

COLÉGIO PEDRO II

Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura
Especialização em Ensino de Física na Educação Básica

SAMIR SANTOS COSTA

ELETRÔNICA E PHYPHOX:
integração e inclusão de tecnologias no ensino de Física

Rio de Janeiro
2023



SAMIR SANTOS COSTA

ELETRÔNICA E PHYPHOX: INTEGRAÇÃO E INCLUSÃO DE TECNOLOGIAS NO
ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Ensino de Física na Educação Básica, vinculado à Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura do Colégio Pedro II, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Ensino de Física na Educação Básica.

Orientador: Prof. M.e Vitor Cossich de Holanda Sales.

RIO DE JANEIRO

2023

COLÉGIO PEDRO II

PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA, EXTENSÃO E CULTURA

BIBLIOTECA PROFESSORA SILVIA BECHER

CATALOGAÇÃO NA FONTE

C838 Costa, Samir Santos

Eletrônica e Phyphox: integração e inclusão de tecnologias no ensino de física / Samir Santos Costa. - Rio de Janeiro, 2023.

42 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física na Educação Básica) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura.

Orientador: Vitor Cossich de Holanda Sales.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Eletrônica. 3. Phyphox (Aplicativo móvel). 4. Física - Experimentos. 5. Método experimental. I. Sales, Vitor Cossich de Holanda. II. Colégio Pedro II. III Título.

CDD 530

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Simone Alves – CRB7 5692.

SAMIR SANTOS COSTA

ELETRÔNICA E PHYPHOX: INTEGRAÇÃO E INCLUSÃO DE TECNOLOGIAS NO
ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Ensino de Física na Educação Básica, vinculado à Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura do Colégio Pedro II, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Ensino de Física na Educação Básica.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.e Vitor Cossich de Holanda Sales (Orientador)
Colégio Pedro II

Prof. M.e Eduardo Couto de Lima
Colégio Pedro II

Prof. M.e Carlos Frederico Marçal Rodrigues
Colégio Pedro II

À minha irmã.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos e todas que contribuíram de forma positiva e (in)direta para o desenvolvimento deste trabalho. Em particular, agradeço: ao meu orientador, Vitor Cossich, pelas contribuições, pela confiança e pelo apoio ao longo dessa jornada; ao Colégio Pedro II, CP2, pela estrutura disponibilizada e pelos competentes profissionais da educação envolvidos; à Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, por estimular o desenvolvimento humano e profissional do seu quadro de servidores e da sociedade como um todo.

"Quando atuamos no sentido de incidir sobre o *design* original de um ser, seja ele humano ou não, e formatá-lo para que tenha alguma utilidade, estamos incorrendo em uma violência sobre o percurso que ele já está habilitado a percorrer aqui na Terra." (Ailton Krenak)

RESUMO

COSTA, Samir Santos. **Eletrônica e Phyphox: integração e inclusão de tecnologias no ensino de Física**. 2023. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física na Educação Básica) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura, Rio de Janeiro, 2023.

O exercício da prática docente no Brasil é um ato de resistência. Particularmente, ensinar Física tem se tornado cada vez mais desafiador devido à incidência de percalços antigos e contemporâneos na dinâmica escolar: carência de docentes, infraestrutura precária, professores desvalorizados, movimentos anticientíficos, pandemia etc. Neste contexto, professores e pesquisadores da área de Física têm desenvolvido e aprimorado diferentes metodologias em prol de um ensino contextualizado e de qualidade. Dentre elas, pode-se destacar a implementação de tecnologias nas aulas dessa disciplina. Neste trabalho, propõe-se a integração de diferentes tecnologias através de uma abordagem experimental. A proposta consiste no desenvolvimento colaborativo (por alunos e professores) de um circuito eletrônico, o qual funcionará simultaneamente ao aplicativo *Phyphox* (instalado em um *smartphone*) para a obtenção de medidas de intervalo de tempo com precisão. Destaca-se que a socialização e a reflexão dos diferentes saberes durante e após as etapas de construção são tão importantes quanto a materialização do produto ou de uma atividade experimental específica.

Palavras-chave: eletrônica; Phyphox; ensino de Física; abordagem experimental.

ABSTRACT

COSTA, Samir Santos. **Eletrônica e Phyphox: integração e inclusão de tecnologias no ensino de Física**. 2023. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física na Educação Básica) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura, Rio de Janeiro, 2023.

Teaching in Brazil is an act of resistance. Particularly, teaching Physics has become increasingly challenging due to the incidence of old and contemporary mishaps in school dynamics: lack of teachers, poor infrastructure, undervalued teachers, anti-scientific movements, pandemic, etc. In this context, professors and researchers in the Physics area have developed and improved different methodologies in favor of a contextualized and quality teaching. The use of technologies in Physics classes can be highlighted among them. In this work, the integration of different technologies using an experimental approach is proposed. The proposal consists in the collaborative development (by students and teachers) of an electronic circuit, which will work simultaneously with the Phyphox app (installed on a smartphone) to obtain accurate time interval measurements. It is highlighted that the socialization and reflection of the different knowledge during and after the construction stages are as important as the materialization of the product or a specific experimental activity.

Keywords: electronics; Phyphox; Physics teaching; experimental approach.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Capturas de tela das abas na função <i>Cronômetro Acústico</i>	23
Figura 2 – Esquema do circuito proposto	25
Figura 3 – Partes do circuito isoladas	26
Figura 4 – Gráfico do peso em função da distensão da mola (simples)	32
Figura 5 – Gráfico do peso em função da distensão da mola equivalente (série)	32
Figura 6 – Gráfico da distância percorrida em função do tempo para uma esfera rolando em um plano inclinado.	34
Figura 7 – Simulação do circuito proposto	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Grandezas obtidas no experimento pêndulo simples	29
Tabela 2 – Resultados teóricos e experimentais do experimento massa-mola	31
Tabela 3 – Grandezas obtidas no experimento plano inclinado	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVA	Ambientes Virtuais de Aprendizagem
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CF	Constituição Federal
CI	Circuito Integrado
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
LED	<i>Light-Emitting Diode</i>
MEC	Ministério da Educação
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	ARCABOUÇOS TEÓRICO E METODOLÓGICO	14
2.1	Fundamentação teórica	14
2.1.1	Perspectivas atuais sobre o ensino médio	14
2.1.2	Análise sobre o ensino de Física no Brasil	16
2.1.2.1	<i>Formação de Professores</i>	16
2.1.2.2	<i>Física e o exercício crítico da Cidadania</i>	17
2.1.2.3	<i>Utilização de TICs</i>	18
2.2	Metodologia	19
2.2.1	Bases metodológicas	20
3	FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS NO ENSINO DE FÍSICA	21
3.1	Apresentação da proposta	21
3.1.1	O aplicativo <i>Phyphox</i>	22
3.1.2	O circuito	24
4	APLICAÇÕES E RESULTADOS	27
4.1	Métodos utilizados para a apresentação dos resultados	28
4.2	Experimento A: Pêndulo Simples	29
4.3	Experimento B: Molas	30
4.4	Experimento C: Plano Inclinado	33
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
	REFERÊNCIAS	38
	APÊNDICE A – CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO	40
	APÊNDICE B – DADOS BRUTOS (PÊNDULO)	42

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, a organização do ensino no Brasil é marcada por avanços e retrocessos nas diferentes etapas de formação. Esse “efeito sanfona” na legislação que regulamenta a dinâmica das instituições de ensino pode ser visto como consequência de uma disputa de interesses entre diferentes setores da sociedade: de um lado, grupos preocupados com a formação e a emancipação do indivíduo para o exercício crítico da cidadania; do outro, grupos interessados na mercantilização da educação e na formação de mão-de-obra operacional condescendente.

Independentemente das alas políticas que estão no fronte das tomadas de decisões que atingem diretamente a estrutura da educação básica, deve-se destacar que, muitas vezes, os atores principais que compõem as instituições de ensino (ou seja, alunos e profissionais da educação) não são consultados a respeito das principais demandas que só podem ser identificadas pelos personagens que vivem o dia a dia escolar. Consequentemente, o que se observa é uma má distribuição ou subutilização de recursos, o que precariza e compromete o processo de formação de qualidade.

Considerando o exposto acima, pode-se presumir que as diferentes áreas da educação são impactadas em diferentes graus de intensidade, e o ensino de Física não poderia passar incólume. Na verdade, há algumas décadas que problemas acerca dessa prática vem sendo amplamente denunciados: carência de professores, falta de políticas de formação continuada, deslegitimação das Ciências, ausência e precarização de laboratórios didáticos, entre outras.

Felizmente, na contramão do sucateamento da educação como um todo, há indivíduos comprometidos com o fortalecimento e a importância da Física durante o processo de formação básica. Sendo assim, na tentativa de somar forças construtivas ao ensino de Física, apresenta-se, neste trabalho, uma proposta de utilização de diferentes recursos tecnológicos como uma metodologia de ensino alternativa; a proposta consiste no desenvolvimento colaborativo de um circuito eletrônico, que funciona conjuntamente a um *smartphone* para a realização de medidas de intervalo de tempo.

No capítulo 2, as bases teóricas e metodológicas que norteiam este trabalho são apresentadas. Uma breve reflexão sobre o ensino médio e o ensino de Física no Brasil é realizada, com ênfase em algumas mazelas que orbitam o ambiente escolar e assolam o exercício de uma prática docente com qualidade.

O capítulo 3 é orientado à apresentação da proposta principal deste trabalho. Nesta seção, detalhes a respeito do desenvolvimento e do funcionamento do circuito eletrônico são apre-

sentados, bem como informações sobre a utilização do aplicativo que funcionará conjuntamente ao circuito: o *Phyphox*.

Os resultados provenientes dos experimentos realizados com o objetivo de validar a aplicabilidade da proposta são apresentados no capítulo 4; os critérios adotados para análise e apresentação dos resultados são encontrados na primeira parte do capítulo. Foram selecionados três experimentos da área de Mecânica, porém, a aplicação da proposta não se restringe às situações investigadas, podendo, portanto, ser estendida a outras aplicações.

