

TRABALHO EXPERIMENTAL COM SMARTPHONES: DESAFIOS, OPORTUNIDADES E PERSPECTIVAS PARA A INVESTIGAÇÃO E ENSINO EM CIÊNCIAS FÍSICAS

EXPERIMENTAL WORK WITH SMARTPHONES: CHALLENGES, OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR RESEARCH AND TEACHING IN THE PHYSICAL SCIENCES

TRABAJO EXPERIMENTAL CON SMARTPHONES: DIFICULTADES, OPORTUNIDADES Y PERSPECTIVAS PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA DOCENCIA EN CIENCIAS FÍSICAS

Elisa Saraiva^{1,2,3}, Carlos Saraiva⁴, Albino Rafael Pinto⁵, Marco Naia⁶ & J. Bernardino Lopes^{6,7}

¹Agrupamento de Escolas D. Maria II, Famalicão, Portugal

²Escola Superior de Educação, Politécnico do Porto, Portugal

³InED – Centro de investigação e Inovação em Educação, ESE, Politécnico do Porto, Portugal

elisasaraiva@ese.ipp.pt

⁴Agrupamento de Escolas de Trancoso, Portugal

carlos.saraiva1@gmail.com

⁵Agrupamento de Escolas da Lixa, Felgueiras, Portugal

albinorafaelpinto@gmail.com

⁶Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal

duarte@utad.pt, bloses@utad.pt

⁷CIDTFF-Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Portugal

RESUMO | Este trabalho resulta de uma mesa-redonda online, que reuniu professores, investigadores e editores da APeDuC Revista, tendo como ponto de partida o artigo "A *phyphox* no estudo do movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola", de Albino Rafael Pinto e Carlos Saraiva, publicado na Gazeta de Física em 2023. O artigo descreve uma proposta didática para o estudo do movimento vertical usando a aplicação gratuita *phyphox* em telemóveis, como alternativa prática para a atividade laboratorial do 10.º ano. A conversa foi orientada em torno de três questões/momentos: (i) análise do contexto, motivação e impacto da proposta; (ii) identificação de cuidados e dificuldades na implementação de atividades experimentais com tecnologias móveis de baixo custo; (iii) reflexão sobre o apoio da comunidade científica à integração pedagógica das tecnologias, garantindo rigor científico e o desenvolvimento de competências dos alunos e professores. Durante cerca de uma hora, a discussão centrou-se na integração de tecnologias digitais no ensino experimental da Física, nos desafios da sua operacionalização em sala de aula e nas estratégias para promover para assegurar o rigor científico e didático. Foram também apontadas novas linhas de investigação, como a avaliação do impacto destas práticas nas aprendizagens dos alunos, o papel da mediação do professor e o desenvolvimento de competências relacionadas com a análise crítica de dados experimentais. A mesa-redonda evidenciou a necessidade de reforçar a articulação entre prática pedagógica e investigação em educação em ciências, visando uma aprendizagem significativa, inovadora e alinhada com o desenvolvimento de competências digitais.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino Experimental, Educação em Ciências Físicas, Formação de Professores, Tecnologias Móveis, *phyphox*.

ABSTRACT | This paper reports on an online roundtable discussion that brought together teachers, researchers, and editors from APEDuC Revista, using as its starting point the article "The *phyphox* in the Study of Vertical Motion in the Fall and Rebound of a Ball", authored by Albino Rafael Pinto and Carlos Saraiva, and published in the Gazeta de Física in 2023. The article presents an educational proposal for the study of vertical motion employing the free mobile application (*phyphox*) offering a practical and accessible alternative to the traditional 10th-grade laboratory activities. The discussion was structured around three key topics: (i) the analysis of the context, motivation, and potential impact of the proposed approach; (ii) the identification of the main challenges and precautions associated with the implementation of experimental activities using low-cost mobile technologies; and (iii) a reflection on how the scientific community can support teachers in the pedagogical and didactic integration of digital technologies, ensuring both scientific rigor and the development of essential competencies in students and teachers. During about one hour one hour, participants focused on the integration of digital technologies in experimental physics teaching, the practical challenges of classroom implementation, and strategies to ensure didactic and scientific robustness. The discussion also identified new research directions, such as evaluating the impact of these practices on student learning, examining the role of teacher mediation, and fostering the development of competencies related to the critical analysis of experimental data. The roundtable highlighted the pressing need to strengthen the linkage between pedagogical practice and research in science education, with the ultimate goal of promoting meaningful, innovative learning that is aligned with the development of digital competencies for both teachers and students.

KEYWORDS: Experimental Teaching, Science Physics Education, Teacher Training, Mobile Technologies, *phyphox*.

RESUMEN | Este trabajo surge de una mesa redonda en línea que reunió a profesores, investigadores y editores de la revista APEDuC, tomando como punto de partida el artículo "La *phyphox* en el estudio del movimiento vertical de caída y rebote de una pelota", de Albino Rafael Pinto y Carlos Saraiva, publicado en la Gazeta de Física en 2023. El artículo describe una propuesta didáctica para el estudio del movimiento vertical utilizando la aplicación gratuita *phyphox* en teléfonos móviles, como alternativa práctica para la actividad de laboratorio del décimo grado. La conversación se estructuró en torno a tres ejes principales: (i) análisis del contexto, la motivación y el impacto de la propuesta; (ii) identificación de precauciones y dificultades en la implementación de actividades experimentales con tecnologías móviles de bajo costo; y (iii) reflexión sobre el apoyo de la comunidad científica en la integración pedagógica de las tecnologías, asegurando el rigor científico y el desarrollo de competencias en estudiantes y profesores. Durante aproximadamente una hora, la discusión se centró en la integración de tecnologías digitales en la enseñanza experimental de la Física, en los desafíos de su implementación en el aula y en las estrategias para promover y garantizar el rigor científico y didáctico. Asimismo, se señalaron nuevas líneas de investigación, como la evaluación del impacto de estas prácticas en el aprendizaje de los estudiantes, el papel de la mediación docente y el desarrollo de competencias relacionadas con el análisis crítico de datos experimentales. La mesa redonda puso de manifiesto la necesidad de reforzar la articulación entre la práctica pedagógica y la investigación en educación científica, con el objetivo de fomentar un aprendizaje significativo, innovador y alineado con el desarrollo de competencias digitales.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza Experimental, Educación en Física, Formación de Profesores, Tecnologías Móviles, *phyphox*.

1. INTRODUÇÃO

A APEDuC Revista tem como foco central a educação científica, matemática e tecnológica, em contextos formais e não formais, valorizando de igual modo a investigação e a prática fundamentada nestas áreas, bem como a articulação entre ambas. A Secção 3 da revista constitui um espaço de concretização do encontro entre a prática e a investigação em Ciências. Uma das formas de promover essa articulação é a realização de mesas-redondas online, nas quais professores e investigadores são convidados a lançar um olhar crítico e partilhado sobre uma mesma realidade, incentivando o diálogo entre prática e investigação em Educação em Ciências. Para além deste espaço de reflexão conjunta, centrado no tema proposto como (pre)texto do artigo, pretende-se ainda reunir contributos para a definição de uma agenda comum para a investigação e a prática em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia.

Este modelo de encontro entre investigadores e professores das áreas da Ciência, Matemática e Tecnologia tem vindo a ser promovido desde o volume V1N1 da revista. No entanto, apenas assumiu este modelo baseado em entrevista ou mesa-redonda, a partir do seu volume V2, N1 (Paixão et al., 2021) sendo aperfeiçoado e melhorado desde então, tal como se observa nos números que se seguiram (Antonatou et al., 2024; Araújo et al., 2024; Baptista et al., 2022; De-Carvalho et al., 2022; Galvão et al., 2021; Joglar-Prieto et al., 2022; Nolla et al., 2023; Saraiva et al., 2023). À semelhança do que se observa em alguns desses textos (e.g., Saraiva et al., 2023), o ponto de partida, que serve de pré(texto), é um artigo centrado nas práticas de educação em ciências físicas, em concreto, uma proposta didática para o estudo do movimento vertical de queda e ressalto de um corpo, onde se recorre a uma aplicação gratuita para telemóveis, a *phyphox* (RWTH-Aachen, 2016). A proposta dos autores (Pinto & Saraiva, 2023b) apresenta a aplicação *phyphox* como alternativa para a captura de dados durante uma atividade laboratorial do 10.º ano, plenamente integrada nas aprendizagens essenciais da disciplina de Física e Química A, onde os alunos têm de “analisar situações do quotidiano sob o ponto de vista da conservação ou da variação da energia mecânica, identificando transformações de energia e transferências de energia” (DGE, 2018a, p. 13).

