



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE
FÍSICA**

LABORATÓRIO REMOTO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS:MHS

**SANDRO ROGÉRIO DA SILVA VIANA
WALDOMIRO GOMES PASCHOAL JUNIOR**

Belém, Pará, Brasil
2023

PRODUTO EDUCACIONAL

AGRADECIMENTOS

A Deus;

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar a vida e as oportunidades que tive ao longo dela. Também sou imensamente grato aos meus avós, que desempenharam um papel fundamental na minha criação e nunca mediram esforços em me oferecer uma boa educação, e agora descansam ao lado do Pai.

Não posso deixar de mencionar minha esposa Rosane, que sempre me apoiou em todas as etapas da minha vida, e a quem sou extremamente grato e que sem o incentivo eu não teria ingressado no mestrado. Aos meus filhos Marcos Vinícius e Luiz Guilherme, ao meu neto Caetano que foram minha principal motivação para ingressar no mestrado, e aos quais devo tudo o que conquistei até hoje.

Também quero agradecer à minha sogra, in memoriam, pelo apoio constante que me deu sempre que precisei, e que nunca será esquecido.

Agradeço ainda ao meu professor, amigo e orientador, Dr. Waldomiro Gomes Paschoal Junior, que foi essencial para o sucesso do meu estudo, por seu acompanhamento, paciência, incentivo e revisão cuidadosa do trabalho. Ao professor Dr. Charles Rocha da Silva que coorientou com uma detalhada revisão do trabalho. A todos os professores que fizeram parte da minha vida acadêmica no MNPF, em especial à professora Dra. Silvana Perez, que me presenteou com o desafio do laboratório remoto, e aos professores Dr. Licurgo Peixoto e Dra. Fátima Baraúna, in memoriam. Sou muito grato pelo conhecimento que transmitiram e pela dedicação que demonstraram.

Por fim, agradeço aos meus colegas de curso, em especial, aos meus amigos José Augusto, Anderson Duarte e Emerson Bulhões, que me apoiaram nos momentos difíceis e me incentivaram a continuar. Sem a ajuda e o apoio de todas essas pessoas incríveis, certamente não teria chegado tão longe. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	7
2.	APRESENTAÇÃO GERAL DO LABORATÓRIO REMOTO	9
3.	OBJETIVOS.....	10
3.1.	OBJETIVO GERAL	10
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
4.	REFERENCIAL TEÓRICO	11
4.1.	EXPERIMENTAÇÃO COMO FERRAMENTA DE ENSINO	11
4.2.	A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO SEGUNDO A NOVA BNCC E O PAPEL DO PROFESSOR.....	12
4.3.	A IMPORTÂNCIA DO USO DE LABORATÓRIOS REMOTOS.....	13
4.4.	DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	14
4.5.	MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES NO PRODUTO EDUCACIONAL.....	15
5.	DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO	18
5.1.	ARQUITETURA DO SISTEMA	19
5.2.	VISÃO GERAL DO PROJETO	20
5.3.	PROGRAMAÇÃO DO MICROCONTROLADOR	21
6.	CONCEITOS FÍSICOS ACERCA DOS FENÔMENOS DE MHS.....	22
7.	O PÊNDULO SIMPLES	25
8.	ROTEIRO DE DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES.....	29
8.1.	PLANO DE AULA.....	30
8.1.1.	PRIMEIRO MOMENTO: Proposta Do Produto Educacional	30
8.1.2.	SEGUNDO MOMENTO: Conceito de Movimento Harmônico Simples	31
8.1.3.	TERCEIRO MOMENTO: Experimentação No Laboratório Remoto	31
8.1.4.	QUARTO MOMENTO: Discussão Dos Novos Resultados.....	32
9.	REFERÊNCIAS.....	33
	APÊNDICE A – Formulário Online.....	40
8.	APÊNDICE B – Situação Problema	41
	APÊNDICE C – Atividade Investigativa no Laboratório Remoto.....	42

Lista de figuras

Figura 1 – Estrutura básica do laboratório remoto	19
Figura 2 – Pêndulo completo.	20
Figura 3 – Fluxograma do código implementado.....	21
Figura 4 – Pêndulo simples.....	25
Figura 5 – Sequência experimentos.	42
Figura 6 – Criando um novo formulário.....	49
Figura 7 – Criando as perguntas.	50
Figura 8 – Personalizando o formulário.	50
Figura 9 – Configurando o formulário.	51
Figura 10 – Compartilhando o formulário.	51
Figura 11 – Analisando as respostas.	52

1. INTRODUÇÃO

Este produto educacional foi desenvolvido como parte do programa do MNPEF com o intuito de auxiliar os professores de Física do Ensino Médio que buscam uma abordagem interativa para ensinar conceitos básicos de Movimento Harmônico Simples (MHS). Seu objetivo é despertar a curiosidade e o interesse dos alunos, permitindo que eles compreendam como os conceitos de MHS são aplicados no desenvolvimento das tecnologias presentes em seu cotidiano.

A motivação para a criação desse produto surgiu a partir da preocupação e frustração com o crescente desinteresse dos alunos durante as aulas teóricas de Física, bem como com os baixos resultados obtidos em avaliações internas e externas relacionadas ao MHS.

O desenvolvimento do produto envolve a criação de um laboratório de experimentação remota, que combina teoria e aplicações práticas de conceitos de MHS no dia a dia dos alunos. Essa abordagem é fundamentada no modelo pedagógico-filosófico de John Dewey. Esse modelo valoriza a aplicação prática do conhecimento, levando em consideração os conhecimentos prévios individuais dos alunos, suas experiências e a importância do compartilhamento social.

O principal objetivo desse produto educacional é adotar um procedimento pedagógico que desperte o interesse dos alunos em aprender ciências, por meio do desenvolvimento de atividades experimentais com laboratórios remotos. Essas atividades proporcionarão oportunidades para os alunos formularem e refutarem hipóteses, comprovarem conceitos e apresentarem considerações escritas ou orais sobre fenômenos. O objetivo final é promover um ensino de Física mais eficiente e prazeroso.

A estratégia de ensino adotada, juntamente com suas respectivas ações metodológicas, visa garantir que todos os alunos possam adquirir conhecimentos físicos de forma acessível, assegurando sua assimilação e ajudando-os a superar o desinteresse e as dificuldades encontradas no aprendizado dos conteúdos de Física. Diante disso, esse produto educacional tem como propósito verificar o potencial pedagógico de uma

abordagem de ensino que explore a investigação e promova uma maior participação dos alunos durante as atividades, com ênfase nas atividades experimentais realizadas no laboratório remoto.

2. APRESENTAÇÃO GERAL DO LABORATÓRIO REMOTO

Diante da falta de laboratórios de Ciências na maioria das escolas públicas, surgiu a proposta de criar um laboratório remoto com acesso compartilhado entre instituições de ensino. Esse projeto busca apoiar o processo de ensino-aprendizagem, incentivando a participação ativa dos alunos do ensino básico e superior.

O objetivo do projeto é desenvolver atividades curriculares que explorem os conteúdos de forma interdisciplinar e multidisciplinar, utilizando ferramentas digitais e a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino. Além disso, visa criar um ambiente online para acesso e controle remoto de experimentos, com ênfase no ensino de Ciências. As produções desse projeto buscam desenvolver soluções tecnológicas que incluam os alunos na era digital e supram a falta de laboratórios nas escolas públicas, democratizando o acesso e controle de experimentos científicos tanto no ensino básico quanto no superior, proporcionando aprendizado por meio da experiência e estimulando novos conhecimentos.

O trabalho apresenta o ESP32 como plataforma principal para o desenvolvimento desse ambiente de aprendizagem remota, voltado para experimentos de Ciências e Física no ensino básico e superior, servindo como alternativa aos laboratórios físicos presenciais.

Além disso, o trabalho propõe abordar o ensino por investigação, utilizando experimentos de Movimento Harmônico Simples (MHS) em um ambiente de aprendizagem por experimentos remotos. Os usuários poderão manipular as grandezas físicas relacionadas ao pêndulo simples, em qualquer lugar com acesso à internet.

O produto educacional foi testado com alunos do terceiro ano do ensino médio, que já haviam estudado os assuntos relacionados ao MHS no ano anterior. Os alunos tiveram acesso ao ambiente de aprendizagem remota para realizar os experimentos com o pêndulo simples e, em seguida, puderam testar os conhecimentos adquiridos por meio de um formulário online do Google Forms.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma sequência investigativa e implementar um laboratório remoto de Ciências, utilizando um microcontrolador ESP32 e a rede de comunicação de dispositivos móveis. O foco principal é proporcionar acesso ao laboratório físico por meio de acesso remoto através da web em tempo real proporcionando aos usuários a sensação de estarem no laboratório. Isso visa minimizar as barreiras físicas na educação de Ciências e Física no ensino básico e superior, contribuindo para o desenvolvimento humano, a melhoria dos processos de ensino-aprendizagem e a promoção da inclusão social e tecnológica.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir um laboratório remoto de Ciências e de Física, com acesso e controle dos experimentos por meio de dispositivos móveis (computadores, smartphones, tablets etc.) interligados pela rede de computadores;
- Desenvolver uma interface virtual, ou seja, um site, em que o discente seja capaz de acessar os experimentos com o dispositivo móvel dele;
- Desenvolver os conceitos de Física para facilitar aprendizagem subsequente usando sensores, atuadores e Arduino (ESP32) de modo remoto.
- Desenvolver sequência investigativa com laboratório remoto por meio de metodologias ativas para entendimento e compreensão dos fenômenos abordados nos experimentos.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. EXPERIMENTAÇÃO COMO FERRAMENTA DE ENSINO

A experimentação tem sido amplamente utilizada como uma ferramenta eficaz no ensino de ciências, proporcionando aos alunos uma compreensão mais fácil e significativa dos conceitos científicos (SILVA e FILHO, 2010 apud MEDEIROS, 2020).