Finalmente, algumas considerações finais são desenvolvidas no capítulo 5, onde é realizado um resumo a respeito dos principais pontos e das apropriações que o autor espera que sejam realizadas com a utilização da proposta sugerida.

2 ARCABOUÇOS TEÓRICO E METODOLÓGICO

Este capítulo contém a base teórico-metodológica que norteia o desenvolvimento deste trabalho. Inicialmente, uma breve reflexão sobre o ensino médio no Brasil é realizada, destacando-se algumas análises a respeito da legislação em vigor. Em seguida, o foco é redirecionado para a disciplina de Física, discutindo-se problemas que dificultam o ensino-aprendizagem desta, e propostas de soluções com ênfase em atividades experimentais. Por fim, a metodologia utilizada é apresentada na última seção.

2.1 Fundamentação teórica

2.1.1 Perspectivas atuais sobre o ensino médio

De 2017 até a conclusão deste trabalho, a matriz educacional brasileira vem sofrendo uma série de mudanças quanto à sua estrutura e aos seus objetivos. Paralelamente às discussões políticas e ideológicas que, historicamente, fomentam essas transições, as instituições de ensino públicas se viram em situações agoniantes marcadas por um cenário de pandemia e de instabilidade governamental, sendo a última caracterizada por cortes/contingenciamentos de recursos e pela alta rotatividade no Ministério da Educação (MEC) (GARNICA, 2022)¹.

Dentre as etapas da educação brasileira que têm sido objeto de debates recentes e “acalorados”, pode-se destacar o ensino médio. Impactados pelas questões supracitadas explicitamente, os atores vinculados a esse nível de ensino também experimentaram (na verdade, ainda experimentam) as incertezas relacionadas à reforma do ensino médio (estabelecida pela Lei nº 13.415, de 2017), e as emoções inerentes à conclusão desta etapa (ou seja, inserção no mercado de trabalho e/ou continuidade dos estudos) (MORAES, 2022; GARNICA, 2022).

Embora não seja o escopo deste trabalho fazer uma análise da legislação vigente que rege a educação brasileira e, em particular, o ensino médio, duas leis são fundamentais quando se trata de educação: a Constituição Federal (CF), de 1988, e a Lei de Diretrizes e Bases (LDB), de 1996. Um ponto a ser destacado é que, a primeira, nos seus Arts. 205 e 208, e a segunda, no seu Art. 5, asseguram a educação básica como um direito de todos os cidadãos e dever do Estado (BRASIL, 1988, 1996). Outro ponto é que a LDB regulamenta a CF. Sendo assim, focando

¹ O trabalho de Garnica é uma construção híbrida que reúne referências acadêmicas e artigos veiculados na mídia. É importante destacar que a leitura das notas de rodapé apresentadas pelo autor (onde podem ser encontrados os *links* para os sítios) é tão fundamental quanto a leitura do texto principal.

no ensino médio, o Art. 35 da Lei de Diretrizes e Bases estabelece que, esta etapa, terá como finalidades:

- I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
 - II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
 - III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
 - IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.
- (BRASIL, 1996)

Considerando uma sociedade dinâmica e em constante transformação, pode-se notar que os incisos destacados acima são claros quanto aos objetivos a serem alcançados no final da etapa em discussão: a formação de um sujeito crítico, autônomo, atuante, capaz de dar prosseguimento aos estudos (como o ingresso no ensino superior, por exemplo) e/ou se inserir no mercado de trabalho, e que saiba exercer a sua cidadania de forma ética ao transitar do campo teórico para o prático, a partir da apropriação dos saberes científicos desenvolvidos.

Em uma sociedade economicamente estratificada como a brasileira, cujas desigualdades foram descortinadas pela pandemia, implementar o Art. 35 da LDB, de forma integrada, é uma tarefa difícil, principalmente quando seu conteúdo sofre “ressignificações” a fim de atender aos interesses de setores específicos da sociedade que são regidos pela “lógica do capital” (FERRETTI, 2018); dependendo da camada social que um indivíduo ocupe, alguns dos incisos apresentados ficam embaçados, ou até mesmo apagados.

Para alguns autores, as modificações provenientes da promulgação da Lei nº 13.415 promovem um aprofundamento das desigualdades sociais e uma precarização do ambiente escolar (FERRETTI, 2018; SILVA, 2018). Em um artigo recente, Moraes *et al.* (2022) apontam que as mudanças estruturais no currículo prescrito, propostas pela lei mencionada no início deste parágrafo, e em consonância com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), não encontram viabilidade de implementação nas escolas públicas (em âmbito nacional), uma vez que mazelas historicamente estruturais ainda não foram superadas: carência de professores, instalações precárias, turmas com número excessivo de alunos, salários dos profissionais da educação defasados, etc. Além disso, os autores mencionam que tais mudanças estimulam a operacionalização dos saberes escolares com fins de atender às demandas imediatas do mercado, potencializando, assim, a dicotomização entre as formações geral e profissional, e acarretando o empobrecimento da educação básica.

No meio desse turbilhão de eventos, marcado por um avanço neoliberal impulsionado pela mercantilização da educação em esfera nacional, reside (resiste) o ensino de Física com as suas particularidades; a seção seguinte contém um panorama geral sobre algumas dificuldades e possibilidades para o exercício deste, considerando o contexto exposto.

2.1.2 Análise sobre o ensino de Física no Brasil

Os problemas que rodeiam o ensino de Física no Brasil não são novos. Ainda que pesquisas nessa área ocorram desde a década de 1980, “esse ensino está em crise” (MOREIRA, 2018); e como se não fossem suficientes os problemas mencionados na seção anterior, o ensino de Física (na verdade, das Ciências, de modo geral) ainda foi atingido por uma onda negacionista e anticientífica que ganhou corpo durante o período da pandemia, com destaque para os movimentos antivacina e terraplanista (GARNICA, 2022). Ou seja, desafios contemporâneos relacionados a tópicos que, aparentemente, já haviam sido superados.

Moreira (2018) aponta em seu trabalho uma série de pontos que desfavorecem um ensino de Física de qualidade. Dentre eles, podem ser destacadas a precariedade na formação dos professores, a falta de conexão entre a Física e o exercício da cidadania, e a baixa incorporação das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) nas escolas. Abaixo, algumas reflexões sobre esses tópicos particulares são desenvolvidas.

2.1.2.1 Formação de Professores

Um professor com uma formação sólida é fundamental para um processo de ensino-aprendizagem de qualidade; não há discordância quanto a isso. Defende-se neste trabalho que, “formação”, deve ser lida como o domínio dos conceitos correspondentes à área a ser ministrada, a capacidade de promover a transposição didática, ou seja, de levar os “saberes sábios” (científicos) ao campo dos “saberes a ensinar” (o que de fato se reproduz na sala de aula), e, sobretudo, a habilidade de mediar a dinâmica na sala de aula. Ademais, espera-se que tal dinâmica seja conduzida e apoiada nos ideais freireano e schöniano, ou seja, se oponha à reprodução de um ensino pautado em uma lógica de transmissão/deposição unilateral do conhecimento - “educação bancária” (FREIRE, 1987), e seja marcada pela reflexão do profissional docente sobre e em sua prática (SCHÖN, 1992).

Infelizmente, o que se observa, de modo geral, é um negligenciamento dessas concepções. Tardif e Moscoso (2018) apontam que a instrumentalização do “profissional

reflexivo”, a fim de atender às demandas imediatas dos programas de formação e do mercado, promove o empobrecimento das ideias schönianas, afastando-as das suas bases filosóficas e sociológicas. Neste sentido, pode-se destacar uma “fabricação” de profissionais acelerada e massificada em detrimento da formação específica, pedagógica e epistemológica.

Por fim, é importante destacar que a implementação de políticas públicas de incentivo à formação continuada docente são fundamentais para o estabelecimento e a manutenção de um ensino de qualidade, levando-se em consideração as peculiaridades socioeconômicas, culturais e políticas regionais/temporais.

2.1.2.2 Física e o exercício crítico da Cidadania

Pensando metaforicamente, a interação da Física com a Cidadania é de natureza atrativa; entretanto, o que se tem observado em âmbito nacional é um afastamento entre as duas devido a ações de forças externas. Essas “forças” se revelam de diferentes maneiras, sendo algumas destacáveis.

Uma delas está relacionada ao problema mencionado acima (formação de professores), quando o docente se apoia exclusivamente em uma prática tradicional e defasada, pautada na “testagem” e na resolução mecânica de exercícios descontextualizados da realidade dos alunos, e não se apropria dos avanços tecnológicos como ferramentas de ensino. Outra que pode ser frisada é a série de empecilhos e/ou impedimentos impostos por algumas instituições de ensino quando se tenta realizar uma prática docente crítica e contextualizada; nesses casos, as orientações institucionais costumam ser de natureza propedêutica, com o foco direcionado para as estatísticas de aprovação no ensino superior (MOREIRA, 2018).

Neste trabalho, defende-se que as “forças externas” sejam orientadas no sentido de incentivar a aproximação entre a Física e o exercício crítico da cidadania. Logo, estimula-se que o profissional docente (reflexivo) promova um ensino crítico e emancipador, dando voz e protagonismo ao aluno para que o mesmo possa expor suas concepções prévias sobre os saberes a serem trabalhados em sala de aula. Para tal, é precípua o papel da instituição de ensino enquanto agente fomentador, fornecendo as ferramentas necessárias para um ensino de qualidade e possibilitando a autonomia docente em sala de aula.

2.1.2.3 Utilização de TICs

São notáveis os avanços tecnológicos nos últimos 30 anos: a evolução e a diversificação das tecnologias de gravação e armazenamento de dados, o desenvolvimento de computadores mais potentes, o advento e a expansão da Internet, a produção de *smartphones* e *tablets*, o desenvolvimento de softwares e sistemas operacionais, etc. Diante disso, tais tecnologias deveriam ser continuamente incorporadas ao processo de ensino-aprendizagem. Entretanto, o que se pode observar é uma morosidade ou inércia quanto a essa implementação (MOREIRA, 2017, 2018).