A relação entre a prática em educação e a investigação em educação tem uma longa história (Wyse et al., 2021). A colaboração sustentada entre ambos os tipos de profissionais, em torno de uma agenda negociada, numa cultura de competência complementar, é algo que se apresenta como muito promissor, tal como é argumentado por Kelchtermans (2021). Nesta mesa-redonda, quisemos ensaiar essas formas de colaboração e, tendo em conta o diálogo e a partilha de práticas e experiências que dela resultou, ficou evidente a proximidade e o esforço por encontrar pontos de encontro, para além dos propostos neste debate. A discussão que se gerou foi muito para além da temática proposta como ponto de partida e permitiu identificar pontes (de ligação) e pontos (de encontro) que possibilitem a ambas, investigação e prática, contribuir para uma educação em ciências físicas promotora de uma aprendizagem mais significativa, rigorosa, crítica e apoiada na integração eficaz das tecnologias digitais nas práticas experimentais.

A mesa-redonda decorreu online, no dia 10 de abril de 2025, e teve como ponto de partida o artigo “A *phyphox* no estudo do movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola”, de Albino Rafael Pinto e Carlos Saraiva, publicado na Gazeta de Física em 2023, (Pinto & Saraiva, 2023b). Neste artigo, tal como em outros trabalhos que os autores têm vindo a desenvolver (Pinto & Saraiva, 2021, 2023a), destaca-se o potencial educativo do uso integrado de tecnologias digitais móveis na prática experimental, evidenciando-se a sua contribuição para a democratização do

acesso a atividades laboratoriais, o rigor na recolha e tratamento de dados, a promoção da autonomia e do pensamento crítico dos alunos, bem como uma aprendizagem mais profunda e significativa dos conceitos de física. Ao ancorar as atividades em contextos reais e materiais de baixo custo, e ao enfatizar a importância da familiarização dos alunos com as ferramentas digitais, os autores mostram que é possível construir pontes sólidas entre a prática pedagógica quotidiana e as exigências de uma educação científica contemporânea, mais crítica, mais reflexiva e mais próxima da realidade dos estudantes.

Estiveram presentes nesta mesa-redonda, o Editor da APEDuC Revista que possui uma larga experiência como docente de ciências físicas no ensino superior e investigador em educação em ciências, uma Editora Assistente, que leciona ciências físicas no ensino básico e secundário, um investigador convidado, com larga experiência em física experimental e um dos autores do artigo que deu o mote ao debate. O outro autor do artigo sobre o uso da aplicação móvel *phyphox*, por impossibilidade de participar na mesa-redonda, colaborou na discussão que conduziu ao texto final deste artigo. Os dois editores da APEDuC Revista presentes na mesa-redonda, além de moderarem o debate, dada a sua experiência no ensino, formação de docentes e investigação na área das ciências físicas, contribuíram igualmente para discussão.

A mesa-redonda foi estruturada em três momentos distintos, cada um guiado por uma pergunta central previamente partilhada com todos os participantes. Após uma breve introdução de cerca de 10 minutos, durante a qual os intervenientes se apresentaram e partilharam aspetos do seu percurso pessoal, académico e profissional, foram colocadas questões (em alguns casos com questões auxiliares) que serviram de base para orientar cada etapa do debate:

- Questão 1 – a) Quais as ideias principais apresentadas no artigo “A *phyphox* no estudo do movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola”? b) Qual o seu contexto, motivação, relevância e potencial impacto desta proposta?

O autor Carlos Saraiva começou por explicar que o artigo foi elaborado em coautoria com Albino Pinto, ambos professores de Física e Química, que têm desenvolvido nos últimos anos um trabalho contínuo de partilha e divulgação de práticas de ensino experimental, nomeadamente utilizando tecnologias móveis. Relativamente ao artigo em discussão, resumiu que a proposta consiste numa atividade laboratorial prevista no currículo — o estudo do movimento vertical de queda e ressalto de uma bola — adaptada para o uso da aplicação gratuita *phyphox*, instalada nos telemóveis dos alunos. Esta aplicação móvel permite medir intervalos de tempo entre colisões e calcular as alturas de ressalto, usando sensores internos do telemóvel, sem necessidade de equipamentos dispendiosos ou ligação à internet. O autor destacou, ainda, que a atividade foi pensada para ser facilmente realizada, tanto em sala de aula, como em casa, recorrendo a materiais simples como bolas reaproveitadas (i.e., bolas de desodorizante roll-on). Este trabalho, nas palavras do autor, tem como objetivo promover práticas experimentais rigorosas, acessíveis e estimulantes para os alunos.

- Questão 2 – a) Quais são, no vosso entender, os principais cuidados e dificuldades que os professores devem considerar ao implementar atividades experimentais com tecnologias móveis de baixo custo (como a aplicação *phyphox*) na sala de aula? b) Como pode a comunidade científica apoiar os professores na integração pedagógica e didática de tecnologias móveis no trabalho experimental, garantindo ao mesmo tempo o rigor científico das atividades e o desenvolvimento de

competências dos alunos (i.e., competências do perfil dos alunos, competências digitais...)?

Concluída a apresentação do tema de partida, iniciou-se um diálogo de elevado interesse e profundidade, desenvolvido em sucessivos ciclos de interação, dinamizados pelas reflexões e contributos apresentados por cada um dos participantes.

- Questão 3 - De que forma podemos, em conjunto, repensar a articulação entre investigação e prática no ensino da Física, em particular no uso de tecnologias móveis em atividades experimentais, para garantir uma aprendizagem significativa, cientificamente rigorosa e alinhada com o desenvolvimento das competências digitais dos professores e dos alunos?

Durante os cerca de 25 minutos finais, o debate em torno da terceira questão decorreu de forma dinâmica, com vários ciclos de interação. Os participantes refletiram sobre possibilidades de aproximação entre a investigação e a prática docente, identificando como eixos principais a necessidade de estudar se o uso de ferramentas digitais como a *phyphox* favorece aprendizagens mais profundas e significativas, a importância de desenvolver nos alunos uma maior consciência sobre a qualidade dos dados recolhidos, incluindo a análise das incertezas experimentais. Discutiu-se ainda a viabilidade de criar projetos colaborativos entre professores e investigadores, que permitam recolher e analisar dados sobre práticas de sala de aula e seus impactos.

Ficou clara, nesta mesa-redonda, a pertinência de encontrarmos uma agenda conjunta que promova o rigor científico na prática experimental mediada por tecnologias móveis, valorizando simultaneamente o trabalho dos professores e o contributo da investigação para a melhoria das aprendizagens dos alunos. A articulação entre a investigação em educação em ciências e a prática profissional de professores, tal como referido por (Araújo et al., 2024), é um campo de grande relevância, no entanto, enfrenta vários desafios relacionados com a própria natureza da pesquisa académica e do contexto prático da sala de aula, pelo que “necessitam de adaptação para serem eficazes e relevantes para os alunos e professores” (p. 135).

1.1 Ideias principais que emergiram desta mesa-redonda

A proposta prática de estudo do movimento vertical de queda e ressaltos de uma bola, recorrendo à utilização da aplicação móvel *phyphox* para recolha de dados experimentais apresenta como principais vantagens:

- Uso de materiais de baixo custo e fácil acesso para atividades laboratoriais obrigatórias.
- Permite medições rigorosas e acessíveis sem necessidade de equipamentos dispendiosos.
- Facilita o envolvimento dos alunos e a realização de experiências fora do laboratório, inclusivamente em casa.

Os autores enriquecem a proposta com recursos complementares (e.g., vídeos, *QR Code*) que têm o potencial de ajudar e apoiar os alunos e professores. No entanto, apesar disso, os autores identificam alguns cuidados e dificuldades na implementação deste tipo de atividades, nomeadamente:

- A necessidade de familiarizar previamente os alunos com a ferramenta digital.
- Uma redobrada atenção na seleção e dimensionamento dos sistemas experimentais.
- Limitações associadas à precisão dos sensores móveis e na gestão das incertezas associadas.

Para tal, os autores, na abordagem que implementam na sala de aula, recorrem a guiões experimentais, que na sua opinião devem ser claros e bem estruturados. Aliás, esta questão do rigor científico está bem patente no facto de haver uma validação prévia dos guiões/protocolos experimentais que utilizam, quer por parte dos dois coautores, que já colaboram um com o outro há mais de uma década, pelo que conhecem bem o trabalho um do outro, quer por parte dos respetivos alunos, antes da publicação de todos estes materiais.

Neste tipo de abordagens experimentais na sala de aula, o foco não deve ser apenas o uso da tecnologia, *per si*, mas sim o reforço das competências dos alunos para que se tornem cada vez mais capazes de desenvolver trabalho experimental rigoroso.

Uma vez que se trata de uma proposta prática, com propósitos muito específicos e focados na operacionalização da utilização de uma ferramenta digital em contexto de sala de aula, para desenvolver trabalho experimental, esta pode beneficiar, de forma muito significativa, com o olhar da investigação, tanto na área da física experimental, como da educação em ciências físicas. Assim, também se tornou evidente nesta mesa-redonda, que existem potenciais pontos de convergência e interesses comuns entre a investigação e prática em educação, em particular:

- Na recolha de evidências sistemáticas sobre o impacto direto do uso das tecnologias móveis nas aprendizagens, na área das ciências, em particular das ciências físicas.
- Estudo sobre a eficácia do uso de aplicações móveis no desenvolvimento das competências científicas dos alunos.
- Investigação sobre o impacto da utilização de tecnologias no entendimento da física experimental e na gestão da incerteza experimental.
- No apoio aos professores na mediação em sala de aula e na orquestração didática deste tipo de ferramentas, em particular para o desenvolvimento de tarefas experimentais.

