



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA

**MESTRADO PROFISSIONAL GESTÃO E
TECNOLOGIAS APLICADAS À EDUCAÇÃO**

**Trigonometria, Ondas e Música na Licenciatura em
Física da UNEB: “Sonotrig” para aprendizagem
significativa com uso do arduino**

Salvador - Ba
2025



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA

**MESTRADO PROFISSIONAL GESTÃO E
TECNOLOGIAS APLICADAS À EDUCAÇÃO**

**Trigonometria, Ondas e Música na Licenciatura em
Física da UNEB: “Sonotrig” para aprendizagem
significativa com uso do arduino**

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade de dissertação monográfica apresentado por Marcos Bezerra de Carvalho como requisito parcial para a conclusão do curso de Mestrado Profissional Gestão e Tecnologias Aplicadas à Educação em agosto de 2025.

Orientação: Prof.(a) Dra. Josemeire
Machado Dias

Co-orientação: Prof. Dr. José Vicente
Cardoso Santos.

Salvador - Ba
2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pelo SISB/UNEB.
Dados fornecidos pelo próprio autor.

C331t Carvalho, Marcos Antonio Bezerra de

Trigonometria, Ondas e Música na Licenciatura em Física da UNEB: Sonotrig para aprendizagem significativa com uso do arduino / Marcos Antonio Bezerra de Carvalho. Orientador(a): Josemeire Machado Dias. Coorientador(a): José Vicente Cardoso Santos. Salvador, 2025.
164 p : il.

Dissertação (Mestrado Profissional). Universidade do Estado da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologias Aplicadas à Educação - GESTEC, Salvador. 2025.

Contém referências, anexos e apêndices.

1. Ensino de Física. 2. Trigonometria aplicada ao ensino. 3. Tecnologias educacionais baseadas em Arduino. 4. Ondas sonoras e síntese digital. 5. Aprendizagem significativa. I. Dias, Josemeire Machado. II. Santos, José Vicente Cardoso. III. Universidade do Estado da Bahia. Salvador. IV. Título.

CDD: 607

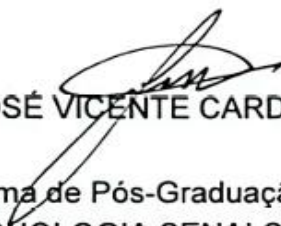
FOLHA DE APROVAÇÃO
"TRIGONOMETRIA, ONDAS E MÚSICA NA LICENCIATURA EM FÍSICA DA UNEB:
ARDUINO COMO FERRAMENTA EM APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA"

MARCOS ANTONIO BEZERRA DE CARVALHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologias Aplicadas à Educação – GESTEC, em 19 de dezembro de 2025, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Gestão e Tecnologias Aplicadas à Educação pela Universidade do Estado da Bahia, conforme avaliação da Banca Examinadora:




Professor(a) Dr.(a) JOSEMEIRE MACHADO DIAS
UNEB
Doutorado em Educação e Contemporaneidade
Universidade do Estado da Bahia




Professor(a) Dr.(a) JOSÉ VICENTE CARDOSO SANTOS
UNEB
Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacion
FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC



Professor(a) Dr.(a) MARCUS TULIO DE FREITAS PINHEIRO
UNEB
Doutorado em Educação
Universidade Federal da Bahia

Documento assinado digitalmente
 EDSON MASCARENHAS SANTOS
Data: 26/12/2025 09:22:36-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Professor(a) Dr.(a) EDSON MASCARENHAS SANTOS
UNEB
Doutorado em Física
Universidade Federal do Espírito Santo

Professor(a) Dr.(a) MELINA SILVA DE LIMA  MELINA SILVA DE LIMA
UNIME E JALA UNIVERS
Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial
SENAI - Departamento Regional da Bahia

Documento assinado digitalmente
Data: 26/12/2025 13:44:53-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dedico este trabalho aos meus pais, aos meus alunos e a todos que proporcionaram o seu desenvolvimento...

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por Sua infinita misericórdia e por iluminar meu caminho ao longo desta jornada. Sem Sua bênção e orientação, nada disso seria possível.

À minha mãe, que sempre foi meu pilar de força e amor incondicional. Seu exemplo de dedicação e perseverança me guiou em cada etapa deste processo.

Aos meus queridos irmãos, Carlos, Rosileide, Glória, Claudio, Eliane, Eneida, Luciana e Paulinho; cada um de vocês, com seu carinho e apoio, contribuiu para esta conquista. Sou profundamente grato por tê-los ao meu lado, torcendo e incentivando.

Aos meus companheiros do Falun Dafa, quero expressar meu profundo respeito e gratidão. A sabedoria dessa prática, baseada nos princípios de Verdade, Compaixão e Tolerância, foi essencial para meu equilíbrio e crescimento pessoal durante toda essa caminhada. Obrigado por estarem presentes nos momentos em que precisei de clareza e força interior.

Aos meus Professores, amigos e colegas do programa de pós-graduação, sou grato pelo companheirismo e pelas trocas de conhecimento que enriqueceram minha experiência acadêmica. Nossas discussões e desafios mútuos foram fundamentais para meu desenvolvimento.

Por fim, e de forma especial, agradeço à minha amada esposa Milena. Seu apoio incondicional, paciência e compreensão me sustentaram nos momentos mais difíceis. Sua presença foi meu porto seguro durante esta trajetória. E à nossa filha Larissa, cuja luz e alegria encheram meus dias de motivação e esperança.

A todos vocês, minha mais profunda gratidão!!!

“... há uma coisa que eu gostaria de lhe perguntar. Quando um matemático, empenhado na investigação de fenômenos e resultados físicos, chega a conclusões, não podem elas ser expressas em linguagem comum, de forma tão completa, clara e categórica quanto em fórmulas matemáticas? Em caso afirmativo, não seria uma grande vantagem expressá-las assim? Tirar-lhes o aspecto de hieróglifos, de modo a ser possível com elas trabalhar experimentalmente? Penso que assim deve ser, porque sempre achei que o senhor poderia dar-me uma idéia perfeitamente clara de suas conclusões, a qual, embora não me permitisse talvez, a compreensão integral de todas as passagens envolvidas no processo, haveria de proporcionar-me compreensão dos resultados sem desvio da verdade, e de forma tão clara que me habilitaria a pensar e trabalhar a partir delas. Sendo isso possível, não seria desejável que matemáticos empenhados no tratamento desses assuntos nos fornecessem os resultados nestes termos populares, úteis, manipuláveis, tanto quanto nos termos que são próprios e adequados a eles, matemáticos? ...”

Michael Faraday
(em carta para James Clerk Maxwell)

RESUMO

A aprendizagem de Física, especialmente no estudo de ondas mecânicas, é frequentemente percebida pelos estudantes como desafiadora, sobretudo pela escassez de recursos que aproximem teoria e prática. Nesse contexto, esta pesquisa desenvolve e avalia o Sonotrig, dispositivo didático construído com Arduino que integra trigonometria, música e ondas sonoras, fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. A questão norteadora investiga a viabilidade de um hardware educacional capaz de melhorar o ensino de ondas mecânicas por meio da ativação de subsunçores. O objetivo geral consistiu em potencializar a aprendizagem de ondas no curso de Licenciatura em Física da UNEB. Os objetivos específicos incluíram construir o Sonotrig, mensurar seu impacto no interesse e compreensão discente e modelar matematicamente os padrões de onda gerados. A metodologia adotou revisão de literatura, construção tecnológica e estudo de caso com aplicação de pré-teste, intervenção didática e pós-teste em escala Likert. Para análise quantitativa utilizaram-se o teste t pareado e o teste de Wilcoxon, complementados por gráficos de médias, ganhos individuais e distribuições. Os resultados evidenciaram ganhos positivos em todas as dimensões avaliadas, com destaque para Ondas Sonoras e Interesse/Tecnologia (+1,3). A percepção de dificuldade reduziu-se significativamente (-1,8). As análises estatísticas confirmaram diferenças sistemáticas entre pré e pós-teste, e todos os estudantes apresentaram ganho individual positivo, indicando que o Sonotrig atuou como mediador cognitivo eficaz. Conclui-se que o dispositivo é tecnicamente viável e pedagogicamente efetivo, promovendo aprendizagem significativa e recomendando sua expansão para novos contextos.