Com a eclosão da pandemia de COVID-19, o uso de algumas tecnologias digitais foi impulsionado. Devido ao isolamento social, os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) ganharam espaço e foram adotados pelas instituições de ensino, em todas as etapas da educação, de forma intensificada. Do ponto de vista particular da Física, na tentativa de sanar a impossibilidade da realização de aulas experimentais presenciais, outras ferramentas tecnológicas ganharam destaque, das quais algumas são apresentadas abaixo.

Arantes, Miranda e Studart (2010) já haviam apresentado as potencialidades do sítio *Phet*². Este ambiente possibilita a realização de simulações computacionais de fenômenos físicos relacionados aos diferentes campos da Física. Conforme apontam os autores, as simulações podem servir como um excelente material de apoio para a introdução de um novo conceito, o desenvolvimento de um determinado tópico e o reforço de um assunto trabalhado em sala de aula.

Outra ferramenta computacional interessante é o software *Tracker*, o qual possibilita a investigação de diversos experimentos de Física através de videoanálise. Bezerra Jr *et al.* (2012) realizaram alguns experimentos de Mecânica que foram analisados com o *Tracker*; os resultados reportados pelos autores, além de mostrarem ótimo acordo entre teoria e experimento, indicam a sua proeminente aplicação nos diferentes níveis da educação, com destaque para as turmas com baixa disponibilidade de carga horária.

Vieira (2013) apresentou uma série de aplicações de *smartphones* e *tablets* no ensino de Física. Explorando os diferentes sensores que compõem esses dispositivos (acelerômetro, magnetômetro, microfone, etc.), e em consonância com aplicativos específicos desenvolvidos para cada um, o autor explorou uma diversidade de fenômenos físicos, chamando a atenção para a coleta simples e rápida dos dados experimentais, e para a maior valorização da discussão dos resultados.

² https://phet.colorado.edu/pt_BR

Ora, como pode ser verificado acima, diversas possibilidades de aplicação das TICs na Educação já podiam ser encontradas na literatura há mais de uma década. Entretanto, o que se percebe é um subaproveitamento desses recursos, o qual se entende, neste trabalho, consequência de alguns fatores, como: baixo alcance da produção acadêmica na educação básica e subutilização nos cursos de formação de professores; carência e/ou precarização de programas de atualização e formação continuada; resistência, por parte de alguns professores; falta de investimentos em laboratórios (não) estruturados; carga horária reduzida e burocracias impostas por algumas instituições de ensino.

Por fim, entende-se que a instrumentalização do ambiente escolar com tecnologias distintas não configura uma solução por si só das mazelas que permeiam o ensino de Física. Neste sentido, é fundamental a participação do professor reflexivo, o qual, a partir da avaliação de cada contexto, deverá escolher e empregar o(s) recurso(s) de forma adequada.

Neste trabalho se pretende explorar o uso de tecnologias integradas no ensino de Física através de uma abordagem experimental. A seção seguinte contém detalhes a respeito da metodologia empregada e das intenções almejadas a partir da proposta apresentada.

2.2 Metodologia

O propósito principal almejado com o desenvolvimento deste trabalho é oferecer uma alternativa técnica para a realização de atividades experimentais no ensino de Física. Sem nenhuma pretensão de que a proposta seja interpretada como uma panaceia para todos os problemas que dificultam o exercício deste com qualidade, ou o impossibilitam, a intenção é de minimamente atenuá-los e de potencializar o engajamento dos alunos durante as aulas ao fazer uso de tecnologias contemporâneas. Nessa perspectiva, espera-se que a ideia possa ser utilizada, nas etapas básica e superior da Educação, tanto em laboratórios não estruturados quanto em laboratórios escolares/universitários.

Em linhas gerais, a proposta consiste na elaboração de um circuito eletrônico que funcione de forma integrada com um *smartphone* (ou *tablet*) – uma descrição detalhada sobre o funcionamento de cada parte será fornecida no capítulo seguinte. Levou-se em consideração a fácil aquisição e o baixo custo dos componentes eletrônicos para a construção do circuito, bem como a utilização de um sensor contido em qualquer aparelho celular: o microfone.

Embora o material não tenha sido aplicado em sala de aula, algumas práticas de natureza “verificacionista” foram realizadas para com fins de validação, as quais são apresentadas

em capítulo dedicado. Vale frisar que a não implementação no âmbito escolar se deu em virtude de algumas características inerentes do programa de pós-graduação ao qual este trabalho está vinculado – por exemplo, não exigência de aplicação, duração e prazos curtos, etc. Finalmente, considerando as subjetividades do processo de ensino-aprendizagem, e as peculiaridades de cada turma e/ou instituição, optou-se por não apresentar uma atividade fechada. Entretanto, em cada experimento realizado, eixos e possibilidades de utilização são apresentados.

2.2.1 Bases metodológicas

Dos aspectos metodológicos que podem ser explorados com o material desenvolvido, sob a égide das subjetividades mencionadas (como carga horária disponível e perfis dos atores envolvidos, por exemplo), salientam-se as categorias elencadas no trabalho de Araújo e Abib (2003), ou seja, ênfase matemática (qualitativo x quantitativo), grau de direcionamento (demonstrativo, verificacionista ou investigativo), cotidiano, uso de novas tecnologias e montagem de equipamento. Sem dúvida, este trabalho concentra, pelo menos, as duas últimas categorias.

A opção por não definir uma atividade específica para a aplicação do material leva à reflexão sobre o grau de abertura (ou liberdade) de uma atividade investigativa, tão bem discutido por Borges (2002), e Sasseron e Machado (2017). Este, por sua vez, se refere ao nível de autonomia que um aluno tem diante de um problema; quanto mais independência é proporcionada ao aluno na condução de uma atividade (levantamento das hipóteses, escolha das ferramentas, coleta de dados, conclusões, etc.), maior é o seu grau de abertura.

No contexto desse trabalho, defende-se que a construção de uma única atividade se restringe a apenas um nível de direcionamento, podendo, assim, limitar a utilização do material sob outras perspectivas (ou provocar uma subutilização). Sendo assim, em termos de grau de abertura, prefere-se adotar este como uma variável, ψ ; o “colapso” de ψ em um dos níveis discretos discutidos pelos autores mencionados acima, dar-se-á condicionado às condições, às interlocuções e às vivências dos atores que compõem um determinado ambiente escolar.

3 FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS NO ENSINO DE FÍSICA

Este capítulo é dedicado à apresentação da proposta principal deste trabalho. Inicialmente, uma descrição geral sobre as motivações e intenções por trás da elaboração é apresentada, bem como os aspectos operacionais do projeto. Em seguida, as partes que compõem a proposta são abordadas em subseções independentes, onde os detalhes precípuos de cada uma são apresentados.

3.1 Apresentação da proposta

Como mencionado brevemente no capítulo anterior, o objetivo que se tem com a elaboração deste trabalho é apresentar um recurso tecnológico para com aplicação em atividades experimentais no ensino de Física, ou seja, uma proposta de implementação de TICs nessa área. O foco foi orientado para atividades experimentais de Mecânica que possam ser trabalhadas a partir da observação de um objeto em movimento; a intenção é realizar medidas de intervalos de tempo com o auxílio de um aparelho celular (algumas aplicações são apresentadas no capítulo 4), e a partir dessas discutir conceitos e/ou obter grandezas físicas.

Atualmente, os *smartphones* comercializados contêm uma variedade de sensores em sua arquitetura. Entretanto, a quantidade e a qualidade de sensores disponíveis em um aparelho celular são fatores que influenciam diretamente o valor praticado comercialmente, o que acaba limitando o acesso de uma parcela significativa da sociedade a dispositivos mais sofisticados. A fim de promover um maior alcance da proposta, principalmente em termos de acessibilidade, pensou-se em explorar, como sensor de detecção durante as medidas, o microfone, dispositivo comum a todos os aparelhos celulares, independentemente do modelo ou fabricante.

Para a realização de tais medidas, desenvolveu-se um “conjunto” eletrônico, o qual pode ser visualizado da seguinte maneira: uma parte composta por um sensor óptico e uma “placa controladora” (circuito), e outra parte responsável pela captação do sinal e gravação dos dados (*smartphone*).

Do ponto de vista operacional, o objeto em movimento interage diretamente com o circuito através do sensor óptico. Quando este tem o seu estado alterado (obstruído), um sinal elétrico é enviado à placa controladora. Esta, por sua vez, converte o sinal elétrico em um sinal sonoro (finito), o qual será detectado pelo *smartphone* através do seu microfone, iniciando ou parando, assim, a contagem de um cronômetro. Note que, nesta configuração, o *smartphone* faz

uma medida “indireta” do fenômeno, cujo sinal detectado foi previamente processado pela placa controladora.

O cronômetro mencionado acima compõe um dos recursos fantásticos de um aplicativo para celular: o *Phyphox*; algumas características deste programa são apresentadas na seção seguinte.

3.1.1 O aplicativo *Phyphox*

O *Phyphox*³ é um aplicativo gratuito que possibilita a realização de uma série de experimentos de Física a partir da utilização dos sensores contidos em um *smartphone*. Dentre os sensores que o aplicativo tem acesso, destacam-se o acelerômetro, o magnetômetro, o microfone e o giroscópio, o que mostra o seu potencial de aplicação em diferentes campos da Física. Como exemplo, o trabalho de Hernandez *et al.* (2021) pode ser mencionado, no qual os autores lançaram mão deste aplicativo a fim de adaptar uma disciplina de caráter experimental ao ensino remoto.