A possibilidade de observar fenômenos, testar hipóteses, comprovar teorias e aplicar princípios matemáticos aumenta a probabilidade de os alunos compreenderem esses conceitos com facilidade, em comparação com o método tradicional de aula baseado no diálogo (SILVA e FILHO, 2010 apud MEDEIROS, 2020).

Além disso, a experimentação está intimamente ligada ao processo de ensino e aprendizagem das ciências, proporcionando experiências essenciais para a compreensão de conceitos científicos e aumentando o engajamento e a motivação dos alunos (HODSON, 1994; GIORDAN, 1999; BORGES, 2002; BAROLLI et al., 2010 apud SOUZA, 2019; SOUZA, 2020). A experimentação também desempenha um papel importante no desenvolvimento do pensamento crítico e criativo dos alunos (CARVALHO, 2008).

No entanto, é fundamental utilizar a experimentação de forma adequada, considerando-a como um instrumento para a compreensão dos conceitos, e não como uma atividade recreativa em si (OLIVEIRA, 2010 apud GONÇALVES et al., 2017). É necessário proporcionar aos alunos desafios que os levem a refletir sobre os fenômenos observados e estabelecer conexões com seus conhecimentos prévios, a fim de promover o progresso no aprendizado de novos conceitos (OLIVEIRA, 2010 apud GONÇALVES et al., 2017).

Embora a experimentação seja uma prática antiga, sua aplicação no ensino básico e secundário ainda é muitas vezes limitada por uma perspectiva empirista, centrada nos conteúdos e sem oportunidades para o desenvolvimento das habilidades científicas dos alunos (THOMAZ, 2000). Portanto, os educadores devem utilizar a experimentação como uma forma mais efetiva de ensino, proporcionando aos alunos

uma compreensão duradoura e significativa dos conceitos científicos, estimulando o raciocínio, a curiosidade e o interesse pela ciência (PESTANA, 2008).

4.2. A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO SEGUNDO A NOVA BNCC E O PAPEL DO PROFESSOR.

A nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) tem como objetivo definir os conhecimentos, competências e habilidades que todos os estudantes devem desenvolver ao longo da Educação Básica no Brasil. No ensino de Física, a BNCC destaca a importância da experimentação como uma forma de aprendizado significativo.

Segundo a BNCC, a experimentação no ensino de Física deve ser realizada de forma contextualizada, ou seja, relacionando os conceitos físicos com situações reais do cotidiano dos alunos. Além disso, a BNCC destaca que a experimentação deve ser acompanhada de análise e interpretação de resultados, permitindo que os alunos compreendam como a teoria e a prática se relacionam.

A experimentação é muito mais do que apenas um complemento ao ensino teórico. Ela desempenha um papel fundamental no aprendizado ativo, no qual o aluno é incentivado a investigar e descobrir conceitos físicos por meio da prática. Essa abordagem, conhecida como aprendizagem baseada em experimentos, possibilita que os alunos desenvolvam uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos abstratos da Física.

No ensino por investigação, os alunos são desafiados a formular questões de pesquisa, planejar e realizar experimentos para obter respostas. Essa abordagem promove a curiosidade, o pensamento crítico e a capacidade de resolver problemas de forma autônoma. Os estudantes têm a oportunidade de desenvolver habilidades como observação, coleta de dados, análise e interpretação dos resultados.

A experimentação, nesse contexto, permite que os alunos mergulhem na prática científica real, vivenciando os processos de investigação e descoberta. Eles podem explorar fenômenos, testar hipóteses, analisar evidências e formular conclusões

fundamentadas. Essa imersão ativa no processo científico fortalece a compreensão dos conceitos abstratos, uma vez que os alunos podem ver a conexão direta entre a teoria e os resultados observados. Segundo SANTOS (2016) a inclusão de atividades investigativas no ensino de ciências afasta os estudantes da postura passiva comumente encontrada no ensino tradicional e os envolve em um ambiente que requer a exposição de argumentos, ações, inferências contextualizadas e questionamentos.

A experimentação tem um importante destaque no ensino de Física, pois para que o aluno compreenda a teoria, é necessário vivenciá-la por meio da realização de experimentos (FREIRE, 1997 apud BATISTA 2009). Essa abordagem se torna uma poderosa ferramenta, permitindo que o aluno estabeleça uma relação dinâmica e indissociável entre teoria e prática desenvolvendo assim uma visão mais integrada dos conceitos físicos. a experimentação é uma forma de incentivar a curiosidade dos alunos e estimular o seu pensamento crítico.

4.3. A IMPORTÂNCIA DO USO DE LABORATÓRIOS REMOTOS

O ensino de Ciências, com foco na Física, frequentemente se limita à apresentação de conceitos de maneira linear, fragmentada e descontextualizada, resultando em uma compreensão superficial da matéria. Moreira e Penido (2009) argumentam que a experimentação é essencial para o desenvolvimento do pensamento crítico e investigativo dos alunos, e a realização de experimentos em sala de aula desempenha um papel vital no ensino de Ciências.

No entanto, a disponibilidade de laboratórios e equipamentos é um desafio, com menos da metade das escolas brasileiras possuindo espaços adequados para experimentos (Censo Escolar/INEP 2018). Para superar essa limitação, os laboratórios de experimentação remota buscam democratizar o acesso às experiências práticas e reduzir as restrições impostas pela falta de recursos físicos. Instituições de Ensino Superior têm adotado essa abordagem, permitindo que os alunos observem experimentos de maneira remota, superando as limitações das representações

puramente escritas.

A integração adequada dos conteúdos é essencial para que os alunos alcancem um aprendizado satisfatório, independentemente da área de estudo (GARCIA, 2006). O ensino híbrido, que combina o presencial com o online, oferece uma abordagem promissora, promovendo a participação ativa dos alunos e o papel do professor como mediador (Emílio, 2017).

No contexto dos laboratórios remotos, o controle via dispositivos móveis desempenha um papel fundamental. É importante destacar que esses laboratórios diferem das simulações, pois envolvem experimentos reais com instrumentos e dispositivos físicos. Eles podem ser acessados e controlados remotamente, permitindo a visualização de fenômenos e a obtenção de resultados práticos e autênticos, não apenas simulações (KHALIL, 2012).

4.4. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Este produto educacional está pautado na aprendizagem por investigação, proporcionando discussões em grupo, projetos de pesquisa, atividades práticas e outras ações que incentivem a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem. De acordo com Pimenta e Lima (2010), o papel do professor é fundamental para o desenvolvimento pessoal e intersubjetivo dos alunos, uma vez que ele atua como um facilitador para o acesso ao conhecimento. Nesse sentido, é responsabilidade do professor criar um ambiente investigativo que permita aos estudantes explorar seus conhecimentos prévios, formular ideias próprias e debatê-las com seus colegas e professores. Essa abordagem visa lapidar o conhecimento espontâneo dos estudantes, de forma a edificar o conhecimento científico (CARVALHO, 2013).

De acordo com Carvalho (2013), a construção de uma atividade investigativa requer a realização de diversas etapas. A primeira delas consiste na proposição do problema e incentiva os estudantes a pensarem e trabalharem com hipóteses. Em seguida, temos a resolução do problema, em que os grupos buscam soluções e

apresentam suas conclusões. A próxima etapa é voltada para a sistematização e contextualização dos conhecimentos adquiridos. Uma forma de realizar essa atividade é por meio da leitura, em que os alunos podem comparar suas hipóteses com o que é relatado no texto e discutir as diferenças. Por fim, a última etapa na qual ocorre a sistematização individual do conhecimento adquirido, em que os alunos são incentivados a registrar suas ideias. Essas etapas são essenciais para a criação de um ambiente investigativo, que permite aos alunos desenvolverem habilidades de pensamento crítico, criatividade e resolução de problemas. Além disso, essa abordagem incentiva o trabalho em equipe, o diálogo e a reflexão, contribuindo para o desenvolvimento pessoal e intersubjetivo dos estudantes.

Na aprendizagem por investigação o estudante é o protagonista tendo autonomia para planejar e propor atividades, além de defender suas perspectivas perante os colegas e professores. Nessa abordagem, não há uma resposta única e correta a cerca de um problema, mas sim uma construção coletiva do conhecimento orientada pelo professor. Consequentemente, o uso dessa metodologia promove a participação ativa dos alunos em sala de aula, com o professor desempenhando o papel de facilitador ou provocador de questões.

4.5. MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES NO PRODUTO EDUCACIONAL

O Movimento Harmônico Simples (MHS) é um conceito fundamental na física que descreve um tipo de movimento periódico de um objeto, seguindo uma função senoidal e isento de perturbações externas. Esse conceito tem aplicações amplas em áreas como engenharia, medicina e biologia, sendo utilizado no projeto de estruturas resistentes a vibrações, no estudo de ondas sonoras e eletromagnéticas, e na análise de oscilações em sistemas biológicos. Uma aplicação importante do MHS é no estudo do movimento do pêndulo, que é utilizado em relógios, cronômetros e na análise de estruturas sujeitas a vibrações. Portanto, é essencial que os alunos compreendam e saibam aplicar os conceitos do MHS de forma criativa na resolução de problemas.