Também ao nível da formação dos professores, a investigação e prática podem contribuir para o desenvolvimento profissional docente, através de colaborações que valorizem as práticas desenvolvidas nas escolas e gerem novos conhecimentos, através de:

- Partilha de práticas testadas e validadas para aumentar a confiança dos professores na implementação de tecnologias móveis na sala de aula.
- Desenvolvimento de formação, inicial e contínua, focada não apenas no uso da tecnologia, mas na sua integração pedagógica e científica.

Para além desta agenda comum entre investigação e prática em educação em ciências, foi unânime o reconhecimento do trabalho inovador dos professores envolvidos, encorajando-os à continuidade da utilização crítica e reflexiva das tecnologias digitais em contexto educativo.

2. CONTEXTO E RELEVÂNCIA DAS APLICAÇÕES MOVEIS NA PRÁTICA EXPERIMENTAL

Elisa Saraiva: Gostaria de agradecer a todos os presentes pela colaboração com a APEDuC Revista e pela prontidão com que aceitaram este desafio para estarem presentes nesta mesa-redonda, onde nos propomos a discutir a integração das tecnologias digitais na sala de aula para promover as aprendizagens dos alunos. Daí a escolha do artigo do Albino Rafael Pinto e do Carlos Saraiva_ que nos apresenta, precisamente, uma proposta de integração das tecnologias digitais, neste caso das tecnologias móveis, como a aplicação *phyphox*, para promover trabalho experimental. Trata-se de uma proposta levada a cabo por professores, que estão no terreno, focados em promover mais e melhores aprendizagens nos seus alunos, mas sem estarem focados na investigação sobre essas mesmas práticas.

Temos aqui uma interessante combinação de pessoas, com interesses e experiências profissionais e académicas muito diferentes, mas complementares, na medida em que temos representados professores do ensino básico, do ensino secundário e do ensino superior. Estão aqui presentes investigadores, com diferentes perspetivas, o caso do Marco Naia, que é físico de formação, com trabalho desenvolvido no âmbito da investigação em ciência fundamental, mas também na integração das simulações no ensino. Temos, também, o caso do professor J. Bernardino Lopes, que acrescenta uma combinação interessante, por ser igualmente físico de formação, mas com um vasto trabalho na área da educação em ciências físicas, muito centrado nas práticas de ensino e no impacto que essas práticas nas aprendizagens dos alunos.

J. Bernardino Lopes: Gostaria também de dar os parabéns ao Carlos e ao Albino pelo trabalho de vários anos, no qual foram reunindo várias experiências com diferentes aplicativos. Têm agora este trabalho com a *phyphox*, mas antes disso já tinham explorado muitas outras ferramentas. É importante reconhecer esse trabalho, que considero importante e fundamental, e que a APEDuC Revista, também valoriza. É justamente um dos seus papéis, o de dar destaque ao trabalho desenvolvido pelos professores na sua prática e promovê-lo.

Após os agradecimentos, saudações e apresentações dos presentes, Carlos Saraiva passou a expor o contexto e a motivação que os levaram, a ele e ao Albino Pinto, a implementar este tipo de práticas experimentais na sala de aula com os seus alunos, partilhando-as posteriormente com outros docentes

2.1. Contexto e motivação para implementação e partilha de propostas de utilização de tecnologias móveis no desenvolvimento de trabalho experimental na sala de aula

Carlos Saraiva: Trata-se de uma atividade laboratorial de Física e Química A do 10º ano do ensino secundário, designada nos manuais por “AL 1.2 - Movimento vertical de queda e ressalto de uma bola: transformações e transferências de energia”. Anteriormente, surgia nos documentos curriculares como atividade da “bola saltitona”, mas atualmente, nas aprendizagens essenciais (DGE, 2018), tem uma designação diferente e sugere levar os alunos a “investigar o movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola, com base em considerações energéticas, avaliando os resultados, tendo em conta as previsões do modelo teórico, e comunicando as conclusões” (p.13). Neste contexto, permanece igualmente relevante a necessidade de levar os alunos a “comparar energias dissipadas na colisão de uma mesma bola com diferentes superfícies, ou de bolas diferentes na mesma superfície, a partir dos declives das retas de regressão de gráficos da altura de ressalto em função da altura de queda”, apesar de revogadas

as anteriores metas curriculares (Fiolhais, Festas, & Damião, 2014). Como se trata de uma atividade que integra a lista de atividades a contemplar na dimensão prático-experimental, objeto de avaliação externa, nos exames nacionais de Física e Química A (IAVE, 2024), é muito habitual ser realizada nas escolas, deixando cair uma bola de uma determinada altura e recorrendo a um sistema de aquisição de dados (e.g., sensor de movimento ligado à calculadora gráfica), para assim medir as correspondentes alturas de ressalto.

Quando surgiu a aplicação *phyphox* (RWTH-Aachen, 2016), com versões para telemóveis Android e iOS, passamos a estar perante um instrumento realmente muito poderoso, uma vez que tira partido de uma série de sensores internos ao próprio aparelho móvel e que têm um enorme potencial para serem usados em aulas de Física, para a realização de trabalho experimental. Esta atividade, do movimento vertical de queda e ressalto de uma bola, foi uma daquelas que o Albino e eu começámos a fazer, logo desde o início, com as nossas turmas. Reconhecemos o potencial desta aplicação na realização desta atividade, uma vez que era muito fácil de utilizar pelos alunos, tanto na sala de aula, como em casa. Além disso, pode ser realizada com vários tipos de bolas, reais, como por exemplo, bolas pequenas de borracha ou, como no caso da nossa proposta, uma simples bola reciclada de um desodorizante *roll-on*. Não se torna necessário usar uma bola de baseball ou de basquetebol. Nós começámos a usar as esferas de desodorizantes, que foi algo que consideramos muito interessante, uma vez que conduz a resultados experimentais muito bons.

Mais tarde, após já termos alguma experiência no uso desta aplicação, nomeadamente deste tipo de sensor, submetemos um artigo à Gazeta de Física (Pinto & Saraiva, 2021) e, acho, que com base nesse artigo, a aplicação começou a ser um pouco mais divulgada na comunidade de professores, que é uma coisa que nós muito apreciamos. Quando os professores conhecem e usam este tipo de recursos, que são livres e gratuitos, podem implementar atividades experimentais sem necessidade de muitos custos associados a aquisição de material ou equipamentos. A utilização desta aplicação na atividade AL 1.2, do 10º ano de escolaridade é um bom exemplo desse facto, uma vez que pode ser realizada, tal como nós propusemos, apenas recorrendo ao telemóvel pousado sobre a mesa (um recurso de fácil acesso) e a três bolas pequenas: uma reaproveitada de um desodorizante “roll-on” (Fig.1), uma de golfe e outra de borracha. A superfície onde ocorreram as colisões foi o tampo de uma mesa feito de madeira.

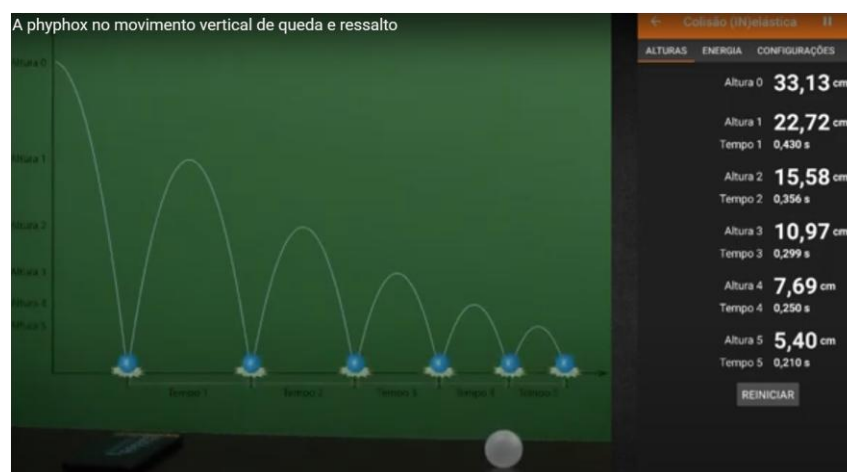


Figura 1 Imagem capturada no vídeo de apoio disponibilizado pelos autores (Pinto & Saraiva, 2023b), como material de apoio aos professores, para implementação da atividade (Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GJ7poBvRayc>)

Os resultados, tal como o artigo demonstra (Pinto & Saraiva, 2023b), estão em linha com o modelo teórico, “sendo a altura de ressalto diretamente proporcional à altura de queda” (p. 18). Feito o respetivo ajuste linear, obtiveram-se coeficientes de correlação muito próximos do valor unitário (0,9997 e 0,9998) para as experiências realizadas com as três bolas (ver figura 2). Estes resultados são bastante satisfatórios, ainda que, tal como referem os autores, numa atividade experimental “nunca se eliminam completamente os erros e há que considerar as inerentes incertezas dos equipamentos” (Pinto & Saraiva, 2023b, p. 18).