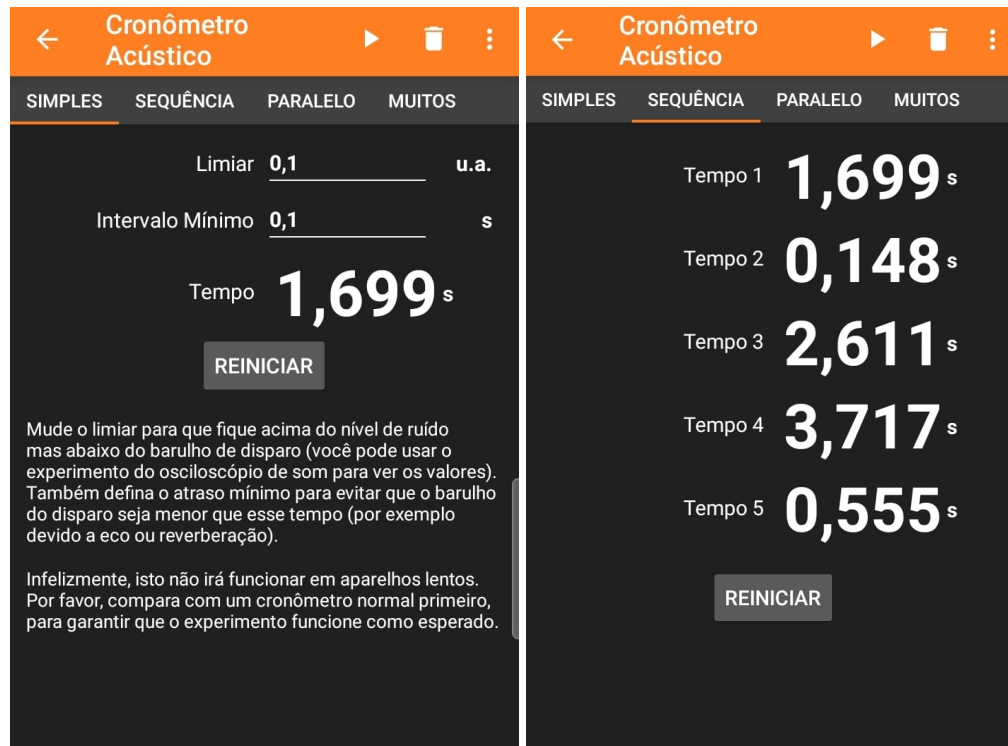
Além das diferentes possibilidades de aplicações experimentais, o aplicativo conta com outras ferramentas técnicas importantes. Uma delas é a possibilidade de acompanhar e controlar, remotamente, a tela do aplicativo em um outro dispositivo conectado à mesma rede (*notebook*, por exemplo). Sendo assim, com este recurso, pode-se controlar um experimento remotamente, bem como atingir um número maior de espectadores simultaneamente; em particular, esta última vantagem é bastante interessante no acompanhamento da construção e da evolução de um gráfico.

Outra característica importante é a possibilidade de exportar os dados coletados para um arquivo separado. Na função Cronômetro Acústico, por exemplo, é possível fazer inúmeras medidas de intervalo de tempo entre dois eventos sonoros; a cada sinal detectado, o aplicativo abre uma nova contagem.

A fim de ilustrar algumas potencialidades do aplicativo, capturas de tela foram realizadas, as quais podem ser visualizadas na Figura 1. Na aba “Simples” (Figura 1a) destacam-se os parâmetros de controle/ajuste de sensibilidade do microfone.

³ <https://phyphox.org>

Figura 1 – Capturas de tela das abas na função *Cronômetro Acústico*



(a) Simples

(b) Sequência



(c) Paralelo

(d) Muitos

Fonte: Capturas de tela do aplicativo *Phyphox*, 2023.

Note que nesta tela, apenas um intervalo de tempo é exibido. Já na aba “Sequência” (Figura 1b), o aplicativo permite a visualização de cinco intervalos de tempo na tela; a cada sinal sonoro, o cronômetro abre uma nova contagem e encerra a anterior (diferentemente da aba “Paralelo” – Figura 1c – onde todas as contagens são abertas com o primeiro sinal sonoro. Os sinais subsequentes encerram a contagem em ordem crescente a cada sinal, sem abrir uma nova contagem). Por fim, informações como “frequência” e “intervalo de tempo médio” podem ser encontradas na aba “Muitos” (Figura 1d), bem como um gráfico de barras (intervalo de tempo x número do evento).

Quando o número de medidas ultrapassa aquele que as telas são capazes de exibir imediatamente, é necessário exportar os dados para um arquivo próprio a fim de se ter acesso aos outros valores. Esses dados podem ser exportados em formatos próprios para tabelas e com diferentes tipos de espaçamento, o que possibilita uma facilidade no tratamento estatístico dos mesmos.

A função e os recursos apresentados nos parágrafos anteriores foram amplamente utilizados na realização dos experimentos apresentados no capítulo 4. Os sinais sonoros detectados foram produzidos pelo circuito desenvolvido, cujas características são apresentadas na seção seguinte.

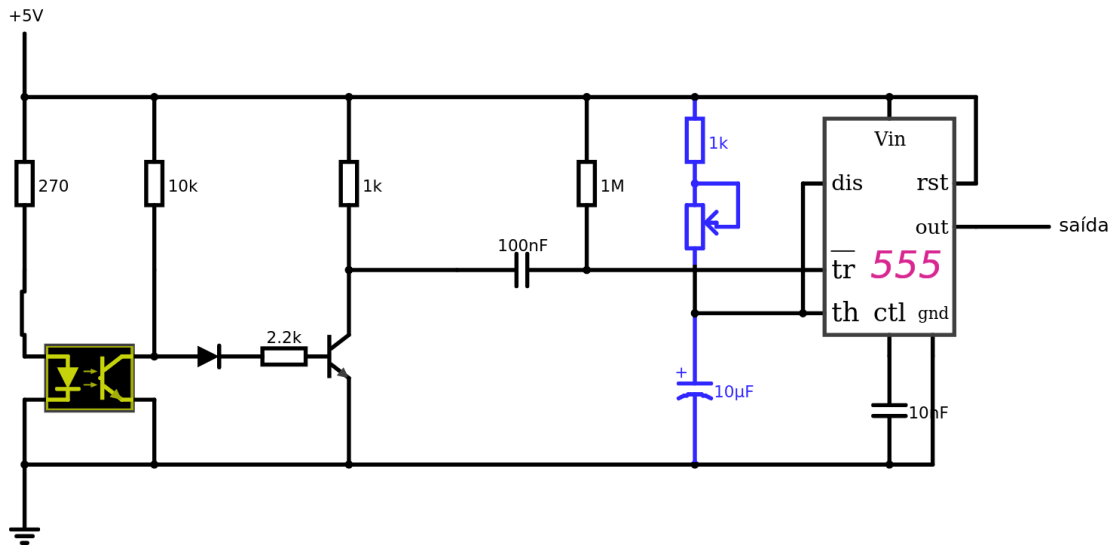
3.1.2 O circuito

A Figura 2 corresponde ao esquema eletrônico do circuito proposto para a geração dos sinais sonoros. Além de resistores e capacitores, outros componentes eletrônicos podem ser observados, como por exemplo, o Circuito Integrado (CI) 555. A fim de evitar a perda de fluidez do texto, detalhes específicos do funcionamento do circuito, e algumas características dos componentes são apresentados no Apêndice A. Entretanto, outros pontos importantes devem ser destacados.

Como mencionado anteriormente, o circuito pode ser visualizado como duas partes isoladas: o sensor e a placa controladora. O sensor (ou chave óptica) é composto por dois componentes eletrônicos. No diagrama representado pela Figura 2, eles estão destacados na cor amarela, e dentro de uma caixa preta: o diodo emissor de luz⁴ infravermelho (à esquerda) e o fototransistor (à direita). Esta representação foi adotada para indicar que esse “bloco” não está conectado diretamente à placa (diferentemente dos demais elementos).

⁴ Em inglês: *Light-Emitting Diode* (LED).

Figura 2 – Esquema do circuito proposto



Fonte: O autor, 2023.

A Figura 3 ilustra como esses componentes foram montados em um pedaço de canaleta de PVC, que foi utilizado como suporte. Nessa imagem, o LED infravermelho (à direita) e o fototransistor (à esquerda) foram colocados a uma distância de, aproximadamente, 3,5 cm (vide Figura 3a); quando o objeto analisado passa entre esses dois componentes, a radiação emitida pelo LED infravermelho e recebida pelo fototransistor é bloqueada, fazendo com que o buzzer⁵ instalado na placa emita um sinal sonoro.

Uma característica importante a ser destacada é que o pulso sonoro emitido tem tamanho finito, ou seja, mesmo que o sensor permaneça obstruído, o sinal emitido pelo buzzer tem duração determinada (para que outro sinal seja emitido, deve-se desobstruir o sensor e obstruí-lo novamente). Isso se deve à configuração monoestável do 555 (vide Apêndice A). A largura do pulso é definida pelos componentes em azul na Figura 2, ou seja, o resistor de 1 k (leia-se 1 k Ω , assim como para os demais resistores), a resistência do potenciômetro (R_{pot}) e o capacitor de 10 μ F. O tempo de duração (τ) pode ser calculado através da equação