A abordagem do produto educacional neste trabalho concentrou-se em explorar o conceito de Movimento Harmônico Simples (MHS) por meio de experimentos com o pêndulo simples a partir de um laboratório controlado remotamente. Essa abordagem permitiu aos alunos desenvolverem uma compreensão sólida e relevante dos conceitos iniciais do MHS. O pêndulo simples é um sistema físico amplamente estudado e utilizado como exemplo de movimento oscilatório periódico. Através de experimentos com o pêndulo, os alunos puderam observar e analisar as propriedades desse movimento, como a amplitude, período e frequência. Eles também puderam compreender as forças envolvidas, como a força gravitacional e a força de tensão do fio ou haste do pêndulo.

Além disso, o estudo do MHS vai além da sala de aula e possui diversas aplicações em áreas como engenharia, medicina e biologia. Na engenharia, o MHS é utilizado no projeto de estruturas que precisam resistir a vibrações, como pontes suspensas e edifícios altos. Na medicina, é aplicado no estudo de ondas sonoras e eletromagnéticas utilizadas para diagnóstico e tratamento de doenças. Na biologia, o MHS é utilizado no estudo de oscilações em sistemas biológicos, como o ritmo cardíaco.

A história do estudo do movimento remonta à Grécia Antiga, onde filósofos como Aristóteles começaram a desenvolver explicações racionais e científicas para os fenômenos naturais. Aristóteles diferenciou o movimento natural, que ocorre de acordo com a natureza do objeto, do movimento violento, que é resultado de forças externas. No entanto, foi com Galileu Galilei, no século XVI, que ocorreram avanços significativos no entendimento do movimento, especialmente por meio de experimentos com o pêndulo. Galileu observou que os corpos caíam com a mesma velocidade, independentemente de suas massas, e descobriu o isocronismo do pêndulo, que estabelece que a duração de uma oscilação completa é constante, desde que o comprimento da corda permaneça o mesmo. Essas descobertas revolucionaram o estudo do movimento e contribuíram para o desenvolvimento das leis matemáticas que regem o movimento pendular.

Assim, o produto educacional com foco no pêndulo simples permitiu aos alunos não apenas compreenderem os conceitos do MHS, mas também explorarem suas aplicações em diversas áreas do conhecimento. Ao estudar a história do estudo do movimento e os experimentos de cientistas como Galileu, os alunos puderam entender a importância do método científico e como ele contribui para o avanço do conhecimento e o desenvolvimento da sociedade.

5. DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

Laboratório de Experimentação Remota pode ser definido de um modo geral, como um conjunto de instrumentos ligados a computadores os quais estão conectados a Internet (WISINTAINER, 1999, p. 32). Para entender um laboratório de experimentação remota, precisamos diferenciá-lo dos simuladores, que fornecem resultados obtidos por meio de algoritmos programados com fórmulas matemáticas que reproduzem fenômenos físicos em condições ideais e não podem garantir que os resultados obtidos estejam realmente corretos.

A experimentação remota permite a aquisição de dados do mundo físico através de sensores e sistemas de monitoramento gerenciados pelo micro controlador e proporcionam ao usuário o controle e análise de resultados como se estivesse no próprio local, assegurando que os resultados obtidos sejam iguais quando manipulando-se diretamente o recurso. No estudo elaborado por Chevalier et al (2017), concluiu-se que a maior motivação para a utilização dos laboratórios remotos pelos estudantes universitários era justamente a facilidade de poder acessá-lo de casa.

Dentre as vantagens que cabem serem citadas na utilização do laboratório remoto como ferramenta para engajamento dos estudantes na aprendizagem das ciências, pode-se evidenciar a facilitação:

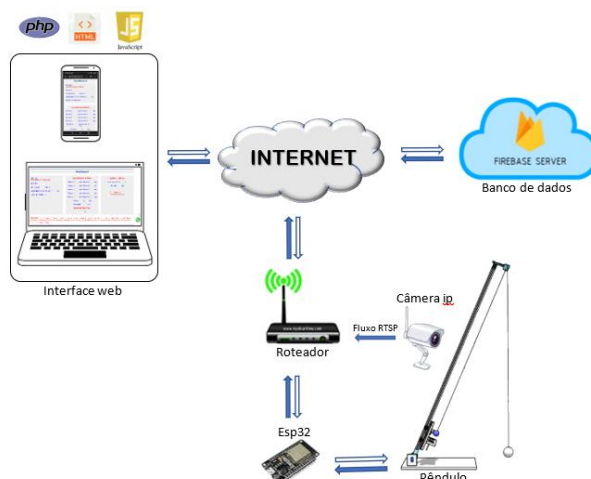
- I. No processo de coleta e análise de dados
- II. Na ampliação do número de usuários beneficiados pois não é preciso dispor fisicamente do recurso bastando para isso ter um computador ou celular conectado à internet;
- III. Do usuário interagir com o recurso com mais segurança, pois não o manipula diretamente, o que é imprescindível no manuseio a equipamentos de risco;
- IV. Assegura aos estudantes o sentimento prático, mesmo não estando nos laboratórios para realizar os experimentos;
- V. Reduz custos, pois com um mesmo equipamento pode-se favorecer muitos usuários.

5.1. ARQUITETURA DO SISTEMA

O protótipo do laboratório remoto utiliza o microcontrolador ESP32 programado no ambiente Arduino, com acesso ao Firebase Realtime Database via Wi-Fi. O usuário ajusta variáveis do movimento do pêndulo por meio de uma página HTML. Motores de passo controlam o comprimento e o ângulo do pêndulo, enquanto um servo posiciona sensores de infravermelho. Relés ativam um LED emissor de infravermelho e energizam eletroímãs. Após o posicionamento, o pêndulo é liberado e, ao cruzar sensores ópticos, envia um sinal ao ESP32, iniciando um contador de tempo. Os motores reposicionam o pêndulo até acionar chaves de fim de curso, indicando a posição inicial. O usuário acompanha o experimento em tempo real por streaming de vídeo de uma câmera IP. Veja a figura 11 para uma representação visual da estrutura do laboratório remoto.

A Figura 1 a seguir mostra a estrutura básica do laboratório de experimentação remota.

Figura 1 – Estrutura básica do laboratório remoto



Fonte: Elaborado pelo autor.

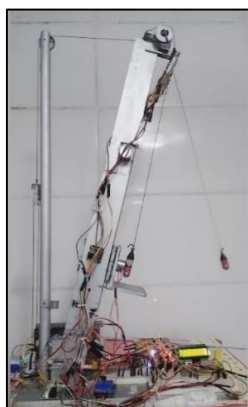
5.2. VISÃO GERAL DO PROJETO

O laboratório remoto de pêndulo é um projeto inovador que transforma a maneira como estudantes e pesquisadores conduzem experimentos científicos. Através de uma plataforma online, os usuários podem acessar um pêndulo de alta precisão e ajustar variáveis como comprimento, massa e ângulo para explorar diversos fenômenos relacionados à oscilação e ao movimento harmônico simples.

A interface do laboratório é intuitiva e acessível, tornando-o adequado para estudantes de todas as idades e níveis de conhecimento. O acesso via internet permite que o laboratório remoto esteja disponível a qualquer momento e em qualquer lugar, o que o torna uma ferramenta valiosa para pesquisadores e estudantes que desejam realizar experimentos de Física com flexibilidade.

Com o laboratório remoto de pêndulo, é possível aprender sobre conceitos como frequência natural de sistemas oscilatórios e a relação entre comprimento e período de oscilação. Além disso, o acesso remoto permite que pesquisadores coletem dados em tempo real, conduzam análises estatísticas e comparem resultados em diferentes configurações do pêndulo.

Figura 2 – Pêndulo completo.



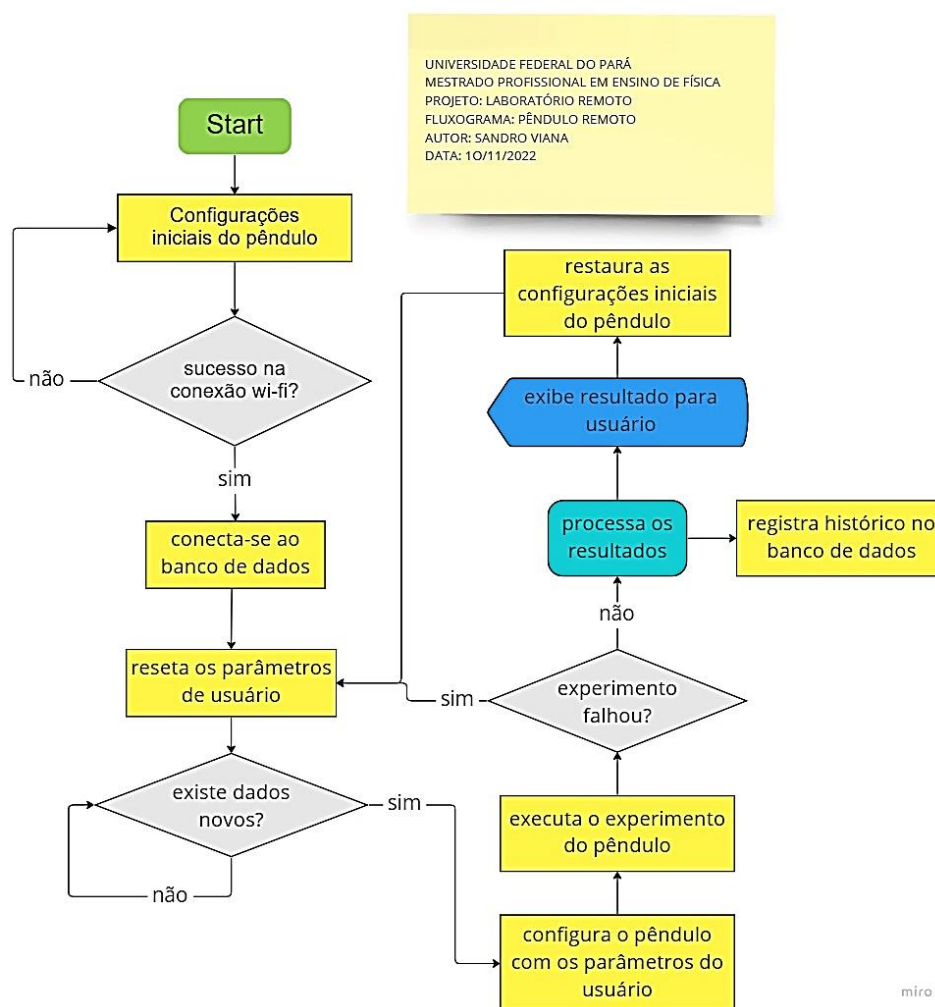
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3. PROGRAMAÇÃO DO MICROCONTROLADOR