Palavras-chave: Ausubel. Arduino. Matemática. Física. Ondas mecânicas. Música.

ABSTRACT

Learning physics, especially the study of mechanical waves, is often perceived by students as challenging, mainly due to the scarcity of resources that bridge theory and practice. In this context, this research develops and evaluates the Sonotrig, a didactic device built with Arduino that integrates trigonometry, music, and sound waves, based on Ausubel's Theory of Meaningful Learning. The guiding question investigates the viability of educational hardware capable of improving the teaching of mechanical waves through the activation of subsumers. The general objective was to enhance the learning of waves in the Physics Licentiate course at UNEB. The specific objectives included building the Sonotrig, measuring its impact on student interest and understanding, and mathematically modeling the generated wave patterns. The methodology employed a literature review, technological construction, and a case study with the application of a pre-test, didactic intervention, and a post-test using a Likert scale. Quantitative analysis utilized the paired t-test and the Wilcoxon test, complemented by graphs of means, individual gains, and distributions. The results showed positive gains in all evaluated dimensions, particularly in Sound Waves and Interest/Technology (+1.3). The perception of difficulty decreased significantly (-1.8). Statistical analyses confirmed systematic differences between pre- and post-tests, and all students showed positive individual gains, indicating that the Sonotrig acted as an effective cognitive mediator. It is concluded that the device is technically feasible and pedagogically effective, promoting meaningful learning and recommending its expansion to new contexts.

Keywords: Ausubel. Arduino. Mathematics. Physics. Mechanical waves. Music.

LISTA DE SIGLAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- AD - Analog Devices;
- CUREM - Congresso Uruguaio de Educação Matemática;
- DF - Distrito Federal;
- HTML - HyperText Markup Language (Linguagem de Marcação de Hipertexto);
- Hz - Hertz;
- INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira;
- LV - Laboratório Virtual;
- MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação;
- MSFP - Microsoft Front Page;
- PHP - Hypertext Preprocessor ou Personal Home Page;
- PWM - Modulação por largura de pulso;
- RC - Resistor Capacitor;
- SPI - Interface serial periférica;
- TAS - Teoria da Aprendizagem Significativa;
- TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido;
- TCU - Tribunal de Contas da União;
- UNB - Universidade de Brasília;
- UNEB - Universidade do Estado da Bahia;
- ZDP - Zona de Desenvolvimento Proximal;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Gráfico de ondas com diferentes frequências	31
Figura 2 Exemplo de onda senoidal em um osciloscópio com indicação de período	32
Figura 3 Ondas com diferentes amplitudes exibidas no osciloscópio	32
Figura 4 Formas de Onda	33
Figura 5 Exemplos de manipulações em formas de onda.....	34
Figura 6 Conjunto de intervalos entre dó e as demais notas na escala diatônica maior “natural”	35
Figura 7 The Arduino UNO board	52
Figura 8 Inicialização do IDE	53
Figura 9 Visualização do Processo de Modulação	56
Figura 10 Circuito RC básico	56
Figura 11 Código Arduino com comentários associados ao Algoritmo de funcionamento.....	57
Figura 12 UNEB Cabula, Salvador	71
Figura 13 Desenho da Pesquisa.....	74
Figura 14 Sonotrig.....	79
Figura 15 Placa de Desenvolvimento Arduino UNO R3	81
Figura 16 Shield Multifunção com Potenciometro e Push-Buttons	81
Figura 17 Display de Oled resolução 128x64	82
Figura 18 Circuito proposto e aplicações.....	86
Figura 19 Osciloscópio.....	88
Figura 20 Onda com Formato Senoidal, Frequência 1020 Hz	89
Figura 21 Onda com Formato Senoidal, Frequência 1296 Hz	90
Figura 22 Padrão de Oscilação Linear	90
Figura 23 Os ciclos são mais compactos devido à frequência elevada	91
Figura 24 As ondas quadradas com um comportamento de "tudo ou nada"	91
Figura 25 Ondas quadradas Frequência 1797 Hz.....	92
Figura 26 Visualização das ondas durante a execução musical.....	92
Figura 27 Acessório (Shield) Opcional, para Adicionar de Forma Simples.....	93

Figura 28 Modo programação da MidiFile	93
--	----

LISTA DE FOTOS

Foto 1 Autor e o Prof. Paulo Ramos (direita) antes da aplicação dos questionários	97
Foto 2 Apresentação do Sonotrig	98
Foto 3 Aplicação do Pré-teste	98
Foto 4 Breve explicação teórica sobre trigonometria e ondas sonoras.....	99
Foto 5 Demonstração do uso do Sonotrig	100
Foto 6 Registro de atenção de todos, inclusive o Professor da disciplina	100
Foto 7 Sonotrig rapidamente desmontado para sanar curiosidades de composição	100
Foto 8 Sonotrig com registro de painel com visor para análise do formato de onda	101
Foto 9 Pleno funcionamento com demonstrações do formato de onda e sons associados.....	101
Foto 10 Visão superior com indicativo de atenção completa da turma	101
Foto 11 Demonstrativo de funcionamento interno do Sonotrig	102
Foto 12 Demonstrativo de funcionamento interno do Sonotrig	102
Foto 13 Distribuição e aplicação do pós-teste	102
Foto 14 Aplicação do pós-teste.....	103

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Médias pré e pós testes por questão	109
Gráfico 2 Ganho médio por estudante	110
Gráfico 3 Distribuição das médias pré e pós testes dos estudantes.....	112
Gráfico 4 Distribuição dos ganhos	114
Gráfico 5 Radas pré e pós testes.....	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Elucidativo da Teoria de Piaget: estágios do desenvolvimento cognitivo..	43
Quadro 2 Conceitos Fundamentais da Teoria de Piaget.....	43
Quadro 3 Resumo das Teorias da Aprendizagem referenciadas na pesquisa.....	44
Quadro 4 Linha do Tempo das Teorias da Aprendizagem.....	45
Quadro 5 Resenha da Aprendizagem Significativa e Subsunçores.....	50
Quadro 6 Roteiro para programação do Arduino	54
Quadro 7 Principais pares do circuito e suas funções.....	85
Quadro 8 Médias gerais por dimensão (pré x pós-testes) (Escala Likert de 1 a 5) .	107
Quadro 9 Médias gerais dos estudantes (pré, pós e ganho).....	107
Quadro 10 Médias dos itens individuais (para gráficos futuros) - Pré-teste.....	108
Quadro 11 Médias dos itens individuais (para gráficos futuros) - Pós-teste	108
Quadro 12 Cronograma da Elaboração da Monografia.....	130
Quadro 13 Dicionário Epistemológico de Autores	162