$$\tau = 1,1(RC). \quad (3.1)$$

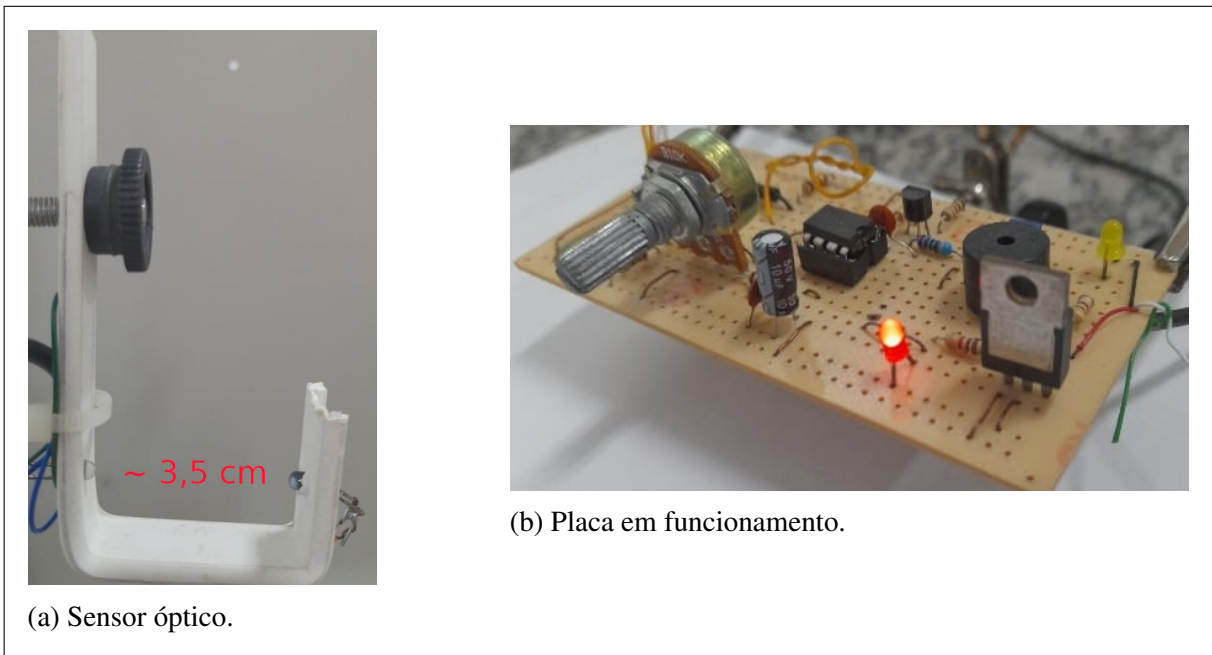
Na equação 3.1, R é a resistência equivalente da associação em série com o capacitor C . Neste trabalho, $R = 1 \text{ k}\Omega + R_{pot}$, e $C = 10 \mu\text{F}$. O potenciômetro foi introduzido no circuito

⁵ O buzzer é o dispositivo responsável por emitir o som. A decisão de colocá-lo diretamente na placa foi arbitrária, podendo o mesmo ficar em um suporte isolado como a chave óptica.

para fins de controle da largura do pulso.

Por fim, note que o circuito foi projetado para operar sob 5,0 V, o que permite a utilização de carregadores de celular tradicionais como fonte de alimentação. Como consequência, a voltagem na “saída” do 555 terá a mesma intensidade. O buzzer foi conectado diretamente a essa saída. Portanto, foi escolhido um buzzer que operasse no valor de 5,0 V. Na Figura 3b pode-se ver o perfil do projeto montado em uma placa de circuito impresso⁶.

Figura 3 – Partes do circuito isoladas



Fonte: O autor, 2023.

⁶ Os LEDs vermelho e amarelo, assim como o buzzer, não foram apresentados no diagrama do circuito. Em tempo, o vermelho indica apenas que o circuito está ligado, enquanto o amarelo acende sempre que o sinal sonoro é emitido. Ambos, portanto, não são necessários.

4 APLICAÇÕES E RESULTADOS

Neste capítulo são encontradas algumas sugestões de aplicação no ensino de Física do recurso desenvolvido. Como mencionado outrora, optou-se por não condicionar o material a uma atividade específica devido às pluralidades que permeiam o campo educacional, tanto do ponto de vista concreto quanto subjetivo. Sendo assim, o que se pretende nesta parte do trabalho é apresentar caminhos que permitam explorar as potencialidades do material e as possíveis contribuições que as etapas de construção do mesmo podem proporcionar.

Quanto às possibilidades, alguns experimentos foram realizados de maneira sistemática, a saber: verificação da aceleração da gravidade (pêndulo simples), determinação da constante elástica de um sistema massa-mola e obtenção da aceleração de uma esfera em um plano inclinado. O objetivo que se tem com a apresentação desses experimentos é validar o funcionamento do equipamento desenvolvido, e sugerir indiretamente mecanismos para a manipulação dos dados coletados e para a discussão de conteúdos.

No que se refere à exploração da construção do circuito, deve-se chamar atenção para possíveis apropriações que podem ser realizadas nessa etapa. Note que, embora os experimentos apresentados estejam relacionados, essencialmente, à Mecânica, o circuito contém diferentes componentes eletrônicos, os quais podem ser aprofundados em outro(s) momento(s) do processo de formação; tal aprofundamento, inclusive, contribuiria para a dinâmica de produção e materialização da proposta.

Destaca-se que o desenvolvimento do material não deve ser tomado como incumbência do professor, mas sim como um processo de criação colaborativa, podendo incluir parcial ou totalmente a participação dos estudantes. Em escolas com viés profissionalizante, por exemplo, a produção do material pode compor uma das atividades avaliativas. Neste caso, além das possibilidades de diversificar o processo de avaliação e de tornar a aprendizagem mais interativa, o produto resultante poderá ser incorporado aos equipamentos da unidade de ensino, o qual poderá ser utilizado nos diferentes níveis de formação dos estudantes contemporâneos e do porvir. Conclui-se, assim, que, a proposta pode ser apropriada como metodologia de ensino, como projeto de formação e/ou como forma de criação/ampliação de um laboratório didático de Física.

4.1 Métodos utilizados para a apresentação dos resultados

As grandezas físicas investigadas nos experimentos foram analisadas através de metodologias distintas. Aquelas obtidas indiretamente (ou seja, a partir de equações que relacionam grandezas medidas diretamente) foram extraídas através de cálculos diretos ou via análise gráfica; a intenção é apresentar diferentes abordagens no tratamento dos dados, bem como diferentes ferramentas a serem utilizadas.

Para os casos nos quais as grandezas foram calculadas, adotou-se o método dos valores-limite devido à sua fácil aplicabilidade nos diferentes segmentos da educação. Sendo assim, se $f = f(x, y, \dots)$ é a quantidade a ser calculada, o valor médio \bar{f} e a sua respectiva incerteza δf são calculadas através das expressões

$$\bar{f} = \frac{f_{m\acute{a}x} + f_{m\acute{i}n}}{2} \quad (4.1)$$

e

$$\delta f = \frac{f_{m\acute{a}x} - f_{m\acute{i}n}}{2}. \quad (4.2)$$

Nas expressões acima, $f_{m\acute{a}x}$ e $f_{m\acute{i}n}$ são, respectivamente, os valores máximo e mínimo que f pode assumir empregando-se, adequadamente, os valores máximo e mínimo das grandezas x, y, \dots (ou seja, $x \pm \delta x, y \pm \delta y, \dots$). A apresentação final se dá, portanto, na forma $\bar{f} \pm \delta f$.

O método descrito acima foi aplicado a todas as grandezas calculadas, com exceção do período T . Considerando o número N de medidas diretas por meio do aplicativo, o período médio \bar{T} e a sua incerteza δT foram calculados com as expressões

$$\bar{T} = \frac{1}{N} \sum_i T_i \quad (4.3)$$

e

$$\delta T = \frac{\sigma_T}{\sqrt{N}}, \quad (4.4)$$

sendo T_i a i -ésima medida do período e σ_T o desvio padrão dos valores medidos.

Quanto à análise gráfica, algumas grandezas físicas foram obtidas ajustando-se uma curva teórica aos dados experimentais com o auxílio de um programa computacional. A partir do “fit” realizado (linear ou parabólico), tais grandezas, e as suas respectivas incertezas, foram obtidas.

4.2 Experimento A: Pêndulo Simples

O primeiro sistema analisado foi o pêndulo simples. Este consiste em um objeto de massa m preso à extremidade de um fio que possui comprimento L e massa desprezível. Se o fio estiver esticado e com a outra extremidade fixa a uma superfície, o objeto realizará um movimento harmônico simples ao ser abandonado de uma determinada altura, oscilando entre o ponto de partida e o seu simétrico (ou seja, em torno da posição de equilíbrio). Para oscilações de pequenas amplitudes, o período de oscilação pode ser relacionado com o comprimento do fio e a aceleração da gravidade (g) pela expressão

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}. \quad (4.5)$$

Sendo assim, conhecendo os valores de T e L para uma determinada configuração⁷, é possível determinar o valor da aceleração da gravidade. Neste trabalho, g foi obtido a partir de um comprimento L do fio, e N medidas do período, obtidas com a proposta apresentada no capítulo anterior; as medidas tomadas no experimento podem ser visualizadas no Apêndice B. A configuração foi montada de modo que cada medida realizada correspondesse ao intervalo de tempo de uma oscilação, ou seja, o período.

Tabela 1 – Grandezas obtidas no experimento pêndulo simples

Grandeza	Valor	Unidade
N	65	-
$\bar{T} \pm \delta T$	$1,803 \pm 0,001$	s
$L \pm \delta L$	$0,805 \pm 0,002$	m
$\bar{g} \pm \delta g$	$9,77 \pm 0,04$	m/s ²

Fonte: O autor, 2023.

Os resultados medidos e calculados foram organizados na Tabela 1. Considerando os valores de g no Rio de Janeiro reportados em outros trabalhos, ou seja, $\sim 9,79 \text{ m/s}^2$ (SOUSA, 2010; CORDOVA, 2016), pode-se verificar que o valor dessa grandeza obtido com a proposta apresentada aqui é bastante satisfatório, ratificando a potencialidade do material desenvolvido.

Vale destacar que o material apresentado possibilita a coleta de um número significativo de medidas (neste caso, $N = 65$), o que possibilita fazer um tratamento estatístico dos dados

⁷ Foi utilizado um “peso de pesca” em formato de gota, amarrado a uma linha de costura simples e fina.

e introduzir (ou estimular) o uso de outras ferramentas tecnológicas. Para o cálculo do desvio padrão σ_T , por exemplo, utilizou-se o *LibreOffice Calc*. Sendo assim, recomenda-se essa abordagem tanto para a discussão de tópicos relacionados à Física (verificação de g e do movimento harmônico simples) quanto para a utilização de *softwares* voltados para organização de tabelas, tratamento estatístico, cálculos de funções e/ou construção de gráficos, o que, inclusive, abriria caminhos e possibilidades para uma dinâmica interdisciplinar.