O firmware para o ESP32 foi desenvolvido na IDE do Arduino e pode ser dividido em três partes distintas:

1. A primeira parte lida com as configurações iniciais, estabelecendo a conexão com a rede Wi-Fi e o banco de dados.
2. A segunda parte recebe os dados enviados pelo usuário para o banco de dados e executa as operações relacionadas ao pêndulo.
3. A terceira parte é responsável pelo processamento dos resultados obtidos e pela gravação desses resultados no banco de dados.

Figura 3 – Fluxograma do código implementado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

6. CONCEITOS FÍSICOS ACERCA DOS FENÔMENOS DE MHS

Para elaborar essa proposta de produto educacional, foram abordados os conceitos: frequência, período, ângulo inicial, comprimento do pêndulo e amplitude, uma vez que são definições e conceitos necessários para a compreensão dos fenômenos ondulatórios. Compreender esses conceitos é fundamental para entender a dinâmica da MHS, ou movimento harmônico simples. Uma grandeza muito importante em MHS é a frequência, que mede a quantidade de oscilações que ocorrem em um determinado intervalo de tempo e é diretamente proporcional à velocidade angular do sistema oscilatório. Por sua vez, o período é o tempo necessário para que uma oscilação completa ocorra e é inversamente proporcional à frequência.

O ângulo inicial, ou amplitude, por sua vez, é o ângulo formado pelo objeto em relação à posição de equilíbrio no início do movimento oscilatório que, para ângulos grandes, sob certas condições, influencia diretamente o sistema oscilatório proporcionando alterações na frequência e período. O comprimento do pêndulo é uma das grandezas mais importantes no estudo da MHS, pois ele determina a frequência de oscilação do sistema. Quanto maior o comprimento do pêndulo, menor será sua frequência e, conseqüentemente, maior será o período do movimento.

Compreender esses conceitos é fundamental para entender a dinâmica da MHS e, por isso, é importante que os estudantes do ensino básico tenham uma base sólida em Física. Além disso, ao estudar essas grandezas, os estudantes desenvolvem habilidades de análise e resolução de problemas, o que é importante não apenas na Física, mas em outras áreas do conhecimento também.

Um pêndulo simples é um tipo de pêndulo no qual um corpo de massa é suspenso por um fio inextensível e de massa desprezível, preso em um ponto fixo. Nesse tipo de pêndulo, o movimento de oscilação ocorre em um único plano, geralmente vertical. Um exemplo clássico de pêndulo simples é um pêndulo de um relógio de parede, onde um peso é suspenso por um fio e oscila de um lado para o outro. Outro exemplo comum é o pêndulo de um relógio de pulso mecânico. O pêndulo simples tem diversas aplicações

em várias áreas, tais como na medição do tempo, pois relógios de pêndulo utilizam a regularidade do movimento oscilatório para marcar a passagem do tempo.

Embora sejam menos comuns atualmente, ainda são usados em alguns relógios de parede e torres. Em Instrumentos científicos são utilizados em instrumentos sismográficos para detectar e registrar terremotos. Eles também são usados em gravímetros para medir a gravidade em diferentes locais. Podem ainda ser usados na demonstração do movimento da Terra chamado pêndulo de Foucault uma vez que o plano de oscilação do pêndulo gradualmente muda de direção devido à rotação terrestre. Pêndulos simples são frequentemente utilizados em laboratórios educacionais e experimentos científicos para estudar os princípios da física, como a relação entre comprimento do fio, massa do corpo e período de oscilação.

Este produto educacional foi desenvolvido como uma sequência de atividades investigativas baseadas em experimentos sobre conceitos fundamentais de MHS, para promover um ensino e aprendizagem significativos com alunos do terceiro ano do ensino médio. Após uma revisão sobre os conceitos acerca de MHS os estudantes são instruídos a acessar o laboratório remoto para realizar medidas experimentais em um pêndulo simples e formular hipóteses que relacionassem conceitos fundamentais dos tópicos selecionados com aplicações práticas no cotidiano. O objetivo é relacionar teoria e prática, contextualizando-a com a realidade vivenciada pelos alunos. O cronograma de atividades foi estruturado para abranger aulas teóricas dialógicas, atividades investigativas e uso de experimentos sobre os conceitos pré-selecionados. A ênfase em cada etapa foi despertar a curiosidade dos alunos, com o objetivo de promover uma participação mais ativa no processo de ensino e aprendizagem.

O tema proposto é apresentado de forma genérica aos alunos em duas aulas para que eles tomem conhecimento do objeto de estudo do produto educacional. Em seguida, são apresentados os conceitos básicos do tema, nos quais os experimentos devem se apoiar. Os alunos são divididos em grupos para discutirem entre si suas hipóteses acerca da situação problema proposta. Os conceitos básicos de MHS são necessários para que

todos os grupos entendam o funcionamento do laboratório de experimentação remota a ser utilizado. O principal objetivo do projeto é desenvolver a capacidade investigativa dos alunos para que, a partir dos resultados experimentais observados, possam concluir qual grandeza física é essencial para modificar o período de um pêndulo simples.

7. O PÊNDULO SIMPLES

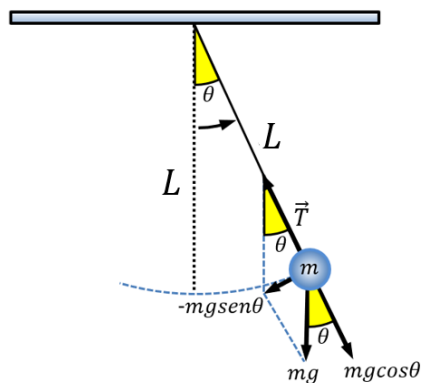
A fórmula do pêndulo simples é dada por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Onde T é o período do pêndulo. O tempo que leva para completar um ciclo completo de oscilação), L é o comprimento do pêndulo e g é a aceleração devida à gravidade.

Para demonstrar essa fórmula, usaremos as leis do movimento harmônico simples e a lei da conservação de energia. Considerando um pêndulo simples de massa m preso a um fio inextensível de comprimento L , podemos descrever o movimento do pêndulo em termos do ângulo θ que o fio faz com a vertical. A força que atua sobre o pêndulo é a força peso mg , que pode ser decomposta em duas componentes: uma tangencial, $F = -mg \sin \theta$, que provoca a aceleração tangencial $a = -g \sin(\theta)$, e outra normal, $N = mg \cos \theta$, que cancela a componente tangencial da força de tensão no fio (Figura 4). (HALLIDAY & RESNICK, 2018).

Figura 4 – Pêndulo simples.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O sinal negativo surge devido à natureza da força peso atuando como uma força restauradora no pêndulo simples. Essa força tende a trazer o pêndulo de volta à sua posição de equilíbrio estável. Quando o pêndulo se afasta do ponto de equilíbrio, a força peso atua na direção oposta ao deslocamento, resultando em uma aceleração tangencial

negativa. Isso significa que a velocidade tangencial diminui à medida que o pêndulo se move para a posição de equilíbrio e aumenta à medida que se move para longe da posição de equilíbrio. Essa aceleração tangencial negativa está diretamente relacionada ao ângulo de deslocamento do pêndulo em relação à vertical. Quanto maior o ângulo de deslocamento, maior será a força restauradora e, conseqüentemente, maior será a aceleração tangencial negativa.

Usando a segunda lei de Newton para o movimento angular, podemos escrever:

$$I \alpha = -mgL \sin \theta. \quad (1)$$

onde I é o momento de inércia do pêndulo em relação ao ponto de suspensão, e α é a aceleração angular. Para um pêndulo simples, o momento de inércia é dado por

$$I = mL^2, \quad (2)$$

e a aceleração angular é dada por

$$\alpha = \frac{d^2 \theta}{dt^2}. \quad (3)$$

Reescrevendo a Eq. (1) em termos de (2) e (3), temos:

$$mL^2 \cdot \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -mgL \sin \theta, \quad (4)$$

o que implica em

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = \frac{-mgL \sin \theta}{mL^2}, \quad (5)$$

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = -\frac{g}{L} \sin \theta. \quad (6)$$

A Eq. (6) é uma equação diferencial não linear de segunda ordem que descreve o movimento do pêndulo. Para resolvê-la, precisamos usar algumas técnicas matemáticas.