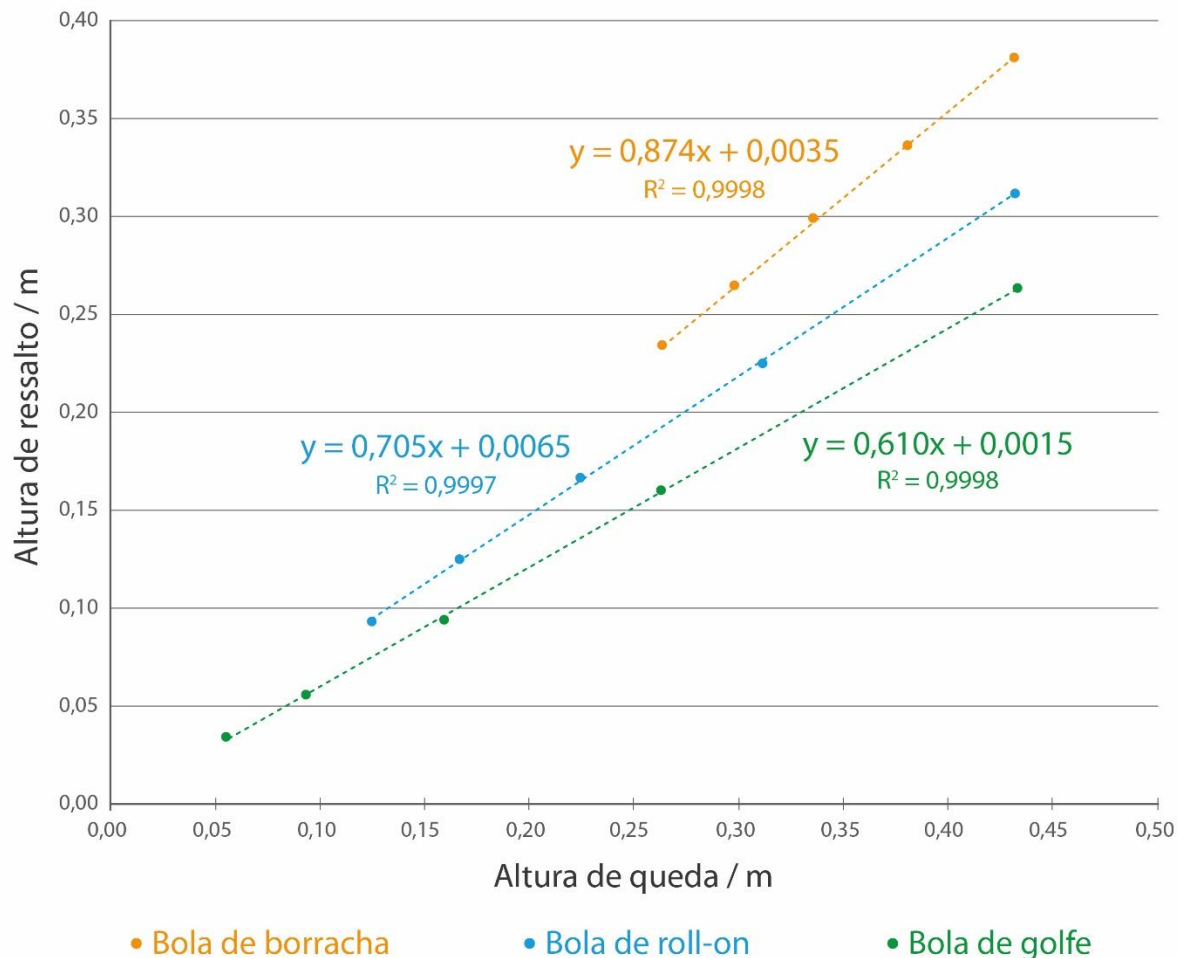


Figura 2 Gráfico obtido por regressão linear, usando os valores obtidos com recurso à aplicação phyphox, para a altura do ressalto em função da altura da queda das três bolas usadas na proposta de atividade experimental realizada pelos autores (Pinto & Saraiva, 2023b, p. 17).

Esta aplicação, a phyphox, tem, ainda, a vantagem, de não necessitar de acesso à internet. Funciona em modo *offline*, o que é algo muito interessante e importante, pois muitas vezes as questões de conectividade são apontadas como uma das maiores limitações ao uso de ferramentas digitais na sala de aula. Esta aplicação acaba por ser um laboratório do bolso e, tendo em conta a evolução que tem registado nos últimos anos, tem ainda muito potencial para ser explorada na sala de aula de física e química. Entretanto, está para sair uma nova atualização que,

provavelmente, trará novidades interessantes e novas ideias para a sua integração no trabalho experimental.

Tem ainda, como pormenores interessantes e úteis na sua utilização enquanto ferramenta para recolha de dados em tarefas experimentais, o facto de permitir a partilha de imagem e a possibilidade de gravação do próprio ficheiro no telemóvel. Este pode, posteriormente, ser partilhado através de *QR Code*. Desse modo, os dados ficam disponíveis para serem tratados, por exemplo, com recurso a regressão linear, tal como se propõe na figura 2. Estes são apenas alguns exemplos de recursos muito úteis e disponíveis na própria aplicação, que facilitam a sua utilização enquanto instrumento de aquisição de dados.

Elisa Saraiva: Uma das coisas que também chamou à atenção no vosso artigo, tem a ver com o facto de vocês partilharem com os professores, de forma livre, uma série de recursos de apoio na implementação da atividade proposta, tanto para os que vão ler o artigo da Gazeta de Física (Pinto & Saraiva, 2023b, como os que procuram, provavelmente, recursos na internet e se deparam com o website Física na Lixa (Pinto, 2010) onde, desde há muitos anos, é partilhado muito desse material, principalmente na forma de vídeos e tutoriais.

2.2 Apoio aos professores na implementação de atividades experimentais com recurso a tecnologias móveis

Elisa Saraiva: Analisando todo este vosso trabalho, não se limitam a partilhar o modo como a aplicação *phyphox* funciona para captar dados e medir grandezas físicas. Há da vossa parte uma preocupação em acompanhar com um conjunto de materiais de apoio sobre a tarefa experimental no seu todo, como é o caso da partilha sobre o modo como podem ser depois trabalhados esses mesmos dados. Mostram, da vossa parte um cuidado com a antecipação daquelas que serão algumas das dificuldades que os professores possam vir a experimentar, não só na utilização da ferramenta digital, em si mesma, mas também nos cuidados a ter em termos de montagem experimental e respetivas limitações. Sem dúvida que uma das coisas que chama a atenção em todo o vosso trabalho, é o rigor científico do trabalho que propõem. Assim, gostaria de ter a vossa opinião, sobre os principais cuidados que os professores necessitam de ter para implementar, com o necessário rigor científico e didático, este tipo de atividades experimentais, com recurso a aplicações móveis. Como podem as comunidades científicas e profissionais apoiar os professores na integração pedagógica e didática de tecnologias móveis no trabalho experimental, garantindo, simultaneamente, o rigor científico das atividades e o desenvolvimento de competências dos alunos. Dito de outro modo, face à enorme variedade de ferramentas digitais e aplicações móveis disponíveis, como pode a comunidade de professores e investigadores apoiar a implementação de tarefas desafiadoras para os alunos, garantindo o necessário rigor científico?

Carlos Saraiva: Os principais cuidados que os professores devem considerar ao implementar atividades experimentais com tecnologias móveis de baixo custo (como a aplicação *phyphox*), em primeiro lugar, passam pela familiarização dos alunos com a aplicação. Deve haver um trabalho prévio com os alunos, para os ajudar a compreender como funciona a aplicação e a operar com ela. Eventualmente, fazer algumas aplicações práticas, muito simples, do dia a dia, para depois se avançar para uma atividade laboratorial.

Quando estamos a falar de um contexto de ensino secundário, em que se exige, obviamente aquisição de dados e posteriormente o tratamento desses dados a atividade deve ser

acompanhada de um guião com instruções muito claras. Acho que isso também é muito importante: ter instruções claras. Uma outra coisa que pode ajudar, é o facto de termos um conjunto de vídeos, disponibilizados com *QR Code*, que alunos e professores podem visualizar.

A percepção dos autores é a de que, quando não há partilha de vídeos, as dificuldades evidenciadas pelos utilizadores da aplicação são maiores. Partilhar apenas em papel, num artigo, não tem o mesmo impacto. As pessoas têm mais dificuldade em aceder à informação nesse formato. Atualmente a comunicação é mais visual e através de um vídeo, torna-se mais eficaz. Ao partilhar um vídeo no YouTube, este fica disponível para um conjunto mais alargado de pessoas e o uso desta aplicação *phyphox*, no contexto do trabalho experimental, torna-se mais popular e pode chegar a um maior número de professores.

Marco Naia: Sobre o uso deste tipo de aplicações, que têm vindo a tornar-se bastante populares, eu gostaria de chamar a atenção para alguns pormenores de natureza experimental, que é necessário acautelar.