4.3 Experimento B: Molas

O segundo sistema analisado foi o massa-mola. Neste, um objeto de massa m encontra-se preso à extremidade de uma mola de constante elástica k , enquanto a outra ponta da última está fixa a uma superfície. Ao ser abandonado de uma posição ocupada logo após uma compressão ou distensão da mola, o objeto passa a oscilar em torno da posição de equilíbrio. Para um movimento livre de forças dissipativas, o período de oscilação é dado por

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (4.6)$$

Vale lembrar que $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$, sendo ω_0 a frequência angular de oscilação, o que permite definir $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$. Sendo assim, conhecendo os valores de T e m para uma determinada configuração, é possível determinar o valor da constante elástica.

Nos experimentos realizados, molas “macias” foram utilizadas a fim de se observar um número grande de oscilações, de modo que a frequência de oscilação ω tem seu valor próximo ao da frequência natural, ou seja, $\omega \approx \omega_0$. Duas situações⁸ foram investigadas: um sistema massa-mola simples e outro composto por duas molas associadas em série, ambos oscilando na vertical.

Na primeira situação, o experimento foi realizado duas vezes, e com duas molas distintas (Mola 1 e Mola 2). Assim como no caso do pêndulo, o sistema foi posto a oscilar de modo que cada intervalo de tempo medido correspondesse ao período. Os dados medidos e calculados estão organizados na Tabela 2. Note que foi obtido um número grande de medidas realizadas para cada caso.

Na segunda situação, as molas 1 e 2 foram associadas em série. Com a configuração descrita anteriormente, os intervalos de tempo foram coletados, sendo o número de oscila-

⁸ Em ambas, adotou-se o mesmo objeto utilizado no experimento do pêndulo.

ções bem maior do que aqueles obtidos para os casos anteriores; os resultados para esta nova configuração também podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados teóricos e experimentais do experimento massa-mola

Grandeza	Mola 1	Mola 2	Molas (série)	Unidade
N	200	205	379	-
$m \pm \delta m$	$25,96 \pm 0,01$	$25,96 \pm 0,01$	$25,96 \pm 0,01$	g
$\bar{T} \pm \delta T$	$0,583 \pm 0,002$	$0,586 \pm 0,002$	$0,830 \pm 0,002$	s
$\bar{k} \pm \delta k$	$3,02 \pm 0,03$	$2,98 \pm 0,02$	$1,49 \pm 0,01$	kg/s ²
$(k \pm \delta k)_{Hooke}^{Exp}$	$3,058 \pm 0,009$	$3,037 \pm 0,007$	$1,508 \pm 0,004$	kg/s ²
k_{Hooke}^{Teo}	-	-	1,52	kg/s ²
$k_{Osc.}^{Teo}$	-	-	1,50	kg/s ²

Fonte: O autor, 2023.

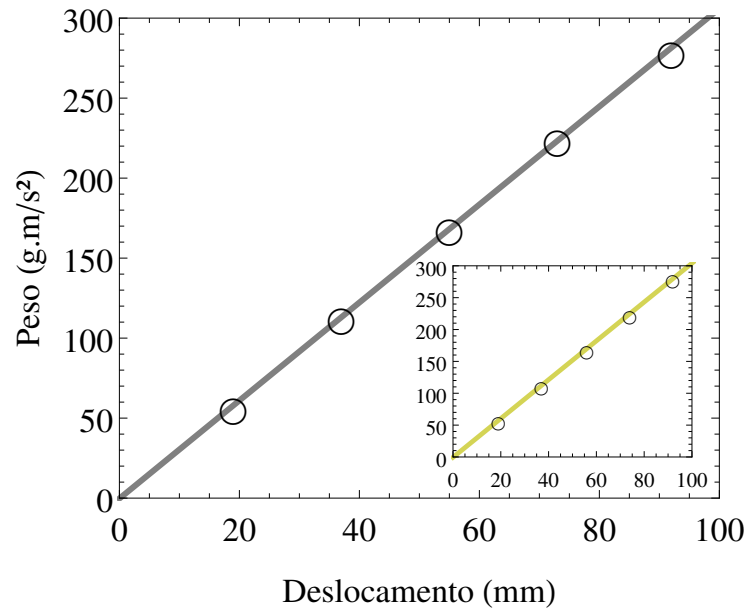
A fim de verificar os valores obtidos para a constante elástica através do movimento oscilatório, uma comparação com o valor dessa constante, obtido através da lei de Hooke, foi realizada. Na condição de equilíbrio estático, a lei de Hooke assegura que o módulo da força peso é igual ao módulo da força elástica, ou seja, $Mg = kx$, sendo x o deslocamento realizado por um objeto de massa M (ou a distensão/compressão da mola). Portanto, no limite de validade da lei de Hooke, a constante k pode ser obtida como o coeficiente angular da reta em um gráfico Mg vs. x .

Foram realizadas cinco medidas para cada configuração proposta. Em todos os casos, utilizou-se o mesmo conjunto de massas (M_i) com o objetivo de modificar a elongação da mola. Finalmente, para o cálculo da força peso, adotou-se o valor de $g = 9,787899$ m/s² (SOUSA, 2010; CORDOVA, 2016).

Os gráficos podem ser visualizados nas Figuras 4 e 5, onde os círculos são os dados experimentais e as linhas retas foram obtidas através de um “fit” linear (na Figura 4, o gráfico principal corresponde à Mola 1, enquanto o interno à Mola 2; ambos têm a mesma escala). A partir dos gráficos construídos, os valores da constante elástica e de sua incerteza foram obtidos e apresentados na Tabela 2 como $(k \pm \delta k)_{Hooke}^{Exp}$.

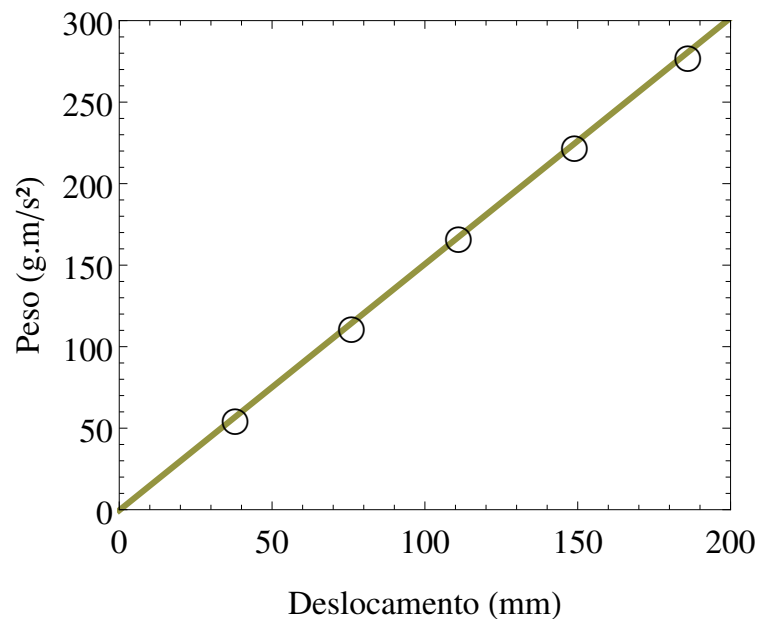
Finalmente, uma última análise foi realizada através da expressão teórica proposta para uma associação de molas em série, ou seja, $k^{-1} = k_1^{-1} + k_2^{-1}$. Os valores calculados a partir das constantes obtidas pelos diferentes métodos também podem ser encontrados na Tabela 2, onde estão identificados como k_i^{Teo} .

Figura 4 – Gráfico do peso em função da distensão da mola (simples)



Fonte: O autor, 2023.

Figura 5 – Gráfico do peso em função da distensão da mola equivalente (série)



Fonte: O autor, 2023.

Assim como no experimento A, esta abordagem também pode ser utilizada para estimular o uso de programas para tratamento de dados. Independentemente disso, o experimento B pode ser explorado com diferentes vieses. Como exemplo, pode-se incentivar uma discussão em torno da diferença (ainda que pequena) observada entre os valores de k obtidos pelas diferentes abordagens (dinâmica e estática); de fato, tal diferença já era esperada uma vez que, na metodologia dinâmica, a oscilação é amortecida. Portanto, o que de fato se mediu foi uma

“constante elástica efetiva”, e que os valores se assemelham devido ao regime subcrítico - ou subamortecido - considerado ($\omega \approx \omega_0$).

Um outro ponto a ser explorado é o efeito da associação de molas. Neste sentido, situações cotidianas podem ser integradas à atividade experimental como ponto de partida ou conclusão a partir da observação. Como exemplo, o(a) professor(a) responsável pela aula pode estimular a reflexão sobre o impacto que o número de molas em um colchão gera em termos de conforto. Outra possibilidade seria a discussão em torno dos riscos e consequências provenientes do corte de molas em veículos para com fins de rebaixamento. Em suma, diversas situações podem ser exploradas, trazidas tanto pelos discentes quanto pelos docentes responsáveis.

4.4 Experimento C: Plano Inclinado

O terceiro sistema analisado foi o plano inclinado. Na situação investigada, uma esfera descreve uma trajetória retilínea através de uma superfície que faz um ângulo θ com a horizontal; durante a descida, o objeto rola, mas não desliza. Do ponto de vista da cinemática, a distância percorrida (ΔS) em um dado intervalo de tempo (t) é dada por

$$\Delta S = v_0 t + \frac{a}{2} t^2. \quad (4.7)$$

Na expressão acima, v_0 e a são a velocidade inicial e a aceleração do centro de massa, respectivamente. Logo, conhecendo os valores de ΔS e t , pode-se extrair o valor de a através de um “fit” parabólico em um gráfico ΔS vs. t . As medidas foram realizadas para uma configuração específica, na qual a superfície fazia um ângulo $\theta \pm \delta\theta$ com a horizontal.