Uma forma de resolvê-la é fazer uma aproximação para pequenos ângulos, o que é válido para ângulos de até 10 graus (NUSSENZVEIG, 2014). Nesse caso, podemos aproximar o seno por seu valor em radianos e obter:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L}\theta . \quad (7)$$

Esta é a equação do movimento harmônico simples, que descreve o movimento de muitos sistemas físicos, como molas, circuitos elétricos e ondas sonoras. A solução geral é dada por:

$$\theta(t) = A\cos(\omega t + \varphi), \quad (8)$$

onde A e φ são constantes que dependem das condições iniciais, ou seja, da posição e velocidade iniciais da massa, e ω é a frequência angular, que é dada por:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \quad (9)$$

onde T é o período do pêndulo. Substituindo (8) em (7), obtemos

$$\frac{d^2(A\cos(\omega t + \varphi))}{dt^2} = -\frac{g}{L}A\cos(\omega t + \varphi). \quad (10)$$

Para encontrar a solução da equação, podemos utilizar a regra da cadeia para derivar a expressão. Primeiro, vamos encontrar a primeira derivada da função $A\cos(\omega t + \varphi)$:

$$\frac{d(A\cos(\omega t + \varphi))}{dt} = -A\omega\sin(\omega t + \varphi). \quad (11)$$

Em seguida, podemos encontrar a segunda derivada da função aplicando a regra da cadeia novamente:

$$\frac{d^2(A\cos(\omega t + \varphi))}{dt^2} = \frac{d(-A\omega\sin(\omega t + \varphi))}{dt} = -A\omega^2\cos(\omega t + \varphi). \quad (12)$$

Dessa forma a Eq. (10) fica:

$$-A\omega^2\cos(\omega t + \varphi) = -\frac{g}{L}A\cos(\omega t + \varphi), \quad (13)$$

Dividindo ambos os lados por $-A\cos(\omega t + \varphi)$, obtemos:

$$\omega^2 = \frac{g}{L} . \quad (14)$$

Das equações (9) e (14) obtemos

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} . \quad (15)$$

Esta é a fórmula do pêndulo simples, que relaciona o período do pêndulo ao comprimento da corda e à aceleração devido à gravidade. Para pequenos ângulos a fórmula é válida para qualquer valor de L e g . Para ângulos maiores, é necessário usar a equação completa do movimento. A. Beléndez et al. (2009) calcula o período exato do pêndulo simples analiticamente por meio da série de potências para qualquer ângulo inicial dada por

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(1 + \frac{1}{16} \theta_0^2 + \frac{11}{3072} \theta_0^4 + \dots \right) . \quad (16)$$

8. ROTEIRO DE DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

Esta proposta de atividade está dividida em quatro momentos: No primeiro momento, apresentamos a proposta de atividade do produto educacional aos alunos e ao final é realizada, de maneira assíncrona e individual por meio de formulários eletrônicos no Google Forms disponível no apêndice A, uma avaliação diagnóstica. No segundo momento, com a turma, iniciamos a exploração do conceito de MHS e apresentamos a situação problema descrita no apêndice B, enquanto o terceiro momento ocorre a orientação acerca da experimentação no laboratório remoto, com instruções precisas para que os alunos investiguem diferentes combinações de grandezas em um pêndulo simples descritas no apêndice C, que tem como objetivo coletar dados experimentais, fazendo medidas do tempo de oscilação de um pêndulo simples com o intuito de aprofundar o entendimento sobre os princípios da Física e promover o desenvolvimento das habilidades dos estudantes na análise e interpretação de resultados.

De posse dos resultados obtidos, experimentalmente, após realizar uma série de testes variando os parâmetros disponíveis: massa, amplitude e comprimento, o quarto encontro consiste na discussão coletiva dos resultados obtidos e eventualmente propõe a continuação da experimentação com posterior aplicação de outro teste de sondagem de conhecimento pós experimentos, disponíveis no apêndice D.

O objetivo é verificar a assimilação e retenção dos alunos em relação aos conteúdos de MHS ensinados usando a abordagem experimental.

8.1. PLANO DE AULA.

Título: “Investigando o Movimento Harmônico Simples: Relação entre o Movimento das Pernas e um Pêndulo Simples”

Previsão de duração: 6 aulas, cada uma com a duração de 50 minutos, distribuídas em quatro momentos ao longo de duas semanas.

Objetivos:

- Compreender os princípios do Movimento Harmônico Simples (MHS) e sua relação com o movimento das pernas e um pêndulo simples.
- Investigar experimentalmente a relação entre o movimento das pernas e o comportamento de um pêndulo simples.
- Analisar e interpretar os resultados obtidos, relacionando-os com os conceitos de MHS.

Materiais necessários:

- Quadro branco
- Notebook e Datashow
- Texto base sobre o caminhar e o relógio de pêndulo
- Laboratório remoto com acesso a experimentos de pêndulo simples
- Computador ou dispositivo com acesso à internet
- Papel e caneta para registro de dados e observações

8.1.1. PRIMEIRO MOMENTO: Proposta Do Produto Educacional

- Quantidade de aulas: 1 Aula
- Apresentar a proposta do produto educacional, explicando seu objetivo e como irá beneficiar o aprendizado dos alunos.
- Apresentar os principais tópicos e conteúdos abordados no produto educacional.
- Incentivar os alunos a fazerem perguntas e esclarecerem suas dúvidas sobre o produto.

Recursos necessários:

- Notebook e Datashow ou quadro branco
- Slides ou material visual sobre o produto educacional

8.1.2. SEGUNDO MOMENTO: Conceito de Movimento Harmônico Simples

- Quantidade de aulas: 1 Aula
- Apresentar o conceito de Movimento Harmônico Simples (MHS) de forma breve, explicando sua definição e características principais.
- Explicar que o objetivo da atividade é investigar a relação entre o movimento das pernas e o comportamento de um pêndulo simples.
- Estabelecer a situação problema: "Como o comprimento das pernas afeta o ritmo do caminhar e como o análogo disso pode ser observado em um pêndulo simples?"
- Discutir com os alunos sobre suas hipóteses em relação a qual fator altera o período do pêndulo com base em seus conhecimentos prévios.
- Compartilhar com os alunos um link para um formulário online no Google Forms contendo questões relacionadas aos conceitos de pêndulo simples.

8.1.3. TERCEIRO MOMENTO: Experimentação No Laboratório Remoto

- Quantidade de aulas: 2 Aulas
- Experimentação no laboratório remoto (assíncrono)
- Orientar que os alunos acessem o laboratório remoto onde será possível a manipulação das grandezas de massa, amplitude e comprimento de um pêndulo simples.
- Instruir os alunos a realizar experimentos manipulando uma variável por vez, mantendo as demais constantes.
- Instruir os alunos a explorar combinações diferentes de grandezas (massa, amplitude e comprimento) para investigar outras relações possíveis.
- Solicitar que registrassem os dados obtidos e observações relevantes.
- Solicitar que os dados obtidos em relação ao período do pêndulo para cada configuração testada.

8.1.4. QUARTO MOMENTO: Discussão Dos Novos Resultados

- Quantidade de aulas: 2 Aulas
- Continuação da experimentação (opcional):
- Retomada no laboratório remoto
- Discussão dos novos resultados:
- Formar grupos para compartilhar as novas descobertas e discutir os padrões observados.

9. REFERÊNCIAS

A BELÉNDEZ ET AL. Approximation for the large-angle simple pendulum period. European Journal of Physics Vol. 30t N^o 2 L25-L28 (2009).

ABATTOUY, MOHAMMED. The mathematics of isochronism in Galileo: From his manuscript notes on motion to the Discorsi. University of Rabat. 2017.

ABRÃO, ERIK CABRINI. CADERNO DO ALUNO. OPERADOR DE GUINDASTE. Unidade Operacional Jacaré. SP. Disponível em: <https://www.academia.edu/34570144/APOSTILA_DE_GUINDASTE> Acesso em: 10/11/2022.

ALGUMA FÍSICA DO ANDAR. Para gostar de Física. [s.d.]. Disponível em:<<http://axpfep1.if.usp.br/~otaviano/Andar.html#:~:text=Assim%2C%20a%20velocidade%20confort%C3%A1vel%20de,bem%20t%C3%ADpicas%20para%20seres%20humanos>>. Acesso em: 07/ 01/ 2022.

AUSUBEL, DAVID P.; NOVAK, JOSEPH D.; HANESIAN, HELEN. Psicologia Educational. 2.ed. Rio de Janeiro. Editora Interamericana Ltda, 1980.

BASSALO, JOSÉ MARIA FILARDO. pêndulos: simples e composto. curiosidades da física. Disponível em: www.bassalo.com.br. acesso em: 12/08/22.

BASSALO, JOSÉ MARIA FILARDO. As leis do pêndulo, as da queda livre e a composição de velocidades de galileu. curiosidades da física. Disponível em: <www.bassalo.com.br>. Acesso em: 12/08/22.

BATISTA, MICHEL CORCI. FUSINATO, POLÔNIA ALTOÉ. BLINI, RICARDO BRUGNOLLE. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de física. Acta Scientiarum. Human and Social Sciences, vol. 31, núm. 1, 2009, pp. 43-49 Universidade Estadual de Maringá Maringá, Brasil

BEN-ABU, YUVAL. WOLFSON, IRA. ESHACH, HAIM. YIZHAQ, YIZHAQHEZI. Energy, Christiaan Huygens, and the Wonderful Cycloid—Theory versus Experiment. Symmetry is published by MDP. 2018

BRITES, FELIPE GONCALVES. SANTOS, VINICIUS PUGA DE ALMEIDA. Motor de Passo. Universidade Federal Fluminense, Centro Tecnológico Escola de Engenharia, Curso de Engenharia de Telecomunicações Programa de Educação Tutorial Grupo PET-Tele, Niterói - RJ Julho / 2008.

