 2023, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7840890> .
- Pols, F. (2020). A physics lab course in times of covid-19. *Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, Acesso em 02 jan., 2023, <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1261593.pdf> .
- Pupo, H. C.; Ziemath, E. C. (2004). Determinação do momento de inércia de um volante usando um faiscador. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Acesso em 02 jan., 2023, <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9901/9235> .
- Rocha, F. S. da; Marranghello, G. F.; Lucchese, M. M. (2018). “m-learning” aplicado ao ensino de física experimental através de um pêndulo físico amortecido magneticamente. *Revista de Enseñanza de la Física*, Acesso em 02 jan., 2023, <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/22742/22353> .
- Silva, V. A. da; Cruz, F. A. de O. (2020). Determinação do momento de inércia de um anel não homogêneo com uso da análise de vídeo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Acesso em 02 jan., 2023, <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n2p944> .

- Sirisathitkul, C. et al. (2013). Digital video analysis of falling objects in air and liquid using tracker. *Revista Brasileira de ensino de Física*, Acesso em 02 jan., 2023, <https://www.scielo.br/j/rbef/a/FcfVyHXVfVwZ9VQM7L43pyC/?format=pdf&lang=en> .
- SINAES. (2017). Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior Instrumento de avaliação de cursos de graduação presencial e a distância. Acesso em 02 jan., 2023, <https://url.gratis/FhPVrh> .
- Suwarno, D. U. (2017). Analysis of rotating object using video tracker. *Journal of Science & Science Education*, Acesso em 02 jan., 2023, <https://doi.org/10.24246/josse.v1i2p75-80> .
- Tadesse S.; Muluye, W. (2020). The impact of covid-19 pandemic on education system in developing countries: a review. *Open Journal of Social Sciences*, Acesso em 02 jan., 2023, <https://doi.org/10.4236/jss.2020.810011> .
- UFES. (2020a). UFES suspende atividades presenciais a partir desta terça-feira, 17 de março. 2020. Acesso em 02 jan., 2023, <https://coronavirus.ufes.br/conteudo/ufes-suspende-atividades-presenciais-partir-desta-terca-feira-17-de-marco> .
- UFES. (2020b). Ensino-Aprendizagem Remoto Temporário e Emergencial. 2020. Acesso em 02 jan., 2023, <https://prograd.ufes.br/ensino-aprendizagem-remoto-temporario-e-emergencial-earte> .
- UFES. (2021). Auxílio Inclusão Digital Emergencial. 2021. Acesso em 02 jan., 2023, <https://proaeci.ufes.br/inclusao-digital-emergencial> .
- UNICAMP. (2020). IFGW se desdobra para manter qualidade de ensino durante isolamento. Acesso em 02 jan., 2023, <https://portal.ifi.unicamp.br/a-instituicao/noticias/13-outras-noticias/1642-ifgw-se-desdobra-para-manter-qualidade-de-ensino-durante-isolamento-1587573834>.
- USP. (2021). Videoaulas com experimentos de laboratório ajudam no aprendizado de física em curso da USP. Acesso em 05 jul., 2023, <https://jornal.usp.br/universidade/videoaulas-com-experimentos-de-laboratorio-ajudam-no-aprendizado-de-fisica-em-curso-da-usp/>.
- Wee, L. K. et al. Using tracker as a pedagogical tool for understanding projectile motion. *Physics Education*, Acesso em 05 jul., 2023, <https://doi.org/10.1088/0031-9120/47/4/448> .