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1. Cenários e razões da pesquisa	19
1.2. Objeto da pesquisa e produto em desenvolvimento	21
1.3. Questão norteadora	22
1.4. Objetivos da Pesquisa	23
1.4.1. Objetivo Geral	23
1.4.2. Objetivos Específicos	23
1.5. Questão norteadora e problemática da pesquisa	24
1.6. Relevância da propositura e historicidade e comprometimento do autor	24
1.6.1. Principais fatores de relevância	24
1.6.2. Impactos tecnológicos e sociais no âmbito educacional	25
1.6.3. Aspectos pessoais do autor	28
1.7. Estrutura da dissertação	29
2. REVISÃO DE LITERATURA	30
2.1. Aspectos gerais, cenários e tendências	30
2.2. Ondas Sonoras: a composição da música	31
2.2.1. Fundamentação teórica sobre ondas mecânicas e o som	31
2.2.2. Teoria musical	34
2.2.3. A música na educação	36
2.3. O Curso de Licenciatura em Física da UNEB	36
2.3.1. Historicidade e justificativa do curso	36
2.3.2. O perfil do licenciado em Física: competências e habilidades	38
2.3.3. A proposta pedagógica	39
2.4. Historicidade das teorias da aprendizagem	40
2.4.1. As teorias base para a proposta ausubeliana	40
2.4.2. A proposta da aprendizagem significativa do David Ausubel	46
2.4.2.1. Conceitos e definições	46
2.4.2.2. Aprendizagem significativa no ensino da Física de Ondas	47
2.4.2.3. Subsúncos	48
2.4.2.4. Organizadores prévios	49
2.4.2.5. Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa	49
2.5. Arduino	51
2.5.1. Historicidade e conceitos	51
2.5.2. A equipe de desenvolvimento e constituição	51
2.5.3. Programação no arduino	52
2.5.4. Usando placas analógicas no arduino	54
2.5.5. Usando portas digitais no arduino	55
2.5.6. Shields e Sensores do Arduino	55
2.5.7. A biblioteca MOZZI e suas aplicações pedagógicas	55
2.5.8. A forma de onda e o uso do AD9833 e a biblioteca MOZZI	58
2.5.9. O arduino no ensino da Física e da Matemática	59
2.5.10. Aplicações do Arduino no ensino de ondas e a música	61
2.6. Justificativa da adoção da biblioteca Mozzi no produto educacional	62
2.7. Testes estatísticos utilizados na pesquisa	64
2.7.1. Sobre “teste t” x “Mann-Whitney U” e “teste t pareado” x “Wilcoxon”	64
2.7.2. Ganho e o uso dos testes	64

2.7.3. Teste t, para amostras independentes x teste Mann-Whitney U	65
2.7.4. Teste t pareado, ou teste de Wilcoxon, para medir o ganho entre pré e pós-teste	66
2.7.5. Análise de correlação de Spearman ou Pearson	66
2.7.6. Os testes estatísticos adotados nessa pesquisa.....	67
3. METODOLOGIA	69
3.1. Classificação e lócus da pesquisa	69
3.2. Itinerário metodológico	69
3.3. Características da pesquisa	71
3.4. Recursos metodológicos e locus da pesquisa	72
3.5. Relevância e atualidade da pesquisa.....	73
3.6. Resultados esperados	74
3.7. Tipos de situações problemas: música e arduino	75
3.8. As Tarefas do Professor na Proposta da Aprendizagem Significativa	76
3.9. Impactos no âmbito educacional e social.....	78
4. SONOTRIG: Explorando Ondas e Trigonometria com Arduino na Formação de Físicos	79
4.1. Sonotrig e a proposta de implementação com uso do Arduino	79
4.2. O aspecto modular do produto.....	80
4.3. Conjunto de equipamentos utilizadas para cada experimento	81
4.4. Principais aspectos da biblioteca na geração de formas de onda.....	82
4.5. A geração de ondas senoidais e a teoria de Ausubel.....	84
4.6. Ferramentas usadas no Sonotrig	85
4.7. Sonotrig: descrição e uso	88
5. APLICAÇÕES DE CONTEÚDOS, DA TÉCNICA E USO DO “SONOTRIG”	96
5.1. Ações preliminares á coleta de dados e aplicação do produto.....	96
5.2. Procedimentos de coleta de dados	97
5.3. Definição dos tipos de testes estatísticos utilizados na análise dos dados... 103	
5.3.1. Teste t pareado	103
5.3.2. Análises estatísticas não paramétricas (teste de Wilcoxon)	105
5.3.3. Interpretação conjunta dos testes t e Wilcoxon.....	105
5.4. Tabulação dos dados coletados: quadros e gráficos associados..... 106	
5.4.1. Dados em quadros e pré-análises.....	106
5.4.2. Análise gráfica das médias pré e pós testes	109
5.4.3. Ganho médio por estudante	110
5.4.4. Distribuição das médias pré e pós-testes.....	111
5.4.5. Distribuição dos ganhos.....	113
5.4.6. Radar pré e pós testes.....	114
5.5. Análise do pré-teste.....	116
5.6. Análise do pós-teste	117
5.7. Comparação entre pré e pós-testes.....	117
5.8. Análise qualitativa das respostas abertas.....	118
5.9 Síntese geral.....	119
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS FUTURAS	120
6.1. Integralização dos objetivos	120
6.2. Resultados efetivos	120
6.3. Sugestões de trabalhos futuros.....	121

REFERÊNCIAS.....	123
APÊNDICE A - Cronograma de Execução	130
APÊNDICE B - Arduino Gerador de Ondas Sem - Ad9833.....	131
APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Versão 1)	134
APÊNDICE D - Questionário de Pesquisa - Pré-Teste.....	136
APÊNDICE E - Questionário de Pesquisa - Pós-Teste	137
APÊNDICE F - Declar. de Concord. com o Desenv. do Projeto de Pesquisa ...	138
APÊNDICE G - Inscrição do CONEP.....	139
APÊNDICE H - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Versão 2)	140
APÊNDICE I - Termo de Confidencialidade	143
APÊNDICE J - Termo de Compromisso do Pesquisador.....	144
APÊNDICE L - Questionários (Pré/Pós Aplicação do Produto) Respondidos .	145
APÊNDICE M - Registro de Patente do Produto: Sonotrig	158
APÊNDICE N - Autorização para Aplicação de Entrevistas.....	159
APÊNDICE O - Carta de Aceite e Imagem de Capa do Artigo	160
APÊNDICE P - Dicionário Epistemológico dos Autores Abordados	162

1. INTRODUÇÃO

1.1. Cenários e razões da pesquisa

Em todo o mundo o aprendizado de Física, em especial nos cursos de graduação, muitas vezes se revela desafiador para os alunos, e essa dificuldade pode estar associada aos comentários negativos que os estudantes ouvem sobre a disciplina, vindos de colegas ou até de familiares que já a cursaram (Amador; Vieira, 2020).

De acordo com Andrade (2013), essa situação ocorre devido à dificuldade em abstrair os fenômenos físicos e ao alto nível de exigência matemática que a matéria requer. Além disso, a ausência de métodos didáticos eficazes e a falta de formação adequada em ensino de Física (Carvalho; Gil-Pérez, 2009), com estratégias como estudo de caso, mapas conceituais, ensino baseado em pesquisa, uso de robótica educacional e ensino por investigação, agravam a situação (Carvalho, 2009).

Merece considerar que, ainda segundo o que preconiza Carvalho (2009), a robótica pedagógica "é uma nova ferramenta disponível para o professor, que permite demonstrar na prática muitos dos conceitos teóricos que às vezes são de difícil compreensão, motivando tanto o docente quanto, especialmente, o aluno".

Também é importante considerar que historicamente a educação está permeada por algumas práticas educativas obsoletas e ineficazes, em especial a educação no Brasil, onde as consecutivas crises e a ausência ou atualização de métodos acabam por contribuir, de forma fragmentada e negativa para o processo de ensino e conseqüentemente da aprendizagem dos alunos, gerando resultados pífios e desdobrando-se negativamente em toda a sociedade (Camilleri; Ehlers; Pawlowski, 2014; Torres, 2021).