BRUNER, J. Toward a theory of instruction. Cambridge, Belknap Press of Harvard University, 1967.

BUENO, KELLY CRISTINA. Os benefícios e obstáculos do experimento de acesso remoto sobre a água de represa Billings, de acordo com os professores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências 2023.

BUYSE, FILIP A.A. Galileo Galilei, Holland and the Pendulum Clock. University of Oxford.

CAMPOS, LUANE TOMÉ DE P. CRUZ, JÚNIO M. R. AMADOR, CÁSSIO H. S. RIBEIRO, ALICE M. Experimentação remota e educação científica: o uso do experimento remoto World Pendulum Alliance (wp@elab) no ensino superior. conedu VIII congresso nacional de educação. 2022

CARVALHO, A. M. P. et. al. Conhecimento físico no ensino fundamental. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P. Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013, p. 02-10.

CAPARELLI, THIAGO BRUNO, 1981- Reconstrução de parâmetros biomecânicos da marcha por meio de ciclogramas e redes neurais artificiais - UFU, MG, Brasil 2017.

CHITUNGO, HERCULANO HENRIQUES CHINGUI. SILVA, ISABELA NARDI DA. SILVA, JUAREZ BENTO DA. BILESSIMO, SIMONE MEISTER SOMMER. Remote labs in high school: a case study in physics teaching. International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS) (IJAERS). Vol-7, Edição-7, julho de 2020.

CHITUNGO, HERCULANO HENRIQUES CHINGUI. O uso de laboratórios remotos no ensino de física na educação básica: estudo de caso em escola da rede pública. Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

CONVERSE, TIM; PARK, JOYCE. PHP: A Bíblia. Rio De Janeiro: Campus, 2003. 868p, il.

C. FARINA. Christiaan Huygens e o pêndulo cicloidal. Mestrado Profissional em Ensino de Física. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2008.

CONCEIÇÃO, ELIZETE DE FÁTIMA VEIGA DA; SIQUEIRA, LIZ BEHR; ZUCOLOTO, MARCELE PEREIRA DA ROSA. Aprendizagem mediada pelo professor: uma abordagem vygotskyana. *Research, Society and Development*, vol. 8, núm. 7, pp. 01-14, 2019.

DADOS DO CENSO ESCOLAR. Inep. 2019-2022. Disponível em: <https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/notas_estatisticas_censo_da_educacao_basica_2019.pdf>. Acesso em: 10/07/2022.

DEBORAH LITTLEJOHN SHINDER, LAURA HUNTER, in MCSA/MCSE (Exam 70-291) Study Guide, 2003. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/internet-protocol>>. Acesso em: 15/10/2022.

DEWEY, JOHN. Fichamento: Experience and Education (1938). Collier Books, 1968

ESP32-DevKitC V4 GETTING STARTED GUIDE. Disponível em: <<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/hw-reference/esp32/get-started-devkitc.html>>. Acesso em: 18/05/2022.

ESP32-S2-WROOM. DATASHEET. Disponível em: <https://www.espressif.com/documentation/esp32-s2-wroom_esp32-s2-wroom-i_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 18/05/2022.

FERREIRA, CIRO THADEU TOMAZELL. A Linguagem da natureza, linguagem do homem: a matematização do movimento por Galileu em contexto. Ciro Thadeu Tomazella Ferreira; orientadora Cibelle Celestino Silva São Carlos, 2022.

FREIRE, PAULO. Pedagogia do Oprimido 65^a ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra. 1987.

GALILEI, GALILEO. Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze. Leida - Paesi Bassi. 1638.

GALILEI, GALILEO. “Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo — Tolemaico e Copernicano”, traduzido por Stillman Drake, com prefácio de Albert Einstein. 2^a ed. Berkeley e Los Angeles: University of California Press, 1967.

GALILEI, GALILEO. Le opere. Firenze. tipografia Di G. Barbera. 1900.

GALILEO'S NOTES ON MOTION. Biblioteca Nazionale Centrale, Florence Istituto e Museo di Storia della Scienza, Florence Max Planck Institute for the History of Science, Berlin. Disponível em: < https://www.mpiwg-berlin.mpg.de/Galileo_Prototype/MAIN.HTM > Acesso em: 29/11/2022.

GASPAR, A.; MONTEIRO I.C.C. Atividades Experimentais de Demonstrações em Sala de Aula: Uma Análise Segundo o Referencial da Teoria de Vygotsky. *Investigações em Ensino de Ciências* 10 (2): 227-254. 2005.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, v. 10, 1999. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>>. Acesso em: 12/12/22.

GONÇALVES, RAQUEL P. NEVES ET AL. A Experimentação Investigativa no Ensino de Ciências na Educação Básica. 37^o encontro de debates sobre ensino de química. 2017.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v.1.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018

HEWITT, P. G. Física conceitual. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

HUYGENS, CHRISTIAAN. *Horologium Oscillatorium: sive de motu pendulorum ad horologia aptato demonstrationes geometricae*. apud F. Muguet, regis & illustrissimi archiepiscopi typographum, viâ Citharæ, ad insigne trium Regum. 1673.

KAZMIERKOWSKI, M. P. Using Remote Labs in Education (Zubia, J.G. and Alves, G.R.; 2011) [Book News]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 67-68, mar. 2013.

LEITE, JOICE DE CARVALHO; RODRIGUES, MARIA APARECIDA; MAGALHÃES JÚNIOR, CARLOS ALBERTO DE OLIVEIRA. Ensino por investigação na visão de Professores de Ciências em um Contexto de Formação Continuada. S.l.: s.n, 2014.

LIMA, CARLOS R A; ZAPPA, FÁBIO. Análise de dados para Laboratório de Física. Rio De Janeiro. 25 de março de 2014.

LINO, PAULO SÉRGIO COSTA. Polias, Correias e Transmissão de Potência Blog Fatos Matemáticos. 2013. Disponível em: <https://engenharia360.com/wp-content/uploads/2013/05/PoliaseCorreias.pdf>. Acesso em: 02/03/22.

MENDES, GABRIELA H. G. ISSA. BATISTA, IRINÉA DE LOURDES. Síntese histórica da matematização do pêndulo simples. XII EPREM - Encontro Paranaense de Educação Matemática Campo Mourão. 2014.

MEHL, EWALDO L. M. História do transistor: do transistor ao microprocessador. Disponível em: http://www.eletr.ufpr.br/mehl/historia_transistor.pdf. Acesso em: 05/10/2022.

MATTHEWS, MICHAEL. Methodology and Politics in Science: The Fate of Huygens 1673 Proposal of the Seconds Pendulum as an International Standard of Length and Some Educational Suggestions. Conferência proferida no VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Traduzido por Claudia Mesquita. Florianópolis. março de 2000.

MORAN, JOSE MANUEL. Educação inovadora na sociedade da informação. 2011.

Disponível em: <http://www.anped.org.br/reunioes/23/textos/moran.PDF> Acesso em: 16/05/2020.

MOREIRA, M.A.; MASINI, E.A.F.S. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

MOREIRA, A. C. S.; PENIDO, M. C. M. Sobre as propostas de utilização das atividades experimentais no ensino de Física. In: Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências. 7. 2009. Florianópolis. Anais... Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

MOURA, PAULO SERGIO. Trabalho de História da Ciência e da Técnica - T1B2. CESIMA/PUC-SP. disponível em: <https://www.pucsp.br/pos/cesima/schenberg/alunos/paulosergio/index.html> Acesso em: 10/04/2022.

NETO, JOÃO T. DE CARVALHO; APOLINÁRIO, FERNANDO R; SOARES, ALINE DE A. Sistema photogate de seis canais analógicos para laboratórios didáticos de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 1, e1504 (2018)

NETO, ANTONIO AUGUSTO MARTINS. O Ensino da hidrostática através de uma sequência didática utilizando experimentos de baixo custo Análise de um estudo de caso em turmas do CEEFJA. Marabá. UNIFESSPA. 2019.

NICOLETE, P. C. Integração de tecnologia na educação: Grupo de trabalho em experimentação remota móvel (GT-MRE) um estudo de caso. 2016. 221 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/171704/343054.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 8 maio. 2021.

NUSSENZVEIG; H. M. Curso de física básica, 2: fluidos, oscilações e ondas, calor. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

O'CONNOR, J J. ROBERTSON, E F. Mc Tutor: Christiaan Huygens. Última atualização 1997. Disponível em: <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Huygens/>. Acesso em: 03/11/2021

PIMENTA, S. G.; LIMA, M. S. L. Estágio e Docência. São Paulo: Cortez, 2010

RAIMUNDO, ALLAN KEYSER DE SOUZA. Comparação da velocidade da marcha de crianças saudáveis em dois ambientes. Disponível em: <https://www.efdeportes.com/efd99/marcha.htm#:~:text=Esses%20valores%20se%20aproximam%20muito,5%20e%206%20anos%20respectivamente>. Acesso em: 15/09/2022.

ROQUE, TIAGO CESCONETO. BENEDET, MÁRCIA LEANDRO. MEDEIROS, JOSIANE SANTOS. Uso do laboratório Remoto RexLab na disciplina de Física. Braz. J. de Desenvolver., Curitiba, v. 5, n. 10, p. 23708-23723, novembro. 2019.