Para a realização do experimento foram utilizadas uma bola de gude e uma canaleta de PVC fixa a uma base de madeira reta (denominada rampa), sobre a qual a esfera pôde desenvolver uma trajetória retilínea. Em todas as medidas, tomou-se a posição final como a extremidade inferior da rampa. Nesta região, adicionou-se um anteparo metálico onde a bola pudesse colidir ao final da trajetória. A distância percorrida foi definida como aquela entre a posição do sensor óptico e a posição do anteparo.

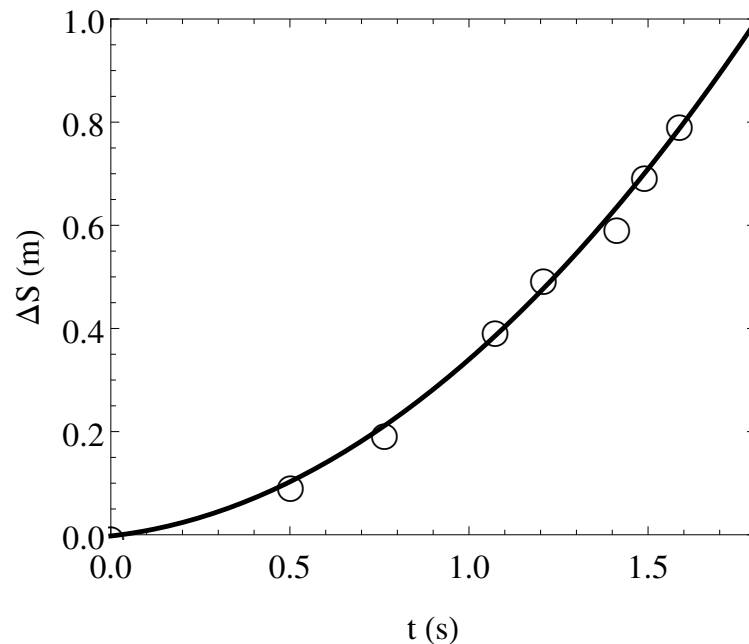
Os intervalos de tempo foram marcados da seguinte maneira: a obstrução do sensor óptico devido à passagem da bola levou à emissão de um sinal sonoro pelo circuito desenvolvido, acionando o cronômetro no aplicativo (como descrito em outro momento). Ao final da trajetória,

um outro som foi emitido como consequência da colisão entre a bola e o anteparo, encerrando, assim, a contagem no cronômetro.

Os dados coletados podem ser visualizados na Figura 6. Para cada ΔS_i , foram realizadas seis medidas de intervalo de tempo (t_{ij}), sendo o intervalo de tempo médio (t_i) obtido pela média simples desses valores.

Diferentemente do que se costuma realizar para a obtenção de a por meio da equação 4.7, ou seja, a linearização do gráfico em discussão, optou-se neste trabalho por extrair o valor de a através da identificação dos coeficientes resultantes de um “fit” com a equação 4.7; a linha contínua (um trecho de parábola) na Figura 6 ilustra o resultado desse procedimento.

Figura 6 – Gráfico da distância percorrida em função do tempo para uma esfera rolando em um plano inclinado.



Fonte: O autor, 2023.

Na Tabela 3 podem ser encontrados os valores do ângulo adotado para a realização do experimento, e o valor de a extraído do gráfico. Além disso, adicionou-se a esta tabela (vide a última linha) a aceleração do centro de massa a partir da dinâmica de um corpo rígido. Vale lembrar que, nesta abordagem, a aceleração (a_d)⁹ é dada por

$$a_d = \frac{g \sin \theta}{1 + K}. \quad (4.8)$$

Substituindo os valores das grandezas na equação acima, e tomando $K = 2/5$ para uma esfera, verifica-se que $a_d \approx 0,5 \text{ m/s}^2$, em bom acordo com o resultado obtido através da

⁹ O índice subscrito “d” foi adicionado apenas para distinguir a análise dinâmica da cinemática.

análise cinemática.

Tabela 3 – Grandezas obtidas no experimento plano inclinado

Grandeza	Valor	Unidade
$\theta \pm \delta\theta$	4 ± 1	°
$a \pm \delta a$	$0,53 \pm 0,05$	m/s ²
$(a \pm \delta a)_d$	$0,5 \pm 0,1$	m/s ²

Fonte: O autor, 2023.

Tomando-se muitas medidas de intervalo de tempo, é possível explorar mais o tratamento estatístico dos dados coletados como nos casos anteriores. Entretanto, o autor não sugere essa metodologia neste experimento uma vez que a realização de várias medidas pode tornar o processo enfadonho. . . Em contrapartida, outras abordagens podem ser destacadas.

Na perspectiva de promover a contextualização do conteúdo abordado, tópicos do cotidiano podem ser desenvolvidos de forma integrada à proposta apresentada neste trabalho. Uma discussão bastante interessante seria sobre os principais parâmetros a serem considerados na construção de rampas de acessibilidade para pessoas com mobilidade reduzida.

Uma outra abordagem seria o aprofundamento do problema analisado. Na análise teórica de uma bola descendo um plano inclinado, costuma-se considerar a dinâmica de uma esfera rígida, rolando sem deslizar, com apenas um ponto de contato. Entretanto, do ponto de vista experimental, para que uma esfera descreva uma trajetória retilínea, geralmente, a mesma é posta em uma rampa contendo um vão, ou então é apoiada sobre dois pontos de contato; como consequência, o valor da aceleração pode mudar significativamente, e a expressão 4.8 pode não ser mais válida. Sendo assim, uma discussão sobre os limites de validade de um modelo pode ser estimulada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentado um recurso tecnológico para com aplicação no ensino de Física baseado na integração de diferentes tecnologias. Resumidamente, a proposta consiste em um circuito eletrônico capaz de gerar um sinal sonoro sempre que sua chave óptica (parte integrante do circuito) é obstruída; o som, por sua vez, é detectado por um *smartphone* que, com a função cronômetro acústico do aplicativo *Phyphox*, registra medidas de intervalo de tempo.

Os resultados obtidos através da abordagem apresentada estão em bom acordo com os modelos teóricos e outras metodologias experimentais encontradas na literatura, o que denota a sua potencialidade em termos de confiabilidade dos dados coletados. Independentemente da sua eficiência quanto à qualidade das medidas obtidas, outras características devem ser mencionadas quanto à sua concretização na sala de aula.

Do ponto de vista econômico, o circuito proposto apresenta componentes eletrônicos que podem ser encontrados com facilidade em lojas comerciais a um custo acessível. Além disso, alguns podem ser reaproveitados de aparelhos em desuso (fontes de alimentação, por exemplo). Quanto ao aparelho celular utilizado, deve-se enfatizar que o sensor utilizado é o microfone, presente em todos os modelos de *smartphone*, o que permite a utilização de dispositivos menos sofisticados, desde que atendam às configurações mínimas para a instalação do aplicativo. Portanto, sob a perspectiva material, o todo pode ser visto como um projeto de baixo custo.

Evidentemente, a materialização do circuito pode ser vista inicialmente como um obstáculo devido à associação de diferentes componentes eletrônicos (muitas vezes não explorados/apresentados durante o ensino médio) e/ou à confecção da placa final (a qual pode ser substituída por um protoboard). Esses possíveis desafios podem revelar a necessidade de cursos de atualização e/ou especialização para docentes. Sob essa perspectiva, o autor entende que qualquer empecilho relacionado à formação docente que inviabilize a concretização de uma atividade educacional, fora do escopo tradicional, deve ser compreendido como gatilho para o estímulo e a implementação de cursos de formação continuada; uma proposta seria um curso sobre as propriedades e as aplicações de semicondutores, componentes que dialogam diretamente com tópicos de Física moderna e contemporânea.

Deve-se destacar que não se propõe o desenvolvimento do material como incumbência docente, mas sim como processo de construção colaborativa entre alunos e professores. As apropriações das etapas e do produto final dar-se-ão de acordo com as peculiaridades espaciais

e humanas de cada instituição. Ou seja, em alguns casos o processo como um todo pode ser utilizado como mecanismo de avaliação através da apresentação em uma feira de ciências ou projeto final de disciplina; em outros, a construção pode ser apenas “trampolim” para uma apresentação dos componentes eletrônicos, técnicas de soldagem, exploração das funcionalidades de um multímetro, simulações computacionais, análise estatística de dados, etc. Independentemente do objetivo final, é fundamental o incentivo institucional (estrutura, autonomia, formação, entre outros) para a concretização da atividade.

A entrega de um produto reflete a instrumentalização de um laboratório de Física (não) estruturado. O resultado passará a compor o patrimônio institucional e servirá para as turmas de outros níveis da educação básica; note que os experimentos realizados neste trabalho atravessam tópicos da área de Mecânica comumente abordados nas etapas iniciais do ensino médio e nos anos finais do ensino fundamental. Logo, a proposta visa transcender as paredes físicas e temporais de uma sala de aula específica.

Por fim, o autor não tem a mínima intenção de apresentar este trabalho como a solução para as mazelas que permeiam o ensino de Física experimental, mas sim como uma ferramenta que possa ser difundida, explorada e aplicada nas instituições de ensino, respeitando, sempre, as possibilidades e pluralidades locais.