Tomando como exemplo esta mesma experiência, na qual os autores (Pinto & Saraiva, 2023b) usaram o telemóvel com a aplicação *phyphox* para captar dados experimentais, recorrendo ao “Cronómetro Acústico” para medir intervalos de tempo entre colisões sucessivas da bola na mesa, ela também poderia ser feita com outras. Poderiam usar o telemóvel para captar imagem em vídeo, recorrendo depois a um software de análise de vídeo, como por exemplo, o *Tracker*. Na prática, em ambos os casos, estariam a realizar um trabalho semelhante, sendo a forma de aquisição de dados a única diferença.

Quando vão implementar este tipo de atividades, os professores devem estar muito atentos a alguns pormenores. Quando planeiam um trabalho experimental desta natureza, recorrendo aos smartphones para recolher e, eventualmente, tratar dados, vão estar a usá-lo como um sensor, pelo que devem ter a certeza sobre qual é a grandeza que estão a monitorizar. Por exemplo, se quiserem medir a velocidade, tirando partido do acelerómetro do telemóvel, apesar de estar relacionada com a aceleração, não são a mesma coisa. Ao fazer esse tipo de medição podem ocorrer alguns problemas. Se quiserem medir, como neste caso, a altura do ressalto com base no som produzido pela bola a bater na mesa, vão ter de considerar a existência, por exemplo, de ruído e outros problemas. O que quero dizer é que, se quiserem fazer alguma coisa física, medir alguma grandeza, que não seja estritamente a prevista no guião, podem ter algumas surpresas. Um outro problema tem a ver, muitas vezes, com a dificuldade dos professores na adaptação deste tipo de atividades a outras situações físicas ou experimentais.

Um outro aspeto importante é o dimensionamento da própria experiência, pois pode haver grandes diferenças se tivermos um sistema maior ou mais pequeno. A gama de valores que se vai obter, dependendo das aquisições de dados que se vai fazer num sistema, com uma dada dimensão, pode ser completamente diferente se esta se alterar. Embora isso não se observe aqui na proposta de Pinto e Saraiva (2023b), ao utilizar o aplicativo *phyphox* em atividades como a experiência do pêndulo (muito comum em muitos guiões para professores) é preciso ter cuidado com as questões do dimensionamento. Como o telemóvel, que contém o sensor, se torna parte integrante do sistema, a sua dimensão pode comprometer a qualidade dos resultados experimentais. Dito de outro modo, ao analisar uma partícula, com uma dada dimensão, ela passa a ser tratada como um corpo rígido, o que pode afetar a análise dos dados, tornando-a mais complexa. Assim, usar um modelo simples para a análise dos dados, pode não ser suficiente.

Quando não se aplica corretamente as teorias e modelos, os professores, é a minha convicção, acabam por enfrentar dificuldades na sua prática, por terem de lidar com esses problemas de natureza empírica e experimental de forma eficaz.

Carlos Saraiva: Concordo plenamente. Daí a importância de professores e alunos terem acesso a guiões com instruções claras. Por isso é que nós fazemos os vídeos com explicações claras, para que as pessoas não tenham surpresas. Mesmo assim, acabam por surgir sempre algumas surpresas na sala de aula. É por isso que nós utilizamos a *phyphox* e, só depois de já termos acumulado bastante experiência sobre o que pretendemos, partilhamos aquilo que consideramos interessante e realmente útil para aplicação em sala de aula.

A *phyphox* tem muitos outros sensores que deixamos para quem quiser explorar, talvez para professores universitários, uma vez que oferece uma gama de possibilidades absolutamente fantástica. Mas tal como o Marco Naia referiu, contêm outras implicações e desafios de natureza experimental, como é o caso dos cuidados necessários no dimensionamento dos sistemas.

Elisa Saraiva: No fundo, o que o Carlos está a dizer é que as propostas que apresentam são validadas pelo facto de vocês as terem implementado com os vossos alunos. Tiveram oportunidade de identificar os problemas e já os resolveram, pelo que, aquilo que vocês apresentam aos professores já é algo depurado, que foi trabalhado previamente para acautelar algumas das situações, como o caso das que o Marco Naia aqui apresentou.

Carlos Saraiva: Precisamente. Isto é um trabalho que o Albino e eu fazemos previamente. Cada um de nós testa com os seus alunos e, apenas depois, decorrido algum tempo de apropriação e exploração, é que passamos “ao papel” e à partilha com outros professores.

Elisa Saraiva: Na questão em causa, aqui na nossa discussão sobre o apoio prestado aos professores, importa chamar à atenção que as dificuldades apesar de naturais, muitas vezes surgem precisamente do facto de não se acautelarem estes pormenores de natureza experimental, por inexperiência ou por falta de prática nesse tipo de atividades. Aqui o vosso cuidado é o de partilharem recursos que permitam aos professores encontrar soluções para poderem implementar estas atividades na sala de aula, acautelando o necessário rigor científico.

Carlos Saraiva: Portanto, aqui o apoio à comunidade de professores e o facto de as propostas já terem sido trabalhadas previamente em sala de aula, com os nossos alunos, permite aumentar a confiança de outros para experimentar propostas e abordagens experimentais previamente validadas. Obviamente, quando são publicadas na Gazeta de Física são previamente revistas e avaliadas. O *feedback* dos revisores leva-nos a alterar alguns aspetos, para que as nossas propostas façam mais sentido e sejam cientificamente mais rigorosas e acuradas.

J. Bernardino Lopes: Analisando alguns dos artigos publicados na Gazeta de Física (e.g., Pinto & Saraiva, 2021, 2023a, 2023b) e também na *The Physics Teacher* (Pinto & Saraiva, 2022), sobre este tipo de práticas, são trabalhos apresentados na perspetiva de como o professor pode ou deve utilizar estas ferramentas. São todos focados nesse ponto de vista. Mas há um aspeto, não explorado nesses artigos e que se prende com o modo como cada uma destas atividades se implementa na sala de aula. Partindo, por exemplo, no caso da experiência da queda da “bola saltitona”, abordando a questão da energia, como é que o trabalho é efetivamente apresentado aos alunos? Que proposta é feita? O que é que os alunos realizam concretamente? Se possível, gostaria que descrevesse como se processa toda a dinâmica, desde a apresentação inicial do trabalho até à sua conclusão:

- Como apresentam o trabalho aos alunos?
- Como os acompanham durante a atividade?
- Que tipo de guião lhes é dado?
- Que tipo de tratamento de dados os alunos fazem?
- Se elaboram algum relatório sobre o trabalho experimental que realizam, como o estruturam?
- Como avaliam o desempenho dos alunos?
- O Carlos e o Albino partilham os mesmos guiões ou protocolos com os alunos?
- Estes são elaborados em conjunto?

Carlos Saraiva: As atividades laboratoriais devem ser cuidadosamente planeadas e articuladas com os conteúdos teóricos, de modo a explorar as ideias dos alunos e garantir condições adequadas para a sua realização. Antes da realização das atividades, os alunos respondem a um conjunto de questões pré-laboratoriais.

O guião da atividade laboratorial é elaborado a partir da adaptação de recursos disponibilizados pelas editoras, assegurando o alinhamento com os objetivos curriculares. Quando se recorre à aplicação *phyphox*, as atividades propostas mantêm-se, na sua essência, semelhantes aos métodos laboratoriais tradicionais, não sendo necessárias alterações significativas à estrutura ou aos procedimentos definidos inicialmente. A principal diferença reside na forma como os dados são adquiridos.

A introdução dos conceitos associados ao tratamento de dados é feita de forma progressiva, no decurso de cada uma das atividades experimentais, tendo sempre em conta os seus objetivos. A atividade “AL 1.2. Movimento vertical de queda e ressalto de uma bola” requer o traçado de um gráfico da altura de ressalto em função da altura de queda e da respetiva reta de ajuste aos dados experimentais, pelo que os alunos devem recorrer à calculadora gráfica.

O desempenho dos alunos é avaliado com base nas respostas a um conjunto de questões pós-laboratoriais, resolvidas no final da atividade. Algumas dessas questões constam do manual da disciplina, assegurando a articulação com os conteúdos programáticos. Sempre que pertinente, são também incluídas, oralmente, questões que permitem aferir a compreensão dos fenómenos observados e a capacidade dos alunos para interpretar dados experimentais.

Os alunos repetiram a atividade em casa e partilharam, em sala de aula, os resultados obtidos, relacionando a energia dissipada durante as colisões com a elasticidade dos materiais utilizados.