SANTOS, EMILY ROCHA DOS. Estudo do oscilador harmônico em sistemas acoplados. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - CETEC. UFRB. 2017.

SCHULZRINNE, H; RAO, A e LANPHIER, R. Real Time Streaming Protocol (RTSP). [S.l.], February 2, 1998.

SILVA, M.N.M.; FILHO, J.B.R. (2010). O Papel Atual da Experimentação no Ensino de Física. XI Salão de Iniciação Científica - PUCR, Aug 9-12: 903-905.

SILVA, S. P. A utilização da experimentação remota na educação básica: um estudo em escolas das redes pública e privada. 2013. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Tecnologias da Informação e Comunicação, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2013.

TARTARUGA, LEONARDO ALEXANDRE PEYRÉ. YOU TUBE título: 4 1 mecanismo pendular 1 fev 2021.FisioMec. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=0ORSpu4Q8aI>>. Acesso em: 04/ 09/ 2021.

THOMSEN, ADILSON. Controlando motor de passo 5V 28BYJ-48 com Arduino Motor Shield L293D. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/controlando-motor-de-passo-5v-28byj-48-com-motor-shield/>>. Acesso em: 04/ 02/ 2021.

ZABALA, A. A prática educativa: como. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZUBÍA, JAVIER GARCÍA. ALVES, GUSTAVO R. Using Remote Labs in Education. University of Deusto Bilbao, 2011.

APÊNDICE A – Formulário Online

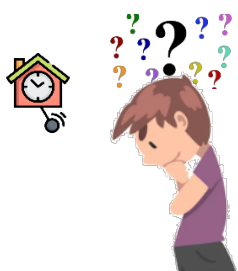
Atividade realizada *online* por meio de formulário eletrônico google forms com objetivo principal mensurar o nível de assimilação e retenção dos alunos em relação aos conceitos acerca dos conteúdos de Movimento Harmônico Simples (MHS) antes de realizar as atividades experimentais no laboratório remoto.

SONDAGEM PRÉ-EXPERIMENTO

- Este questionário avalia a metodologia de ensino tradicional em sua escola. Responda com sinceridade.
 - Este formulário faz parte de uma atividade no laboratório remoto que investiga fatores que afetam o período do pêndulo: ângulo inicial, massa e comprimento do fio.
 - Esta seção é para aqueles que ainda não fizeram a atividade experimental e busca avaliar o conhecimento prévio dos alunos.
 - Seus feedbacks serão valiosos para refletir sobre a eficiência da metodologia de ensino e possíveis sugestões para melhorar o método pedagógico.
 - Leia cuidadosamente cada pergunta e reflita antes de responder.
-
1. O que é um pêndulo?
 2. O que é período?
 3. O que é frequência?
 4. O que é o arco formado pelo pêndulo?
 5. Cite três brinquedos comuns em parques de diversões ou outros objetos que sejam exemplos de pêndulos em ação.
 6. O comportamento oscilatório do pêndulo mudará quando você mudar a massa ligada ao fio? Em caso afirmativo, como?
 7. A massa fará com que o período diminua ou aumente?

APÊNDICE B – Situação Problema

Joãozinho, ao passear com a mãe percebeu que sempre se cansava ao tentar acompanhar o ritmo de caminhada da mãe. Ela sempre ia calmamente, enquanto ele se esforçava para acompanhar o seu ritmo e ir ao seu lado. Também ficava cansado quando tentava diminuir o seu ritmo de caminhada para acompanhar o seu irmão menor, bem mais baixo.



Tentando entender isso, ficou pensando no movimento que as pernas deles faziam, buscando situações parecidas, até que um dia viu em uma loja chique um relógio cuco funcionando, e achou o movimento do pêndulo parecido.

Por envolver diversos tipos de movimentos a biomecânica do caminhar é bem complexa, porém vamos simplificar o nosso modelo de estudo e deixando os detalhes complicadores para um estudo mais avançado posterior. Assim, se ignorarmos o fato da perna se dobrar um pouco a cada passo e se considerarmos o tronco como o referencial vamos ver as pernas realizando movimentos de vai e vem livremente, exatamente como o pêndulo que Joãozinho observou no relógio, como se houvesse uma massa pendurada na ponta de um fio.

Das observações de Joãozinho e de sua curiosidade científica vamos realizar um experimento investigativo sobre o movimento dos pêndulos para entender os movimentos oscilatórios. (adaptado de: Faculdade de Física – UFPA – EAD – Física Básica I – Profa. Silvana Perez – Atividade investigativa e repense.)

APÊNDICE C – Atividade Investigativa no Laboratório Remoto

ORIENTAÇÕES SOBRE O LABORATÓRIO REMOTO

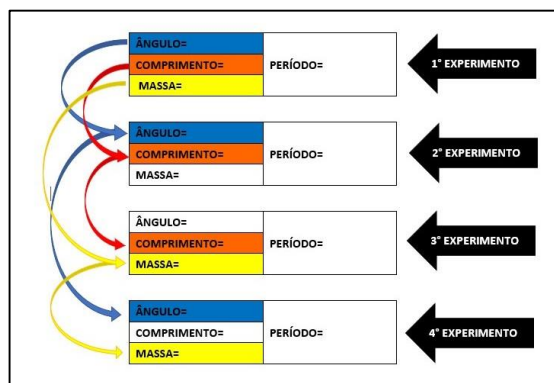
- Escolha um nome de usuário
- Escolha a inclinação do pêndulo
- Escolha o comprimento do pêndulo
- Escolha o pêndulo que será executado
- Clique em ENVIAR para dar início ao experimento

OBS: Para acompanhar a execução do experimento aperte PLAY no box de vídeo após ENVIAR os dados. O tempo de resposta para o início do experimento pode variar dependendo da qualidade da conexão da internet, por favor aguarde a confirmação.

SUGESTÃO PARA INVESTIGAR O PERÍODO DO PÊNDULO

Escolha um valor inicial para o ângulo, comprimento e massa. Os valores de mesma cor devem ser repetidos no experimento seguinte e os sem cor você escolhe aleatoriamente. Ao final dos quatro experimentos é possível saber o que determina a mudança no valor do período de um pêndulo.

Figura 5 – Sequência experimentos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS NO LABORATÓRIO REMOTO

1. Escolha um dos pêndulos e o desloque da posição de equilíbrio inicial para uma inclinação e comprimento desejados e dê início ao experimento registrando os valores.
 - a) Qual o período medido?
 - b) Qual o período calculado?
2. Mantendo o mesmo pêndulo e o valor do comprimento inicial da questão 1, escolha outro valor para inclinação e repita o experimento.
 - a) Qual o período medido?
 - b) Qual o período calculado?
3. Mantendo o mesmo pêndulo e o valor da inclinação inicial da questão 1, escolha outro valor para o comprimento e repita o experimento.
 - a) Qual o período medido?
 - b) Qual o período calculado?
4. Mantendo os valores do comprimento inicial e da inclinação da atividade 2, escolha outro pêndulo e repita o experimento.
 - a) Qual o período medido?
 - b) Qual o período calculado?

APÊNDICE D – Formulário Pós Experimento - Online

Atividade realizada *online* por meio de formulário eletrônico google forms com objetivo principal mensurar o nível de assimilação e retenção dos alunos em relação aos conceitos acerca dos conteúdos de Movimento Harmônico Simples (MHS) após realizar as atividades experimentais no laboratório remoto.

SONDAGEM PÓS-EXPERIMENTO

- Este questionário avalia a metodologia de ensino tradicional em sua escola. Responda com sinceridade.
- Este formulário faz parte de uma atividade no laboratório remoto que investiga fatores que afetam o período do pêndulo: ângulo inicial, massa e comprimento do fio.
- Esta seção é para aqueles que ainda não fizeram a atividade experimental e busca avaliar o conhecimento prévio dos alunos.
- Seus feedbacks serão valiosos para refletir sobre a eficiência da metodologia de ensino e possíveis sugestões para melhorar o método pedagógico.
- Leia cuidadosamente cada pergunta e reflita antes de responder.

UTILIZANDO OS DADOS OBTIDOS NO EXPERIMENTO MARQUE V PARA VERDADEIRO OU F PARA FALSO NAS HIPÓTESES ABAIXO:

1. Primeira hipótese:

() O período de oscilação depende da massa do pêndulo. Quanto maior a massa do pêndulo, maior o tempo de oscilação.

2. Segunda hipótese:

() O período de oscilação depende do ângulo inicial do pêndulo. Quanto maior o ângulo inicial do pêndulo, maior o tempo de oscilação.

3. Terceira hipótese:

() O período de oscilação depende do comprimento do pêndulo. Quanto maior o comprimento do pêndulo, maior o tempo de oscilação.

4. De maneira geral o período de um pêndulo simples depende de que fator?

- a) massa
- b) inclinação
- c) comprimento
- d) nenhum dos anteriores

5. O que é um pêndulo?

6. O que é período?

7. O que é frequência?

8. O que é o arco formado pelo pêndulo?

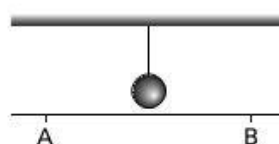
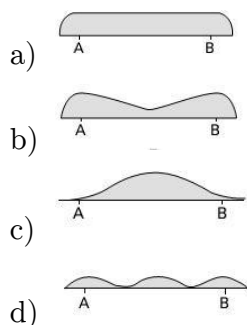
9. Cite três brinquedos comuns em parques de diversões ou outros objetos que sejam exemplos de pêndulos em ação.