Verifica-se também que preocupações em consonância com esse cenário podem ser detectadas na obra de Lyotard (1986) que evidencia que as importantes modificações, desde os anos 50, na concepção do que seja ciência e universidade, com o cenário cibernético-informático e informacional permitem a expansão de estudos sobre a linguagem.

Neste cenário demanda-se de novas práticas educacionais que, de forma natural, deve partir dos docentes e estes, por sua vez, têm diversas ferramentas

disponíveis para propor, e, em especial, as ferramentas da comunicação e da informação estão cada vez mais capilares, aumentando-se assim as possibilidades de maiores acessos a todos os alunos (Graça, 2020).

Observa-se também que, particularmente no Brasil, pressões sociais historicamente continuadas acabaram por induzir grande procura por cursos superiores, nas suas diversas modalidades, em forte detrimento aos cursos técnicos gerando assim uma forte demanda por mão de obra técnica e um excesso formativo de nível superior (Torres, 2021). Em parte os cursos técnicos necessitam de ferramentas para acelerar as suas bases formativas devido à alta demanda no mundo do trabalho (Vygotsky, 2019).

Desta maneira, nestes cenários, verifica-se que o uso das tecnologias da informação e da comunicação, que, quando associadas a uma proposta teórica eficaz, a citar a teoria da aprendizagem significativa do David Ausubel, e, com o foco nas demandas do curso de graduação de Licenciatura em Física (Brasil, 1996) e, em especial, na disciplina que envolve no seu conteúdo, a Teoria das Ondas Mecânicas, com foco nas ondas sonoras, tem-se o constructo deste projeto de pesquisa (Brasil, 2010), onde se propõe aplicações nos conteúdos do estudo das ondas mecânicas com o uso de técnica específica e com produto produzido nessa pesquisa que proporciona a união dessa técnica, da música e do formato de ondas mecânicas para o estudo da matemática e da física associada com lastro no uso das funções trigonométricas fundamentais.

Merece considerar que esse cenário desenha parte das preocupações da escola pós-moderna entre procedimentos científicos e procedimentos políticos evidenciando o fato de que a verdade e o poder não podem estar separados, ao tempo em que Harvey (2016) preconiza que ao confrontar as tendências da arte, da arquitetura, da filosofia e da política pós-modernas com as exigências econômicas decorrentes dos ciclos de expansão e da crise do capitalismo tem-se um conjunto de condições denominadas de condições pós-moderna e isso gera uma acumulação flexível com a instauração da hegemonia da acumulação flexível (Amiel *et al.*, 2012).

Dessa maneira, por análises clássicas e até mesmo por simples análises de bases de dados e registros históricos verifica-se que existe forte demanda por novas práticas educacionais que, de forma natural, espera-se que sejam oriundas dos próprios meios educacionais em formas de propostas e projetos modelo e esses, por sua vez, têm diversas ferramentas disponíveis para propor, e, em especial, as

ferramentas da comunicação e da informação estão cada vez mais capilares, aumentando-se assim as possibilidades de maiores acessos a todos os alunos (Graça, 2020).

Dentro dessa perspectiva é proposta a aplicação da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) associada ao uso da plataforma tecnológica Arduino como recurso motivacional em atividades experimentais investigativas, promovendo o desenvolvimento de uma cultura científica (Axt, 1991).

Além disso, tem-se como produto gerador o arduino que irá proporcionar experimentação com funções trigonométricas como constitutivas das ondas sonoras através de escrita de código que execute, no produto em arduino, a música "Primavera (*Spring*)" de Antonio Vivaldi como meta do processo expectando-se assim uma proposta de pesquisa como uma práxis docente nos processos de aprendizagem significativa no laboratório de Física Ondulatória do curso graduação em Licenciatura em Física da UNEB.

1.2. Objeto da pesquisa e produto em desenvolvimento

A pesquisa com o título "Trigonometria, Ondas e Música na Licenciatura em Física da UNEB: arduino como ferramenta em aprendizagem significativa" tem como objeto de pesquisa a investigação do uso do Arduino como ferramenta didática para promover a aprendizagem significativa de conceitos de trigonometria, ondas e música no contexto da Licenciatura em Física da UNEB.

Nesse sentido a pesquisa busca explorar como a interação entre esses temas pode favorecer a compreensão dos fenômenos físicos e matemáticos associados às ondas sonoras, utilizando o Arduino como recurso experimental de forma que esse estudo se insere na área de ensino de Física e Matemática, com foco no uso de técnicas específicas de ensino com a aprendizagem significativa no contexto da Licenciatura em Física da UNEB.

Este objeto poderia incluir também a integração da Trigonometria com Ondas Sonoras, visto o exercício da exploração dos conceitos matemáticos de trigonometria, como funções senoidais e cossenoidais, aplicados à descrição e análise de ondas sonoras (frequência, amplitude, fase); a relação entre ondas e música, em especial com a investigação da Física das ondas sonoras no contexto musical, como a produção de som por instrumentos, a relação entre frequências de

notas musicais e harmônicos (Carvalho, 2009).

É importante considerar que esses fenômenos físicos que consolidam as ondas sonoras são explicados por conceitos de trigonometria e o seu entendimento demanda da apropriação, que pode ser através do uso do Arduino, com o desenvolvimento de atividades associadas à construção de efeitos sonoros e ondas mecânicas associadas.

Importante também registrar que a adoção da aprendizagem significativa torna também a pesquisa investigativa, pois o uso dessas técnicas pode melhorar o entendimento dos estudantes, facilitando uma aprendizagem mais profunda e significativa dos conceitos teóricos abstratos, descartando a aprendizagem mecânica, conectando os alunos com o mundo real e com o contexto musical (Amador; Vieira, 2020).

Em desdobramento tem-se a proposta de criação de um produto, um hardware, com o uso do arduino para a produção de ondas sonoras e suas correlações matemáticas com as funções trigonométricas de forma customizada, para a prática docente do ensino de física e com fins de detecção de subsunçores dos conteúdos em ementa da disciplina, e, tudo isto com o viés da aprendizagem significativa podendo então ser aplicado no curso de Licenciatura em Física da UNEB (Carvalho, 2009).

Por fim, o desenvolvimento desse produto não apenas deve apenas facilitar o ensino de Física, mas também contribuir para a formação de alunos mais preparados para os desafios do mercado de trabalho no século XXI (Carvalho; Gil-Pérez, 2009).

O uso de tecnologias como o Arduino no contexto educacional é visto como uma forma de promover a alfabetização tecnológica, uma competência cada vez mais valorizada em diversas áreas do conhecimento (Valente, 2015).

Ao dominar o uso de um dispositivo como o Arduino e suas aplicações em física e matemática, os estudantes não apenas aprendem conceitos fundamentais dessas disciplinas, mas também desenvolvem habilidades práticas em programação e eletrônica, que podem ser aplicadas em projetos futuros.

1.3. Questão norteadora

A questão norteadora da pesquisa reflete sobre a factibilidade, ou não, da

construção de um hardware com o arduino para proporcionar melhoria do processo de ensino e a detecção subsunçores que proporcionem uma aprendizagem significativa na Física com o uso da correlação entre as funções trigonométricas e as ondas sonoras (Carvalho, 2009).

Com isto questiona-se se é factível a construção de um hardware com finalidade precípua o ensino de física para cursos de graduação com a correlação entre as funções trigonométricas e as ondas sonoras das músicas e que adote o viés da aprendizagem significativa e de acesso geral por parte dos docentes e discentes?

Trata-se então de um questionamento norteador e que preconiza uma revisão de literatura, da praxe docente, da teoria da aprendizagem significativa, dos softwares factíveis de serem adotados na sua construção, e, sobretudo nas diversas formas de abordagem para a detecção de subsunçores através do processo de ensino com arduino na abordagem inicial aos alunos.