REFERÊNCIAS

- ARANTES, Alessandra Riposati; MIRANDA, Márcio Santos; STUDART, Nelson. Objetos de aprendizagem no ensino de física. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, p. 27–31, 2010. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol11-Num1/a081.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2023.
- ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176–194, 2003.
- BEZERRA JR, Arandi Ginane; DE OLIVEIRA, Leonardo Presoto; LENZ, Jorge Alberto; SAAVEDRA, Nestor. Videoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 469–490, 2012.
- BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291–313, 2002.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 25 fev. 2023.
- BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 25 fev. 2023.
- CORDOVA, Hercilio; TORT, Alexandre Carlos. Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, 2016.
- FERRETTI, Celso João. A reforma do ensino médio e sua questionável concepção de qualidade da educação. **Estudos Avançados**, Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, v. 32, n. 93, p. 25–42, 2018.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- GARNICA, Antonio Vicente Marafioti. O vazio em tempos trágicos: notas sobre políticas públicas no Brasil atual. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 36, n. 72, 2022.
- HERNÁNDEZ, Alexis; GOMES, Angelo; SINNECKER, Elis; GRANDE, Rafael Del; CAPAZ, Rodrigo; CARDOSO, Simon. Experimentos caseiros: Uma adaptação mão-na-massa da disciplina de Física Experimental II da UFRJ para o ensino remoto. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.
- MORAES, Carmen Sylvia Vidigal. Reforma do ensino médio: a institucionalização do *apartheid* social na educação. **Educação & Sociedade**, Centro de Estudos Educação e Sociedade - Cedes, v. 43, p. 1–8, 2022.
- MOREIRA, Marco Antonio. Uma análise crítica do ensino de física. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 73–80, 2018.
- MOREIRA, Marco Antônio. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2017.

SASSERON, Lúcia Helena; MACHADO, Vitor Fabrício. **Alfabetização Científica na Prática: Inovando a Forma de Ensinar Física**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

SCHÖN, Donald A. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Org). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p. 77–91.

SILVA, Monica Ribeiro da. A BNCC da reforma do ensino médio: o resgate de um empoeirado discurso. **Educação em Revista**, Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, v. 34, p. 1–15, 2018.

SOUSA, Mauro Andrade de; SANTOS, Alcides Antonio dos. Absolute gravimetry on the agulhas negras calibration line. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 28, n. 2, p. 165–174, 2010.

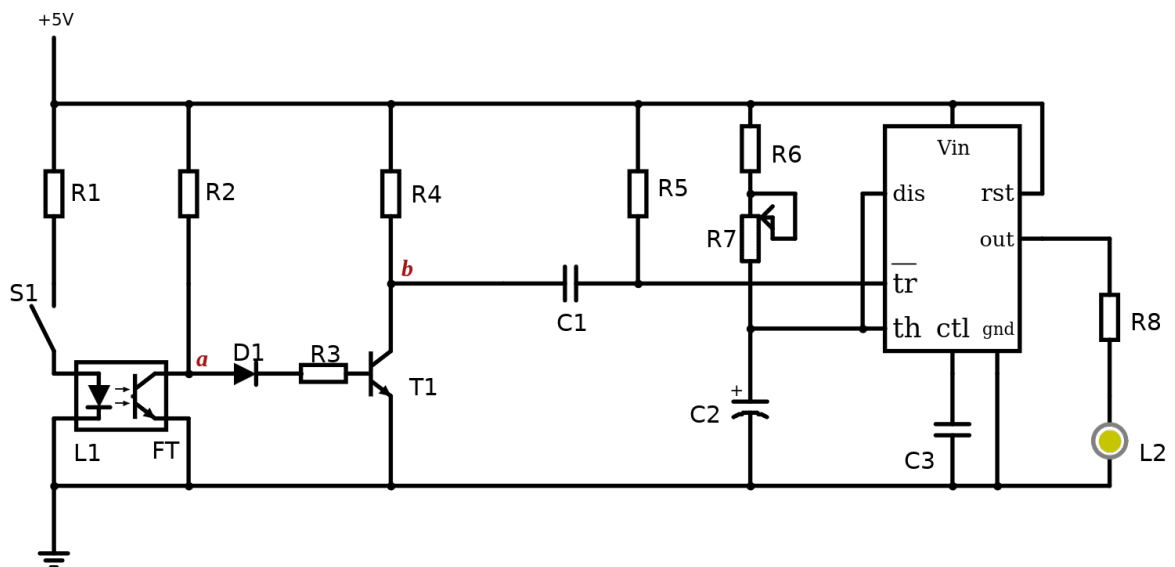
TARDIF, Maurice; MOSCOSO, Javier Nunez. A noção de “profissional reflexivo” na educação: atualidade, usos e limites. **Cadernos de Pesquisa**, v. 48, n. 168, p. 388–411, 2018.

VIEIRA, Leonardo Pereira. **Experimentos de Física com Tablets e Smartphones**. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2013.

APÊNDICE A – CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO

O esquema do circuito¹⁰ proposto neste trabalho foi apresentado no capítulo 3. Neste Apêndice, pretende-se apresentar algumas características dos componentes eletrônicos utilizados, bem como uma descrição a respeito do funcionamento geral do circuito. Sendo assim, considere a Figura 7, a qual se diferencia essencialmente da Figura 2 pela substituição dos valores de cada elemento por rótulos arbitrários, e pela inclusão de uma “carga” à saída do 555 (a saber, R8 e L2).

Figura 7 – Simulação do circuito proposto



Fonte: O autor, 2023.

A chave óptica, como descrito no texto principal, é composta por um LED infravermelho (L1) e por um fototransistor (FT). Os componentes comerciais utilizados na sua construção foram o LED TIL32 (emissor) e o FT TIL78 (receptor). Na montagem adotada, o FT atua similarmente a uma “chave”. Quando a luz emitida por L1 atinge o FT, o segundo atua como uma chave fechada, levando o potencial no ponto “a” a zero. Entretanto, cortando-se a incidência de luz no FT (esta simulação foi realizada com o auxílio da chave S1, responsável por ligar/desligar L1), este passa a funcionar como uma chave aberta, aumentando, assim, o potencial em “a”.

¹⁰ O esquema do circuito foi elaborado e simulado no simulador online *Falstad* - <https://www.falstad.com/circuit>.

De maneira análoga ao FT, o transistor T1 atua também como uma chave, cujo estado será alterado de acordo com o potencial no ponto “a”: quando este é nulo (sensor óptico desobstruído), T1 atua como uma chave aberta e, portanto, o potencial em “b” vai a V_{cc} (ou seja, tensão de entrada); porém, quando o potencial em “a” sobe (sensor obstruído), a base do transistor T1 é polarizada, T1 entra em saturação, e passa a funcionar como uma chave fechada, levando o potencial em “b” a zero. O transistor utilizado foi o BC548, do tipo NPN.

O CI 555 possui oito terminais em sua estrutura. Comumente, esses pinos são identificados por números, os quais serão relacionados com os “códigos” indicados na Figura 7. Sendo assim, os pinos, em ordem crescente, são: 1 – Terra (*ground* - **GND**), 2 – Disparo (*trigger* - **TR**), 3 – Saída (*output* - **OUT**), 4 – Reset (**RST**), 5 – Controle (*control voltage* - **CTL**), 6 – limiar (*threshold* - **TH**), 7 – descarga (*discharge* - **DIS**) e 8 - V_{cc} (**Vin**).

No circuito proposto, o 555 está sendo utilizado na configuração monoestável, ou seja, a saída pode apresentar um estado estável (nível baixo) ou outro semiestável (nível alto). A duração do estado alto é dada pelos componentes R6, R7 e C2, a qual pode ser calculada com a equação 3.1 ($R = R6 + R7$ e $C = C2$). Para fins de controle da largura do pulso finito na saída, utilizou-se um potenciômetro de 10 k Ω .

A mudança no estado do 555 ocorrerá quando o sensor óptico for obstruído. Observe que o capacitor C1 medeia a conexão entre o pino 2 (TR) do 555 e o coletor de T1 (ponto *b*). Quando o terminal 2 experimenta uma tensão abaixo de $\frac{V_{cc}}{3}$, o CI é disparado, e um sinal finito surge na saída com o mesmo valor de V_{cc} . A fim de ilustrar o comportamento descrito, foi acrescentada à saída uma “carga” (R8 e L2) em operação quando a chave S1 é aberta.

Finalmente, R1 e R8 são resistores limitadores de corrente, regulando, assim, o “brilho” de ambos os LEDs. Já os componentes R2 e R4 são resistores de coletor, tipicamente utilizados nas funções de chaves transistorizadas; os seus valores foram ajustados através das simulações e dos testes realizados no *proto-board*. Quanto ao capacitor C3 e ao diodo D1, esses são facultativos (no caso de não utilizá-los, R3 deve ser conectado ao ponto “a”, enquanto o pino 5 (CTL) do 555 deve permanecer livre).

Embora uma breve descrição de alguns componentes tenha sido apresentada neste Apêndice, fica como sugestão a leitura dos *datasheets* correspondentes a cada componente; uma rápida pesquisa em um buscador da Internet retorna múltiplas fontes com mais detalhes e características sobre a estrutura física, limites, aplicações, etc.

APÊNDICE B – DADOS BRUTOS (PÊNDULO)

Evento	T_i (s)	Evento	T_i (s)
1	1,798854167	34	1,7933125
2	1,808895833	35	1,797291667
3	1,7961875	36	1,813125
4	1,813354167	37	1,7964375
5	1,796291667	38	1,812625
6	1,797125	39	1,787770833
7	1,815125	40	1,803291667
8	1,798583333	41	1,801479167
9	1,803875	42	1,8139375
10	1,8045	43	1,798375
11	1,798708333	44	1,796541667
12	1,7975	45	1,811770833
13	1,801583333	46	1,814125
14	1,813708333	47	1,808375
15	1,796208333	48	1,784
16	1,800416667	49	1,795604167
17	1,811	50	1,808104167
18	1,81325	51	1,82275
19	1,791645833	52	1,799520833
20	1,808541667	53	1,796395833
21	1,8029375	54	1,817708333
22	1,792333333	55	1,801583333
23	1,814291667	56	1,785895833
24	1,791625	57	1,8085625
25	1,8031875	58	1,7999375
26	1,799916667	59	1,806833333
27	1,801708333	60	1,783895833
28	1,807458333	61	1,815541667
29	1,808458333	62	1,793979167
30	1,804708333	63	1,80625
31	1,813916667	64	1,801666667
32	1,792833333	65	1,819416667
33	1,81175	Média	1,80317820510769