Estamos aqui a falar deste artigo sobre a queda e ressalto da bola, mas podia focar-me também no do som. Tal como já referi, os alunos têm que estar bastante familiarizados com a aplicação *phyphox*. Partilhamos os vídeos com eles e isso faz com que já se sintam mais confiantes e motivados. Tanto os meus alunos, como os do Albino, quando chegam ao 9.º e 10.º anos, já estão bastante familiarizados com a *phyphox*, porque começamos a utilizá-la logo no 8.º ano, inicialmente no tema do som

No ensino básico não há um conjunto de atividades laboratoriais obrigatórias. No entanto, de acordo com as aprendizagens essenciais os alunos, no 8.º ano têm de ser capazes de “aplicar os conceitos de amplitude, período e frequência na análise de gráficos que mostrem a periodicidade temporal de uma grandeza física associada a um som puro”, assim como “relacionar, a partir de atividades experimentais, a intensidade, a altura e o timbre de um som

com as características da onda, e identificar sons puros” (p. 9). Neste contexto, a aplicação *phyphox* pode dar um importante contributo, ainda que neste ano de escolaridade as atividades laboratoriais previstas para o estudo do som não envolvam um trabalho tão exaustivo de recolha e tratamento de dados, como as propostas apresentadas pelos autores para o ensino secundário.

Marco Naia: Gostaria, de chamar a atenção para o facto de a *phyphox*, ser, de facto, uma excelente ferramenta. Mas, importa destacar que, neste domínio, há nos dias de hoje, algumas empresas de material didático que têm vindo a investir muito nesta linha de produtos. Há sensores cada vez mais simples e a utilização do telemóvel como ecrã e dispositivo de recolha de dados está, também, a tornar-se cada vez mais comum nas salas de aula. Nesse contexto, gostaria, ainda de lançar uma questão para o Carlos, que se prende com o facto de, no vosso trabalho, ao nível do 8.º e 9.º anos (ensino básico), depois de recolherem os dados, que tipo de análise é que é feita? Conseguem fazer uma análise mais estruturada, como a apresentada no artigo que publicaram nesta vossa proposta (Pinto & Saraiva, 2023b) ou na *The Physics Teacher* (Pinto & Saraiva, 2022) ou concentram-se em objetivos mais simples, adequados a essa faixa etária dos alunos?

Carlos Saraiva: No final do 3.º ciclo, existe já um bom nível de familiaridade com a aplicação *phyphox*, por parte dos alunos. Depois, quando realizamos a atividade no laboratório se houver necessidade de efetuar o registo e tratamento de dados, entregamos sempre um guião ou uma ficha de trabalho, com algumas questões baseadas nos resultados obtidos durante a atividade experimental. É esta a nossa forma de trabalhar.

Marco Naia: O que eu perguntava, ou queria saber, era sobre que ferramentas é que os alunos utilizam e até que ponto manipulam os dados recolhidos?

Carlos Saraiva: No caso da utilização da *phyphox* para o estudo da queda e ressalto da bola, conseguimos facilmente obter os valores que nos interessam, como a altura de queda e a altura do salto. Esses dados são depois trabalhados, com recurso à regressão linear, para determinar a equação da reta. Aliás, uma das grandes valias da *phyphox* é exatamente o facto de permitir recolher dados de forma simples e eficaz, dados esses que podem ser posteriormente trabalhados, de forma a conduzir os alunos às aprendizagens conceptuais desejadas.

No caso do estudo do som, para darmos outro exemplo, a *phyphox* disponibiliza um recurso poderoso, o facto de a podermos utilizar como um osciloscópio, o que é absolutamente fantástico. É possível trabalhar isso com alunos do 8.º ano, para introduzir as ondas sonoras e respetivas características, para mais tarde, no 11.º ano, se retomar o uso da *phyphox* para um estudo mais aprofundado. Este é, sem dúvida um excelente recurso. Com ele conseguimos recolher valores experimentais que podem ser tratados, analisados e explorados em diferentes contextos.

Evidentemente, que não temos possibilidade de fazer outro tipo de avaliação, mais centrada na investigação, como o Professor Bernardino referiu. Não dispomos de tais recursos e trabalhamos praticamente de forma isolada, nas nossas escolas. Não estamos ligados a comunidades académicas que desenvolvam investigação mais aprofundada que nos permita avaliar, por exemplo, se os alunos aprendem mais ou melhor através destas práticas.

J. Bernardino Lopes: Então, o cenário é o laboratório. Os alunos usam o telemóvel (o seu próprio ou um do grupo) e seguem um protocolo ou guião. Os alunos têm de fazer algum tipo de relatório ou responder a perguntas que possam estar no guião?

Carlos Saraiva: Geralmente construímos um guião a explicar os passos que é necessário dar, que tipo de dados vão recolher com a aplicação, que grandezas físicas vão ter de medir, que dados vão ter de recolher e como os deverão tratar. Há um guião, um protocolo, onde incluímos, por vezes, algumas questões para avaliação das aprendizagens dos alunos. O relatório, é orientado por questões, que podem dizer respeito aos momentos pré e pós atividade. Algumas questões relacionadas com a aplicação em si ou com os dados por ela recolhidos, outras com os conceitos que estão a ser trabalhados nesse contexto.

J. Bernardino Lopes: Os alunos têm bastante familiaridade com a aplicação, uma vez que há um trabalho prévio de utilização da mesma. Mas, face à vossa experiência, pensando no caso desta vossa atividade do movimento de queda vertical e ressalto da bola, acham que os alunos entendem a física por trás desta atividade? Os alunos compreendem que existe perda de energia em cada ressalto e que a taxa de perda de energia é sempre a mesma?

Carlos Saraiva: É difícil responder essa questão. Nós acreditamos que eles vão entender melhor os conceitos associados. Com a necessidade de irem respondendo às questões do guião ou protocolo e, pelo facto de ser feita a correção/síntese das respostas, os alunos vão organizando o pensamento e demonstram a compreensão sobre os conceitos trabalhados na atividade.

J. Bernardino Lopes: Seria importante que a comunidade científica, os investigadores na área da educação em ciências físicas, pegassem neste trabalho e realizassem estudos aprofundados, que permitissem avaliar as compreensões conceptuais e o desenvolvimento de competências dos alunos. Com toda a experiência que os autores acumularam, seria muito enriquecedor olhar também para o outro lado e perceber o que é que os alunos efetivamente aprendem, identificar as várias nuances relativamente ao modo como os professores utilizam estas ferramentas na sala de aula, que ações da mediação adotam, quando implementam atividades experimentais em que se utilizam as aplicações móveis no contexto do trabalho experimental. Seria muito interessante estudar essa vertente para complementar o trabalho notável que têm vindo a desenvolver.

Tenho de salientar essa postura muito honesta relativamente ao trabalho que fazem. Mostram e partilham aquilo que conseguem fazer, o máximo partido que conseguem tirar da ferramenta *phyphox* e o que ela vos permite fazer.

Pensando nas práticas dos professores, identifica-se aqui, neste contexto, áreas de interesse comum, entre a prática e a investigação, que valeria a pena articular.

3. PERSPETIVAR UMA AGENDA ENTRE INVESTIGAÇÃO E PRÁTICA, RELATIVAMENTE AO USO DE TECNOLOGIAS MÓVEIS EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

J. Bernardino Lopes: No sentido de articular a prática e investigação no ensino é muito importante entender as dinâmicas de sala de aula. Os autores referiram que um dos aspetos importantes na implementação deste tipo de atividades é a autonomia dos alunos, que estes asseguram pelo facto de já dominarem a ferramenta. Mas, seria igualmente importante compreender de que modo promovem essa mesma autonomia, que ações adotam na sala de aula, que recursos disponibilizam, uma vez que são pontos chave para melhorar a prática docente e que, no âmbito da utilização das tecnologias móveis, tem ainda um enorme potencial, uma vez

que há poucos estudos, a este nível, baseados em dados empíricos, recolhidos em contexto natural de sala de aula.

Ao usar tecnologias móveis na aquisição de dados, no âmbito do trabalho experimental, os professores podem potenciar a construção ativa do conhecimento pelos próprios alunos, tornando a prática mais eficaz e enriquecedora e, simultaneamente, mais competentes no uso de ferramentas digitais.

Elisa Saraiva: Como seria possível transformar este trabalho de elaboração e partilha de guiões laboratoriais, aproveitando as tecnologias que tiram partido das potencialidades dos telemóveis, para tornar a aprendizagem mais significativa?

Este é um caminho que podemos explorar juntos, usando não só a *phyphox*, mas também outras ferramentas como, por exemplo o *Tracker* ou outras que utilizam sensores tradicionais.

Carlos Saraiva: Estas atividades complementam-se. Não pretendemos substituir os sensores tradicionais. Até porque os alunos também precisam de trabalhar com sensores convencionais, pelo que é importante que estejam familiarizados também com eles, uma vez que irão ser avaliados em exames nacionais, onde esse conhecimento também é testado. Portanto, estas propostas não substituem, complementam aquilo que já existe. Era isso que queria sublinhar.

Marco Naia: Fazendo uma pequena pesquisa sobre o que tem sido recentemente publicado relativamente a este tipo de atividades e propostas, que recorrem a várias formas de obter dados experimentais (Kuhn & Vogt, 2021) começa a surgir investigação focada em avaliar se o simples facto de medir com este tipo de equipamentos e aplicações, é suficiente para desenvolver nos estudantes uma perceção crítica sobre a qualidade dos dados, a incerteza, e os erros experimentais. Por exemplo, na Holanda ou na Alemanha (e.g., Kok et al., 2019) foram já publicados artigos que abordam estas questões, trabalhando especificamente a noção de erro e incerteza associada às medições de grandezas físicas com este tipo de aplicações.