1.4. Objetivos da Pesquisa

Como objetivos da pesquisa tem-se a categorização em objetivo geral e objetivos específicos inclusos à proposta de criação de um produto associado.

Sendo assim tem-se:

1.4.1. Objetivo Geral

O objetivo geral dessa pesquisa é potencializar a aprendizagem de ondas mecânicas no curso de Licenciatura em Física da UNEB, por meio do uso de um dispositivo baseado em Arduino, que integra conceitos de trigonometria para a análise de sons musicais, promovendo uma abordagem prática e interativa do conteúdo.

1.4.2. Objetivos Específicos

Com base no objetivo geral da pesquisa tem-se como objetivos específicos:

- a) Construir hardware com o arduino para a promoção do ensino de conteúdo de Física, ondas mecânicas, com o uso da trigonometria para análise dos

- sons musicais;
- b) Mensurar, através de questionários, o quanto o uso da ferramenta tecnológica proposta contribui para aumentar o interesse dos alunos na disciplina;
 - c) Utilizar funções trigonométricas para modelar matematicamente os padrões de ondas gerados, como senos e cossenos, e explicar como essas funções descrevem fenômenos físicos.

Esses objetivos específicos focam tanto no desenvolvimento e implementação do hardware quanto na análise da sua eficácia como ferramenta educacional para o ensino de Física e Matemática no contexto da licenciatura.

1.5. Questão norteadora e problemática da pesquisa

A questão norteadora perpassa pelo questionamento da factibilidade do uso de produto educacional específico com o uso do Arduino para prover aprendizagem significativa no ensino das ondas mecânicas, e, a problemática da pesquisa versa sobre o ensino de Física, especialmente no que se refere ao estudo das ondas mecânicas, apresenta desafios para os alunos devido à abstração dos fenômenos físicos e à alta exigência matemática, ou seja, é factível a construção de um hardware baseado em Arduino para proporcionar melhoria no processo de ensino de Física, com foco na correlação entre funções trigonométricas e ondas sonoras, promovendo uma aprendizagem significativa?

Considera-se que muitos estudantes chegam ao ensino superior com dificuldades de compreensão desses conceitos, o que impacta diretamente sua aprendizagem. Nesse contexto, busca-se investigar se o uso do Arduino como ferramenta educacional pode contribuir para uma aprendizagem mais significativa dos conceitos de trigonometria e ondas sonoras no curso de Licenciatura em Física da UNEB.

1.6. Relevância da propositura e historicidade e comprometimento do autor

1.6.1. Principais fatores de relevância

Tem-se então como principais fatores relevantes nesta proposta de pesquisa o aprimoramento do processo de ensino, bem como a maior eficácia nos processos de aprendizagem quando se ensina a partir dos subsunçores detectados.

Além disso, a produção de uma ferramenta eficaz no processo de aprendizagem de matemática em cursos técnicos, assim como a colaboração no desenvolvimento de um novo game, está em consonância com as propostas teóricas consensualizadas nas últimas décadas no processo educativo.

A relevância deste trabalho na área da educação é evidenciada pelo crescente interesse em metodologias ativas, que buscam envolver os alunos de maneira mais dinâmica e interativa.

Segundo Moran (2015), a educação atual requer um ensino que ultrapasse a mera transmissão de conteúdo e que promova a participação ativa do estudante no processo de construção do conhecimento.

Além disso, o uso de tecnologias como o Arduino no ensino de disciplinas exatas tem sido amplamente defendido como uma maneira de tornar o aprendizado mais acessível e atrativo para os alunos.

De acordo com Valente (2015), o uso de recursos tecnológicos no ensino de ciências, como a física e a matemática, tem o potencial de aproximar os estudantes dos conceitos científicos de forma prática e relevante, proporcionando uma experiência educacional mais rica e conectada com o mundo real. Ao desenvolver um produto que facilita o ensino de ondas sonoras e suas correlações matemáticas, esta pesquisa busca não apenas melhorar o desempenho dos alunos, mas também aumentar seu interesse por essas áreas de conhecimento, que muitas vezes são vistas como abstratas e distantes da realidade cotidiana (Axt, 1991).

A relevância do projeto também está ligada à sua aplicabilidade em contextos diversos, incluindo cursos técnicos e programas de educação profissional. O desenvolvimento de competências tecnológicas no âmbito educacional, como a programação em Arduino, é uma estratégia importante para preparar os estudantes para o mercado de trabalho do século XXI, que demanda habilidades em tecnologia e inovação.

1.6.2. Impactos tecnológicos e sociais no âmbito educacional

A consolidação da proposta de abordagem às bases do produto, o hardware

com o uso do Arduino e da teoria da aprendizagem significativa para o ensino de física em cursos técnicos, visa atenuar as dificuldades encontradas pelos novos estudantes, além de gerar contribuições valiosas para o processo formativo (Bassalobre, 2013).

Esse projeto proporcionará o reconhecimento dos principais perfis de subsunçores na comunidade educacional onde será aplicado, facilitando uma aprendizagem mais direcionada e eficaz.

Do ponto de vista educacional, o impacto principal é a promoção de uma aprendizagem mais ativa e engajada. A abordagem prática proposta, com o uso de Arduino para a visualização e experimentação dos conceitos físicos, permite que os alunos desenvolvam uma compreensão mais profunda e significativa das teorias apresentadas (Axt, 1991).

Conforme observado por Seymour Papert (1980), o aprendizado se torna mais eficaz quando os alunos são incentivados a construir ativamente seu próprio conhecimento, em vez de simplesmente receberem informações passivamente.

A pesquisa também traz impactos significativos no desenvolvimento de competências tecnológicas. No contexto contemporâneo, a familiaridade com ferramentas de hardware e programação é essencial para a formação de profissionais (Carvalho; Gil-Pérez, 2009) aptos a lidar com as demandas do mercado de trabalho.

A incorporação de tecnologias no currículo educacional não só aumenta o engajamento dos alunos, mas também os prepara para lidar com tecnologias emergentes, contribuindo para sua inclusão em setores produtivos que demandam conhecimento técnico e científico. Nesse sentido, a proposta da pesquisa tem um papel importante na formação de profissionais capacitados em áreas como engenharia, programação e robótica (Carvalho; Gil-Pérez, 2009).

Além dos impactos diretos na aprendizagem, este projeto também gera benefícios sociais ao promover a inclusão digital e tecnológica. O acesso a tecnologias de baixo custo, como o Arduino, democratiza o ensino de ciências e tecnologia, permitindo que alunos de diferentes contextos socioeconômicos tenham acesso às mesmas ferramentas inovadoras que muitas vezes estão restritas a ambientes educacionais mais privilegiados.

O impacto social também pode ser observado na maneira como o projeto promove o desenvolvimento de habilidades colaborativas e interdisciplinares em sala

de aula incentiva o trabalho em grupo e a resolução de problemas de maneira colaborativa, aspectos que são fundamentais para a formação de cidadãos críticos e criativos (Bassalobre, 2013).

Ainda segundo o que nos ensina Bassalobre (2013), a colaboração em projetos não só melhora as habilidades técnicas dos alunos, mas também fortalece competências socioemocionais, como a empatia, a comunicação e o trabalho em equipe, essenciais para a convivência em sociedade.

Assim, a integração da música e do Arduino no ensino de Trigonometria e ondas no curso de Licenciatura em Física da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) apresenta-se como uma proposta fundamentada em robustos princípios teóricos e práticos que favorecem a aprendizagem significativa. Essa abordagem é apoiada por diversas investigações que demonstram a eficácia do uso de tecnologias e da música no processo educativo, especialmente nas áreas de ciências e matemática.