10. O comportamento oscilatório do pêndulo mudará quando você mudar a massa ligada ao fio? Em caso afirmativo, como? Mais massa fará com que o período diminua ou aumente?

APÊNDICE E – Teste de Aprendizagem Pós Experimento - Online

No mesmo formulário anterior ou separado.

1. figura ilustra um pêndulo formado por um fio e uma esfera oca, cheia de areia, com um orifício em sua extremidade inferior. O pêndulo oscila livre de ações de forças resistivas e a areia escoá regularmente pelo orifício. Qual das figuras a seguir melhor representa o perfil da areia depositada?



2. Assinale o que for correto a respeito de pêndulos simples.

I – O período de oscilação completo ocorre quando o pêndulo sai da posição inicial e atinge o ponto oposto.

II – A frequência de oscilação é diretamente proporcional ao comprimento do fio que compõe o pêndulo.

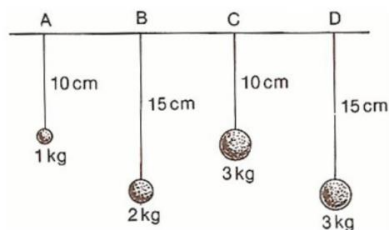
III – Quanto maior a massa maior é o período de oscilação.

IV – Quanto maior comprimento do fio que compõe o pêndulo maior será o período.

As afirmações verdadeiras são:

- a) I e II
- b) II e III
- c) III e IV
- d) Apenas III
- e) Apenas IV

3. Observando os quatro pêndulos da figura, pode-se afirmar que:



- O pêndulo A oscila mais devagar que o pêndulo B.
 - O pêndulo A oscila mais devagar que o pêndulo C.
 - O pêndulo B e o pêndulo D possuem o mesmo período de oscilação.
 - O pêndulo B oscila mais devagar que o pêndulo D.
 - O pêndulo C e o pêndulo D possuem o mesmo período de oscilação.
4. Vista para o céu e vento no rosto, o balanço quebra a mesmice da rotina e possibilita a sensação de voo em qualquer idade, instigando a imaginação e o equilíbrio. Fora o friozinho gostoso na barriga. Abaixo temos um grupo de pessoas em balanços de mesmo comprimento.



Supondo que todas se impulsionem juntas uma única vez de modo fiquem balançando exclusivamente por ação da gravidade e desconsiderando as forças dissipativas, é correto afirmar que:

- A pessoa H oscila mais devagar.
- A pessoa D oscila mais devagar que as pessoas A e B e mais rápido que as pessoas G e H.
- A pessoa A oscila mais rápido que todas as outras do balanço.
- Todas possuem o mesmo período de oscilação.

5. Por envolver diversos tipos de movimentos a biomecânica do caminhar é bem complexa, porém vamos simplificar o nosso modelo de estudo deixando os detalhes complicadores para um estudo mais avançado posterior. Assim, se ignorarmos o fato da perna se dobrar um pouco a cada passo e considerarmos o tronco como o referencial vamos ver as pernas realizando movimentos de vai e vem livremente exatamente como um pêndulo simples, como se houvesse uma massa pendurada na ponta de um fio.

Ao observar uma pessoa média adulta caminhando ao lado de uma criança, no mínimo uma das duas está fora da sua velocidade de conforto, que é aquela em que o gasto energético é otimizado pelo organismo. Nessas condições concluímos que:



- Se criança estiver caminhando ao lado de um adulto ela vai estar com uma cadência de passos abaixo do normal.
- Se a criança estiver caminhando na sua velocidade normal o adulto estará com uma cadência de passos abaixo do normal.
- Ambos estarão com a mesma cadência de passos.
- Dois adultos de estaturas diferentes terão a mesma cadência de passos.

6. Entre as imagens abaixo qual não tem relação com pêndulo?

- a) Relógio



- b) Bô de demolição



- c) Metrônomo



- d) Gôrra



- e) Balanço



APÊNDICE G – Criando o Formulário Online

O Google Forms é uma ferramenta online gratuita fornecida pelo Google que permite criar questionários, pesquisas e formulários personalizados. Com o Google Forms, você pode coletar facilmente dados, opiniões e feedbacks de usuários, colegas de trabalho, clientes ou qualquer pessoa que você deseje. O tutorial a seguir irá ajudá-lo a criar um formulário no Google Forms com as perguntas da sequência de atividades:

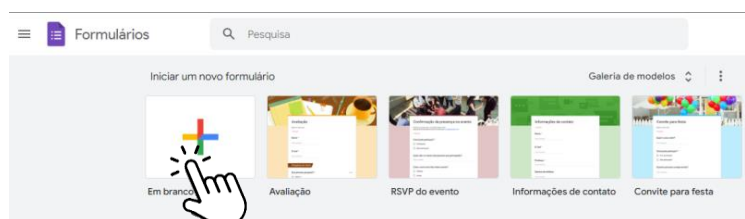
Passo 1: Acesse o Google Forms

Vá para o site do Google Forms (forms.google.com) e faça login em sua conta do Google. Se você não tiver uma conta, pode criar uma gratuitamente.

Passo 2: Crie um novo formulário

Clique no botão "Em branco" para criar um novo formulário.

Figura 6 – Criando um novo formulário.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Passo 3: Adicione perguntas

Adicione as perguntas fornecidas ao seu formulário:

Pergunta 1: O que é um pêndulo?

a) Clique no botão "+" para adicionar uma pergunta.

b) Selecione o tipo de pergunta "Resposta curta" para permitir que os participantes insiram uma resposta breve.

Figura 7 – Criando as perguntas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Repita esse processo para adicionar as perguntas restantes (perguntas 2 a 6), selecionando o tipo de pergunta adequado para cada uma.

Passo 4: Personalize o formulário

Personalize o design do seu formulário, escolhendo um tema, alterando as cores e fontes, e adicionando imagens ou vídeos relevantes, se desejar.

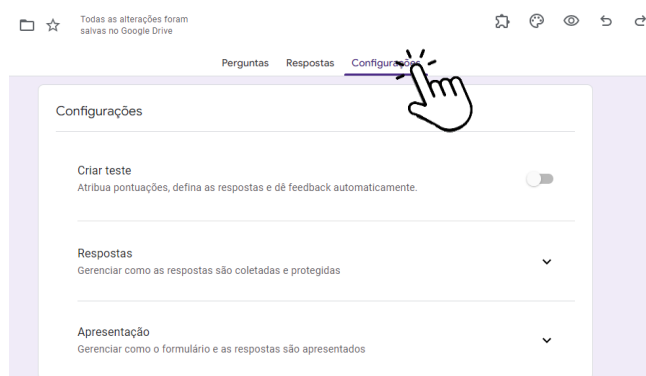
Figura 8 – Personalizando o formulário.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Passo 5: Configure as opções do formulário

Clique em configurações na parte superior para acessar as opções adicionais. Aqui, você pode definir configurações como permitir respostas anônimas, limitar uma resposta por pessoa, adicionar uma data de encerramento do formulário e muito mais.

Figura 9 – Configurando o formulário.

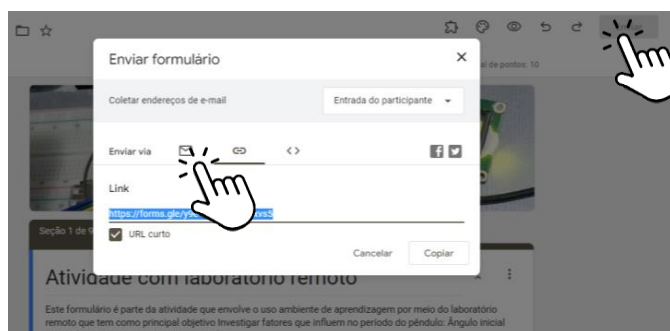


Fonte: Elaborado pelo autor.

Passo 6: Compartilhe o formulário

Depois de concluir o formulário, clique no botão "Enviar" no canto superior direito. Você pode copiar o link do formulário e compartilhá-lo por e-mail, mídia social ou incorporá-lo em um site. Além disso, você pode enviar o formulário diretamente por e-mail para os participantes usando a opção "Enviar por e-mail".

Figura 10 – Compartilhando o formulário.

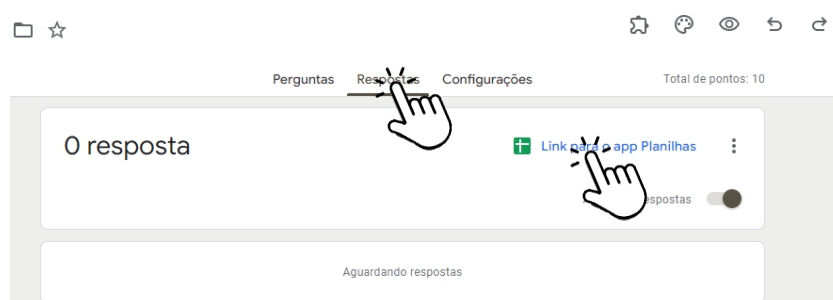


Fonte: Elaborado pelo autor.

Passo 7: Analise as respostas

Você pode acompanhar as respostas em tempo real no Google Forms ou exportá-las para uma planilha do *Google Sheets* para análise mais detalhada. Basta clicar na guia "Respostas" no topo do formulário para visualizar os resultados.

Figura 11 – Analisando as respostas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Lembre-se de personalizar e ajustar o formulário de acordo com suas necessidades, adicionando instruções adicionais, como as descritas no texto de descrição, para que os participantes compreendam claramente o objetivo do formulário.