No artigo que os autores publicaram no *The Physics Teacher*, foi apresentada uma precisão bastante elevada, até à quarta casa decimal em medições de tempo. A minha dúvida é saber, até que ponto essa precisão é realista, tendo em conta as limitações dos dispositivos móveis? Normalmente, a precisão dos sensores dos telemóveis não chega a esse nível.

Carlos Saraiva: Só para esclarecer, no artigo da *The Physics Teacher* não usamos a *phyphox*. Utilizámos outro sistema.

Marco Naia: Sim, usaram outro sistema. Mas no exercício em si apresentaram uma grande precisão, tanto no tempo como na distância. Gostava de perceber como conseguiram esse nível de precisão?

Carlos Saraiva: Nesse caso, a que se refere, usámos o software *Audacity*. A precisão que apresentámos deve-se ao processamento pelo *Audacity*.

Marco Naia: Aceitando alguma perda na precisão na medição da distância, mas melhorando a precisão temporal, os resultados não poderiam ser ainda melhores?

Como essas investigações têm mostrado (Kok et al., 2019), muitas vezes os alunos conseguem realizar as experiências, mas não desenvolvem uma consciência crítica sobre a qualidade dos dados. O que os estudos indicam — e são resultados bastante consistentes — é

que, mesmo tendo experiência ao nível da prática experimental, os estudantes, quando chegam ao ensino superior, não têm ainda uma ideia clara sobre a importância da incerteza e da qualidade dos dados. Este é um problema que já foi identificado em vários estudos (Hu & Zwickl, 2018). Por isso, há já propostas de trabalho que tentam incorporar mais diretamente o ensino da incerteza e do erro experimental nestas atividades com tecnologias digitais. Este é outro importante ponto de encontro entre o ensino e a investigação, neste caso no âmbito da ciência elementar e do modo como esta se constrói.

Carlos Saraiva: Todos os resultados que obtivemos, foram em condições reais, no laboratório. Não andamos à procura de resultados ideais. Os resultados que publicamos, tanto nos artigos, como nos guiões e vídeos, são mesmo os que resultam das experiências feitas pelos alunos. Em relação à incerteza, é claro que é um conceito muito difícil de trabalhar. E, como já foi referido pelo Professor Bernardino, nós não nos preocupamos muito com estas questões mais aprofundadas da investigação publicada em revistas, porque, honestamente, não temos essa capacidade, nem faria muito sentido para nós.

Marco Naia: Compreendo. Mas caso venham a fazer alguma investigação no futuro, essa questão da incerteza pode ser uma linha interessante para seguir.

Carlos Saraiva: É verdade, seria muito interessante.

J. Bernardino Lopes: A esse respeito, sobre a forma de promover a articulação entre a investigação e as práticas, acho que a primeira questão em que temos realmente de trabalhar é no sentido de aumentar a proximidade entre “nós” e “vós”. Ainda que esta designação pareça criar uma separação, o que se pretende é encontrar formas de nos aproximarmos. Seria muito interessante pensarmos num projeto conjunto, que vise detalhar o que se faz, como se faz, o que é que os alunos aprendem — ou não aprendem — com este tipo de atividades.

O Professor Marco falava da competência de ter consciência sobre a qualidade dos dados, mas há muitas outras, como perceber a física por trás da experiência, desenvolver pensamento crítico, etc. Seria importante perceber, também, se estas ferramentas ajudam os alunos a pensar em termos físicos ou se acabam por ser apenas instrumentos para “recolher dados e responder a perguntas” de forma mecânica.

Carlos Saraiva: Concordo. Aliás, gostava de reforçar que, durante algum tempo, o grande desafio era simplesmente conseguir recolher dados de forma acessível e muitos artigos focavam-se em mostrar como fazer isso. Mas hoje, o desafio mudou. A questão que se coloca não é apenas sobre como recolher dados, mas sobretudo perceber se os alunos realmente aprendem algo mais com esses dados.

Uma colaboração entre professores que trabalham com estas ferramentas e aplicações digitais e investigadores na área da educação em ciências, seria muito interessante e permitiria dar, precisamente, esse passo em frente nesta definição de uma agenda comum. Usar aplicações como a *phyphox* ou outras alternativas acessíveis para investigar de que modo a qualidade dos dados influencia a aprendizagem, e que competências realmente se desenvolvem. É uma linha de investigação que já está em curso noutros contextos e que seria muito interessante aprofundarmos também neste domínio.

Carlos Saraiva: Eu e o Albino trabalhamos juntos há cerca de 15 anos, num processo contínuo de partilha e colaboração, e gostamos daquilo que fazemos. Quanto à questão que colocou, os alunos geralmente gostam da *phyphox*. Quando o utilizamos, tentamos sempre

escolher experiências que possam também ser feitas em casa. Por exemplo, usamos a bola de roll-on, porque além de dar resultados muito bons, os alunos podem replicar a experiência fora da escola. Muitas vezes, fazem-no por iniciativa própria, trazem os resultados que analisam connosco.

De forma geral, temos um feedback positivo por parte dos alunos. Eles não só gostam de usar a *phyphox*, como partilham connosco os seus resultados — o que é facilitado pela própria aplicação, que permite essa interação. Acho que isso é uma mais-valia. Seria importante que uma comunidade de investigadores pegasse nesse tema e estudasse a fundo se a *phyphox* realmente contribui para melhores aprendizagens dos alunos. Mas esse é um trabalho que exige uma equipa multidisciplinar e especializada, porque avaliar se os alunos aprendem melhor é um processo complexo e demorado. Como sabemos, investigação em educação exige tempo e rigor, havendo muitas vertentes que se podem aprofundar.

Elisa Saraiva: Chegamos ao fim do tempo que tínhamos estipulado. Achei esta discussão muito interessante. Quando se pensa na relação entre investigação e prática, focamos a nossa atenção na investigação sobre o ensino, ou seja, no modo como podemos articular os nossos esforços e trabalho conjunto para ajudar os professores a usar melhor estas ferramentas digitais. Mas o Professor Naia trouxe uma perspetiva que, às vezes, passa despercebida, pois nem sempre se reflete ou desenvolve espírito crítico relativamente à qualidade das medições e a fiabilidade dos dados que se obtêm com os diferentes instrumentos, em particular os que envolvem este tipo de ferramentas e tecnologias digitais.

Marco Naia: Nos dias de hoje deparamo-nos com uma ironia interessante: agora que já sabemos um pouco mais sobre como usar os telemóveis na sala de aula, para a realização de experiências científicas, há cada vez mais restrições ao seu uso nas escolas.

Todavia essa questão está mal formulada. O telemóvel é uma ferramenta fantástica que permite explorar muitas possibilidades. O problema não está no dispositivo em si, mas no como e quando ele é utilizado.

Elisa Saraiva: As atuais orientações do Ministério da Educação não são meramente restritivas. As linhas orientadoras para promoção do bem-estar digital nas escolas (Nada et al., 2025) não proíbe o uso pedagógico do telemóvel em sala de aula. A restrição parece estar mais relacionada com o tempo excessivo que os alunos passam nos intervalos com os dispositivos. Dentro da sala de aula, para fins educativos, continua a ser permitido.

Carlos Saraiva: Pela nossa experiência, quando os alunos usam o telemóvel para experiências, eles ficam mais focados, não se distraem. Pelo contrário, envolvem-se mais ativamente.

Os alunos gostam de usar o telemóvel para este tipo de experiências. Quando o utilizam para recolher dados e analisar resultados, encaram-no como uma ferramenta de trabalho e não como um simples entretenimento. Agora, se o seu uso contribui para que efetivamente aprendam melhor, é algo que carece de ser cuidadosamente investigado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os editores agradecem a disponibilidade dos autores do artigo “A *phyphox* no estudo do movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola”, o qual serviu de (pre)texto para articular

e debater a investigação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia, entre investigadores e educadores na temática relacionada com o uso de aplicações móveis para a realização de trabalho experimental em aulas de ciências físicas. Agradecem, em especial, aos autores Albino Rafael Pinto e Carlos Saraiva, pela disponibilidade e pelas interessantes contribuições para o debate e para a elaboração deste texto.

O debate, que se seguiu à apresentação do contexto e motivação para a implementação e partilha de propostas de utilização de tecnologias móveis no desenvolvimento de trabalho experimental na sala de aula, centrou-se, essencialmente, em torno das seguintes questões: a) como poderão as comunidades de docentes e investigadores apoiar os professores na implementação de atividades experimentais com recurso a tecnologias móveis; ? b) De que forma podemos, em conjunto, repensar a articulação entre investigação e prática no ensino da Física, em particular no uso de tecnologias móveis em atividades experimentais, para garantir uma aprendizagem significativa, cientificamente rigorosa e alinhada com o desenvolvimento das competências digitais dos professores e dos alunos?