Dessa maneira, inicialmente, é imperativo destacar a relação intrínseca entre a música e a matemática, especificamente a trigonometria, pois a música, em sua essência, envolve proporções, padrões rítmicos e harmônicos que são diretamente mapeados por funções matemáticas, em especial as funções trigonométricas. As ondas sonoras, que são um elemento fundamental da música, são modeladas matematicamente como funções sinusoidais, que são o coração da Trigonometria. Essa relação proporciona uma plataforma intuitiva para o ensino de conceitos abstratos de Trigonometria, facilitando uma compreensão mais profunda por parte dos estudantes (Oliveira; Coelho, 2020).

Por outro lado, o Arduino, uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de fácil uso, serve como uma ferramenta valiosa para a exploração prática desses conceitos teóricos. O uso do Arduino permite a realização de experimentos que demonstram visualmente as propriedades das ondas, como amplitude, frequência e fase, por meio de sensores e atuadores. Esses experimentos não apenas reforçam o entendimento teórico, mas também engajam os estudantes em aprendizagem ativa, incentivando a exploração, a experimentação e o pensamento crítico (Farias Júnior, 2020).

A incorporação dessas tecnologias no ensino de física e matemática na UNEB segue os princípios da aprendizagem significativa, conforme proposto por Ausubel. A aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento se conecta de forma

substantiva e não arbitrária com o que o aluno já sabe. A música e o Arduino facilitam essas conexões ao permitirem que os estudantes relacionem conceitos matemáticos e físicos com experiências práticas e cotidianas, aumentando a relevância e a retenção do conhecimento (Rizzo, 2022).

Portanto, a adoção dessa abordagem pedagógica no curso de Licenciatura em Física da UNEB é justificada pela sua capacidade de proporcionar uma educação matemática e científica mais eficaz, contextualizada e alinhada às necessidades educacionais contemporâneas, promovendo uma formação mais completa e preparada para os futuros educadores.

1.6.3. Aspectos pessoais do autor

Além disso, o autor deste trabalho, com sua formação e experiência em diversas linguagens de programação e ferramentas tecnológicas, traz uma perspectiva prática e aplicada ao desenvolvimento do projeto. Com vasta experiência em programação *FullStack*¹ e em engines de desenvolvimento de games, o autor está comprometido em utilizar seu conhecimento técnico para produzir uma ferramenta educacional inovadora e eficiente.

Soma-se a isso o seu compromisso ético, a experiência em docência e o envolvimento direto com o Núcleo de Tecnologia e Informática da Justiça Federal da Bahia são fatores que garantem a qualidade e a relevância da proposta no cenário educacional atual.

Assim, a consolidação deste projeto também pode contribuir para o desenvolvimento econômico local, ao formar profissionais capacitados e inovadores que poderão atuar em diferentes setores produtivos, como o setor tecnológico e industrial.

Em um cenário global que demanda cada vez mais inovação e soluções tecnológicas, a formação de estudantes com conhecimentos avançados em física, programação e robótica tem o potencial de impulsionar o crescimento econômico e a competitividade do Brasil no mercado internacional.

¹ Refere-se ao desenvolvimento de aplicações que abrangem tanto o lado do cliente (front-end) quanto o lado do servidor (back-end), além da gestão do banco de dados e implantação da aplicação. Um desenvolvedor Full Stack é capaz de trabalhar em todas as camadas do desenvolvimento de software, tornando-se um profissional versátil e independente.

1.7. Estrutura da dissertação

Essa dissertação está dividida em seis capítulos com a seguinte configuração e conteúdos a citar: no capítulo 1 apresenta-se os cenários de aplicação da pesquisa, o objeto da pesquisa, o produto em desenvolvimento e a questão norteadora seguida das hipóteses da pesquisa e seus objetivos, geral e específicos com descrição da relevância da pesquisa e seus principais fatores e aspectos; no capítulo 2 evidencia-se a revisão de literatura com os aspectos gerais, cenários e tendências dos principais temas de abordagem da pesquisa, ou seja, as ondas sonoras e suas composições em músicas, a fundamentação de criação do curso de Licenciatura em Física da UNEB, a teoria de aprendizagem adotada na pesquisa e os principais aspectos do arduino e suas aplicações na área da educação; no capítulo 3 apresenta-se a metodologia da pesquisa adotada na pesquisa, suas classificações de acordo com os principais autores da metodologia da pesquisa e suas características mais relevantes; no capítulo 4, apresenta-se o produto, o Sonotrig, suas nuances e características de aplicação e incompletudes; no capítulo 5 é descrita a situação problema a ser modelada e a descrição do produto proposto e suas formas de aplicação; no capítulo 6 relata-se as aplicações de conteúdo, o uso da teoria de aprendizagem adotada e a sequência didática com o uso do produto, e, por fim, no capítulo 6 são apresentadas as considerações finais da pesquisa, o seu legado e sugestões de trabalhos futuros em conjunto com apêndices apensos à dissertação e que versam sobre o cronograma da pesquisa, desde o projeto inicial, o arduino como gerador de ondas e o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

2. REVISÃO DE LITERATURA

Esse capítulo trata dos cenários atuais de ocorrências da pesquisa e suas demandas bem como da base da literatura técnica associada à própria pesquisa, ou seja, os conceitos e principais características das ondas sonoras.

Essas ondas são, em si, ondas mecânicas, sua fundamentação e formas; além dos aspectos inerentes à teoria musical, o processo educativo associado além da apresentação do curso de Licenciatura em Física da UNEB, o perfil dos estudantes.

Além disso, trata-se também da proposta pedagógica associada e isso em concomitância às teorias de aprendizagem associadas em historicidade, para o entendimento da teoria da aprendizagem significativa proposta por David Ausubel, seus conceitos e definições aliado à ferramenta do arduiono e suas diversas formas de atuação na proposta.

2.1. Aspectos gerais, cenários e tendências

Contempla-se uma revisão de literatura sobre as teorias de ensino e aprendizagem, piagetianas e pós-piagetianas, com fins de evidenciar nas mesmas os aspectos objetivos no ensino de física com o viés da proposta da aprendizagem significativa do David Ausubel (2013) de forma a resultar em uma proposta de estratégias para consolidação do ensino a partir da detecção de subsunsores (Ausubel, 2013).

Neste sentido considera-se como uma tendência o uso de ludicidade proporcionada pelo uso do arduino em ambientes educativos para o ensino de física utilizando-se uma modelagem no software (linguagem de programação), ou equivalente², e com acesso via web através de endereço específico em sítio na rede mundial de computadores.

² A ser definido em conjunto com o orientador e coorientador no momento de desenvolvimento da mesma.

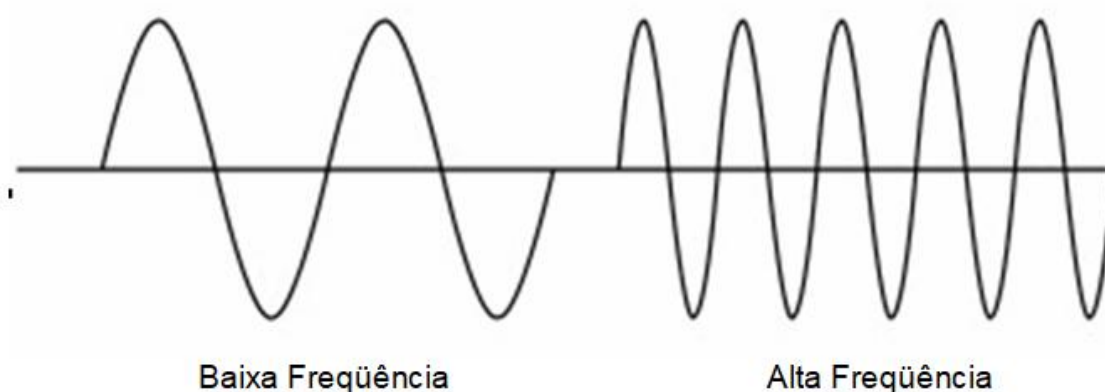
2.2. Ondas Sonoras: a composição da música

2.2.1. Fundamentação teórica sobre ondas mecânicas e o som

O som é uma onda mecânica que se propaga por meios materiais, sendo caracterizado por uma série de propriedades que influenciam diretamente a sua percepção. A frequência, por exemplo, é uma das características mais fundamentais do som, definida como o número de oscilações completas que uma onda realiza por segundo, medida em hertz (Hz).