Na reflexão sobre a primeira pergunta identificaram-se alguns cuidados e dificuldades na implementação deste tipo de atividades, nomeadamente: i) a necessidade de familiarizar previamente os alunos com a ferramenta digital; ii) uma redobrada atenção na seleção e dimensionamento dos sistemas experimentais; iii) existência de limitações associadas à precisão dos sensores móveis e gestão das incertezas associadas. Tais dificuldades, podem ser minimizadas pela partilha de práticas testadas e validadas, uma vez que permitem aumentar a confiança dos professores na implementação de tecnologias móveis na sala de aula.

Da segunda questão surgiram as seguintes propostas de pontos de interesse comuns, para articulação entre investigação e prática no ensino da Física: i) recolha em sala de aula de evidências sistemáticas sobre o impacto direto do uso das tecnologias móveis nas aprendizagens, na área das ciências, em particular das ciências físicas; ii) estudo sobre a eficácia do uso de aplicações móveis no desenvolvimento das competências científicas dos alunos; iii) investigação sobre o impacto da utilização de tecnologias no entendimento da física experimental e na gestão da incerteza experimental; iv) apoio aos professores na mediação em sala de aula e na orquestração didática deste tipo de ferramentas, em particular para o desenvolvimento de tarefas experimentais.

O desenvolvimento de formação, inicial e contínua, focada não apenas no uso da tecnologia, mas na sua integração pedagógica e científica, permitirá aos docentes implementar atividades experimentais científica e pedagogicamente mais rigorosas e fundamentadas.

REFERÊNCIAS

- Antonatou, C. M., Cavadas, B., Fonseca, M. J., Mavrikaki, E., Silva, J., & Pinto, X. (2024). 160 anos após as origens: o que é necessário para promover a literacia evolutiva na Europa. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 5(1), 83-94. doi:<https://doi.org/10.58152/APeDuCJournal.516>
- Araújo, J. L., Costa, A. P., & Lopes, J. B. (2024). Uso do Chat GPT no planeamento do ensino de química: potencialidades e Desafios da IA para a educação em ciências e tecnologias. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 5(2), 133-152. doi:<https://doi.org/10.58152/APeDuCJournal.569>
- Baptista, M., Cunha, A. E., Vieira, H., Araújo, J. L., Morais, C., & Lopes, J. B. (2022). A voz de investigadores e professores sobre a articulação entre a investigação e as práticas de ensino em educação em ciência. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 3(2), 116-129.
- De-Carvalho, R., Karat, M. T., Dorneles, D. E., & Giraldi, P. (2022). Educação em ciências e ambiente entre o passado e o presente: debates a partir de uma pesquisa historiográfica. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 3(2), 130-140.
- DGE. (2018a). Aprendizagens Essenciais de Física e Química A - 10º ano. Retrieved from <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-secundario>
- DGE. (2018b). Aprendizagens Essenciais de Físico-Química para o Ensino Básico - 8º ano. Retrieved from <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-basico>
- Fiolhais, C., Festas, I., & Damião, H. (2014). Programa de Física e Química A 10.º e 11.º anos: Curso científico-humanístico de Ciências e Tecnologias Retrieved from <https://www.dge.mec.pt/fisica-e-quimica-0>
- Galvão, C., Goulão, L. F., Calafate, L., Costa, I. A., Morais, C., & Lopes, J. B. (2021). Ciências da Sustentabilidade versus Ciências para a Sustentabilidade: desafios à investigação e à Prática. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 2(2), 169-198.
- Hu, D., & Zwickl, B. M. (2018). Examining students' views about validity of experiments: From introductory to Ph. D. students. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010121. doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010121>
- IAVE. (2024). Informações-Prova 2024/2025. Retrieved from <https://iave.pt/provas-e-exames/informacoes/>
- Joglar-Prieto, N., Belmonte, J. M., Pizarro, N., Ramirez, M., Boga, T., Marcos, J. A., . . . Mendez, M. (2022). Oportunidades de desarrollo profesional conjunto en un entorno colaborativo con maestros, formadores de maestros e investigadores en educación matemática. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 3(1), 120-133.
- Kelchtermans, G. (2021). Keeping educational research close to practice. *British Educational Research Journal*, 47(6), 1504-1511. doi:<https://doi.org/10.1002/berj.3716>
- Kok, K., Priemer, B., Musold, W., & Masnick, A. (2019). Students' conclusions from measurement data: The more decimal places, the better?. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 010103. doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010103>
- Kuhn, J. & Vogt, P (2022). *Smartphones as mobile minilabs in physics: Edited Volume Featuring more than 70 Examples from 10 Years The Physics Teacher-column iPhysicsLabs*. Springer.
- Nada, C., Simão, A. M. V., Monteiro, A., Lázaro, C., Magalhães, C., Ponte, C., . . . Ferreira, P. (2025). *Recomendações para a Promoção do Bem-Estar Digital nas Escolas*. In. Retrieved from <https://projetos.dge.mec.pt/doc/Recomendacoes para a Promocao do Bem Estar Digital nas Escolas.pdf>
- Nolla, Á., Muñoz, R., Ribeiro, M., Pizzaro, N., Guede-Cid, R., Ramírez, M., . . . Méndez, M. (2023). Comparativa de la formación inicial de matemática y su didáctica de los futuros maestros. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 4(2), 197-212. doi:<https://doi.org/10.58152/APeDuCJournal.485>

- Paixão, V. V. M., Cruz, M. C. P., Mortimer, E., Silva, A., Cassiani, S., & Lopes, J. B. (2021). Desafios Sócio-científicos às práticas educativas e à investigação tendo como (Pre) texto um artigo relatando a construção de um biodigestor numa escola do Brasil. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 2(1), 150-167.
- Pinto, A. R. (2010). Física na Lixa. Retrieved from <https://fisicanalixa.blogspot.com/>
- Pinto, A. R., & Saraiva, C. (2021). Determinação do valor da aceleração gravítica com a aplicação phyphox. *Gazeta de Física*, 44(1), 18-20.
- Pinto, A. R., & Saraiva, C. (2022). Determining Gravitational Acceleration Accurately and Simply. *The Physics Teacher*, 60(3), 216-217.
- Pinto, A. R., & Saraiva, C. (2023a). Determinação do período e da frequência de um sinal sonoro com a aplicação phyphox. *Gazeta de Física*, 46(2), 34-36.
- Pinto, A. R., & Saraiva, C. (2023b). A phyphox no estudo do movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola. *Gazeta de Física*, 46(3), 15-18.
- RWTH-Aachen. (2016). Phyphox – Physical Phone Experiments. Retrieved from <https://phyphox.org/>
- Saraiva, E., Silva, C. M., Pereira, H., Lopes, F., & Lopes, J. B. (2023). Geodiversidade urbana como recurso educativo com potencial para aprendizagens promotoras de sustentabilidade geológica. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 4(1), 208-237.
- Wyse, D., Brown, C., Oliver, S., & Poblete, X. (2021). Education research and educational practice: The qualities of a close relationship. *British Educational Research Journal*, 47(6), 1466-1489. doi:<https://doi.org/10.1002/berj.3626>

BREVES NOTAS BIOGRÁFICAS SOBRE OS CONVIDADOS:

Carlos Saraiva - Licenciado em Física pela Universidade de Coimbra, Mestre em Ensino de Física e Química pela Universidade de Aveiro. Professor de Física e Química no Agrupamento de Escolas de Trancoso. É coautor de simulações e de artigos publicados na *Gazeta de Física*, na *Physics Education* e na *The Physics Teacher*. Também é coautor de recursos digitais premiados pela Casa das Ciências e de dois livros. É embaixador da aplicação *phyphox*, que é uma referência mundial. Em 2024 ganhou o prémio de melhor artigo publicado na *Gazeta de Física* (Prémio- Lídia Salgueiro) atribuído pela Sociedade Portuguesa de Física.

Albino Rafael Pinto - Licenciado em Física pela Universidade da Beira Interior e Mestre em Física pela Universidade do Minho. Professor de Física e Química no Agrupamento de Escolas da Lixa, Felgueiras. É coautor de artigos publicados na *Gazeta de Física* e na *The Physics Teacher*. Também é coautor de recursos digitais premiados pela Casa das Ciências e de um livro de exercícios para o 11º ano. É embaixador da aplicação *phyphox*. Desenvolve simulações utilizando ferramentas computacionais de acesso gratuito. É autor do blog: <http://fisicanalixa.blogspot.com/>. Em 2022 ganhou o “Prémio André Freitas – Boas práticas pedagógicas” atribuído pela Sociedade Portuguesa de Física. Em 2024 ganhou o prémio de melhor artigo publicado na *Gazeta de Física* (Prémio- Lídia Salgueiro) atribuído pela Sociedade Portuguesa de Física.

Marco Naia – Licenciado e Doutoramento em Física pela Universidade de Coimbra. É Professor Auxiliar do Departamento de Física da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). É físico experimental e iniciou a sua formação científica na área da antimatéria, no laboratório de Física Atómica da Universidade de Trento. Também tem desenvolvido trabalhos de investigação na área das simulações e laboratórios virtuais.