Frequências mais altas resultam em sons mais agudos, enquanto frequências mais baixas produzem sons mais graves. No projeto desenvolvido, a variação de frequência é controlada por meio de um potenciômetro, permitindo que os alunos explorem, na prática, como a mudança na frequência afeta a percepção do som. Esta prática auxilia na compreensão de conceitos como o espectro audível, que vai de aproximadamente 20 Hz a 20.000 Hz (Rossing, 2007), conforme ilustrado na Figura 1, a seguir:

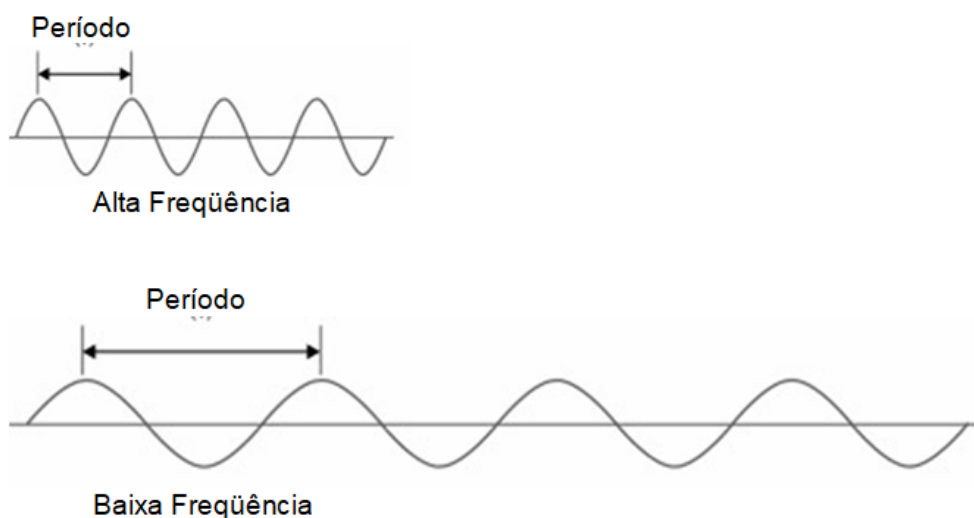
Figura 1 Gráfico de ondas com diferentes frequências



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Além da frequência, o período é outra propriedade crucial do som. O período é o tempo que a onda sonora leva para completar uma oscilação, sendo inversamente proporcional à frequência, dessa forma, quanto maior a frequência de uma onda, menor será o seu período, conforme ilustrado na Figura 2, a seguir:

Figura 2 Exemplo de onda senoidal em um osciloscópio com indicação de período



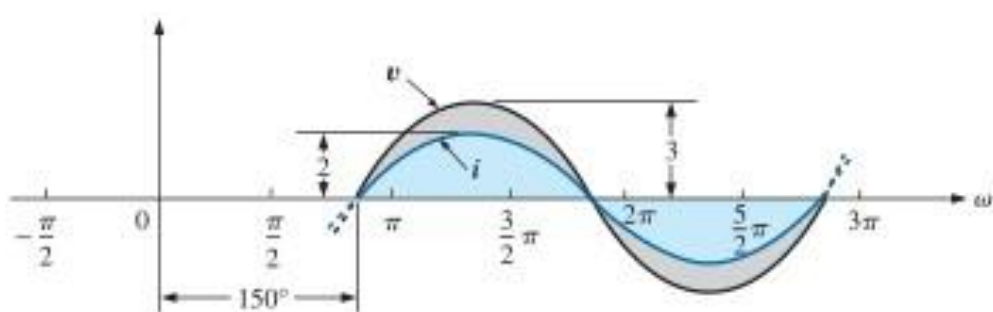
Fonte: (Próprio Autor, 2025)

A amplitude, por sua vez, é responsável pela intensidade ou volume do som. Em termos físicos, a amplitude representa a altura da onda, ou seja, a máxima distância entre o ponto de equilíbrio da onda e seu ponto mais alto ou mais baixo. Embora no projeto atual a amplitude não seja diretamente variável, ela está relacionada à percepção da potência sonora, podendo ser discutida de forma teórica durante as aulas de física.

A relação entre amplitude e energia da onda também pode ser visualizada no osciloscópio, o que ajuda a solidificar o entendimento dos alunos sobre como a amplitude afeta a intensidade do som percebido.

Segundo Rossing (2007), ondas com maior amplitude são mais intensas, resultando em sons mais fortes e isso pode ser verificado na Figura 3, a seguir:

Figura 3 Ondas com diferentes amplitudes exibidas no osciloscópio



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Merece considerar que os osciloscópios são instrumentos essenciais para visualizar e analisar sinais elétricos, especialmente úteis em domínios como eletrônica, engenharia elétrica e física e a exibição de ondas com diferentes amplitudes no osciloscópio podem fornecer insights valiosos sobre o comportamento dos sinais (Rossing, 2007).

Variações de amplitude em um sinal podem sugerir perdas ou interferências e em circuitos eletrônicos, uma mudança inesperada na amplitude pode indicar um componente defeituoso ou um mau funcionamento de forma que o osciloscópio ajuda a localizar esses problemas comparando o sinal real com o esperado (Rossing, 2007).

Assim a análise de ondas com diferentes amplitudes no osciloscópio é uma ferramenta poderosa para diagnósticos e pesquisa em eletrônica e física. Interpretar essas diferenças corretamente ajuda a compreender melhor o comportamento dos sistemas e a identificar problemas potenciais.

De maneira análoga a forma de onda triangular, por sua vez, apresenta harmônicos semelhantes aos da onda quadrada, mas com menor intensidade, resultando em um som mais suave.

A variação das formas de onda no protótipo permite que os alunos observem como o timbre, conforme ilustrado na Figura 4, uma propriedade subjetiva do som, pode ser manipulado de acordo com a forma de onda gerada (Edstrom, 2016).



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Portanto, a frequência, o período, a amplitude e a forma de onda são propriedades fundamentais do som que podem ser exploradas de maneira prática e significativa através do protótipo desenvolvido com o Arduino Uno e a biblioteca MOZZI ou ainda com o AD9833 (opcional) (Analog Devices, 2024).

Ao permitir a manipulação dessas propriedades em um ambiente educacional,

o projeto não só facilita a compreensão dos princípios de ondulatória, como também promove a conexão entre teoria e prática, que é essencial para a aprendizagem significativa proposta por Ausubel (1968).

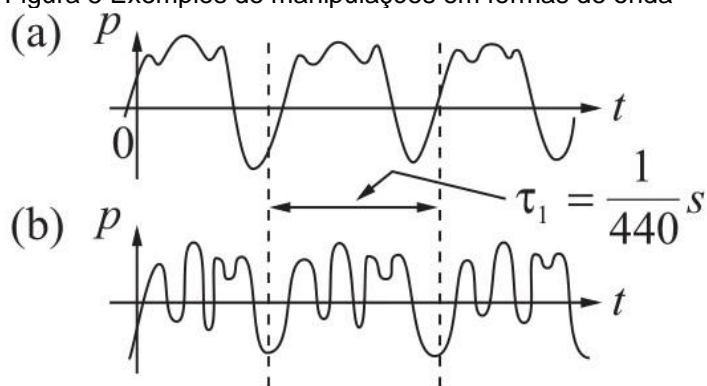
Através da visualização e experimentação, os alunos de graduação da UNEB poderão vivenciar esses conceitos de maneira ativa, promovendo uma compreensão mais profunda e duradoura das propriedades sonoras.

2.2.2. Teoria musical

A teoria musical pode ser explorada através do estudo da relação entre intervalos musicais e harmônicos. Conforme a física das ondas sonoras demonstra, uma corda vibrante ou qualquer outro sistema oscilatório pode gerar múltiplos harmônicos, que são múltiplos inteiros da frequência fundamental.

A manipulação prática das formas de onda no projeto permite que os alunos ouçam e observem essas variações de timbre, conectando a teoria física das ondas com a teoria musical de harmonia e timbre, conforme evidenciado na Figura 5, a seguir:

Figura 5 Exemplos de manipulações em formas de onda



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Essa superposição de frequências harmônicas é o que dá origem ao timbre de um som, diferenciando, por exemplo, o som de um violino do som de um piano, mesmo que ambos toquem a mesma nota (Rossing, 2007).

O conceito de ciclo de quintas, amplamente utilizado na composição musical, também está relacionado à física das frequências e intervalos. A proporção de 3/2, que define o intervalo de quinta, é usada para criar progressões harmônicas que

soam naturais e harmoniosas.

Através da manipulação das frequências no protótipo, os alunos poderão experimentar diretamente essa relação, observando no osciloscópio como diferentes frequências se combinam para criarem acordes e harmônicos. Esta abordagem interativa, em conjunto com a teoria musical e os fundamentos da física ondulatória, oferece uma experiência de aprendizado significativa, conforme proposto por Ausubel (Ausubel, 1968).

Notas e escalas musicais desempenham um papel central na relação entre física e música, uma vez que estão diretamente associadas às propriedades das ondas sonoras. As notas musicais correspondem a sons com frequências bem determinadas, seguindo convenções estabelecidas ao longo da história da música (Nussenzveig, 2002).

Pitágoras, no século VI a.C., já havia descoberto que sons harmônicos e agradáveis ao ouvido humano são emitidos por uma corda vibrante cujo comprimento é dividido em proporções simples (Nussenzveig, 2002).

A partir dessa descoberta, Pitágoras formulou a ideia de que "todas as coisas são números", associando sons musicais a frações simples, conforme evidenciado na Figura 6, a seguir, onde se verifica o conjunto de intervalos entre dó e as demais notas na escala diatônica maior "natural" e os intervalos entre cada duas notas consecutivas:

Figura 6 Conjunto de intervalos entre dó e as demais notas na escala diatônica maior "natural"

Nota	dó	ré	mi	fá	sol	lá	si	dó
v_n/v_1	1	9/8 (segunda)	5/4 (terça)	4/3 (quarta)	3/2 (quinta)	5/3 (sexta)	15/8 (sétima)	2 (oitava)
v_n/v_{n-1}		9/8	10/9	16/15	9/8	10/9	9/8	16/15

Fonte: (Próprio Autor, 2025)

No projeto educacional que está sendo proposto, essa teoria é aplicada de forma prática. Ao variar a frequência gerada pelo AD9833 (Analog Devices, 2024), os alunos podem observar como a mudança na frequência altera a percepção de altura da nota musical, o que se relaciona diretamente com os conceitos de intervalos e escalas musicais.

A variação das formas de onda, controlada por botões no shield multifuncional,

também influencia no timbre, proporcionando uma experiência interativa que facilita o entendimento de como as ondas sonoras e suas propriedades afetam a percepção musical. Além disso, a visualização dessas ondas em um osciloscópio contribui para a compreensão dos conceitos físicos envolvidos, correlacionando a teoria com a prática.

2.2.3. A música na educação

Nessa pesquisa considera-se que a música na escola desempenha um papel fundamental na formação de gostos e na percepção de gêneros musicais diversos, ajudando a desenvolver diversos aspectos relacionados ao aluno, a exemplo do senso crítico, do aumento de interesse pelos tópicos associados. Além disso, estudos mostram que a interação com a música pode enriquecer significativamente a experiência educativa, permitindo que os alunos acessem um vasto patrimônio musical humano (Penna, 2012, *apud* Aronoff, 1974).

Entretanto a implementação do ensino de música enfrenta desafios como a adequação de espaços e a formação de professores capacitados visto que a música na escola deve ser abordada não apenas como uma atividade recreativa, mas como uma disciplina que requer conhecimento aprofundado e abordagens pedagógicas específicas pois isso exige que os educadores tenham uma compreensão sólida tanto de música quanto de metodologias de ensino musical.

Dessa maneira, a integração da música no currículo escolar representa mais do que um enriquecimento artístico; é um meio de transformação social e pessoal pois a música tem o foco de construir o que não está posto ou que não está destruído, e de transformar não só o aluno, mas também o educador visto que a música não é só é a combinação de ritmo, harmonia e melodia, de maneira agradável ao ouvido mas sobretudo a manifestação artística e cultural capaz de promover ressocialização, identificação e crescimento.

2.3. O Curso de Licenciatura em Física da UNEB

2.3.1. Historicidade e justificativa do curso

O curso noturno de Licenciatura em Física da Universidade do Estado da Bahia

é lotado no Departamento de Ciências Exatas e da Terra, do Campus I, em Salvador, Bahia.

A existência de novos cursos de Licenciatura em Física é uma necessidade premente no Estado da Bahia tendo em vista o reduzido número de professores licenciados ministrando tal disciplina no ensino médio. Estudos do INEP indicam, entre 1990 e 2001, uma demanda por 55 mil professores de Física; entretanto apenas 7216 saíram dos bancos universitários (Escassez de professores no Ensino Médio: Propostas estruturais e emergenciais, ENE/CEB, 2007).

Em 2007, uma análise do Ministério da Educação, em todo o País, indicou que Física é a disciplina que apresenta o menor número de professores com formação específica, cerca de 25,22% (Estudo exploratório sobre o professor brasileiro com base nos resultados do Censo Escolar da Educação Básica em 2007, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - Inep, Brasília, 2009).

Outros dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP, no ano de 2009, mostram que de 152.468 professores que atuam na Educação Básica, apenas 51.531 possuíam nível superior. Em particular, para a área de Física, esse número se reduz para 2.562 professores (Lisboa *et al*, 2012).

Em um relatório do Tribunal de Contas da União (Relatório de Auditoria nº177/2013), Física é a disciplina com maior carência; mais de 9 mil professores, sendo que é o único caso com déficit em todos os estados. Este relatório indica ainda que em 2011, havia apenas 2568 licenciados em Física, sendo que a necessidade era cerca de 9900 profissionais (importante mencionar que nem todos atuaram como professores no Ensino Médio). Este mesmo relatório afirma que existe um déficit de 1060 professores de Física no Estado da Bahia, sendo este o maior entre todas as disciplinas.

Posteriormente, uma auditoria do Tribunal de Contas da União, em 2014, identificou Física como a disciplina com maior necessidade de professores, representando 30% do total de disciplinas e alcançando todos os Estados do País (Ensino Médio no Brasil. Auditoria Coordenada: Educação; Instituto Rui Barbosa; Tribunal de Contas da União, Brasília, TCU, 2014).

Assim, diversas instituições públicas de ensino superior no Estado, sensíveis a este panorama, tem criado cursos de Licenciatura em Física com uma perspectiva

de solucionar e/ou atenuar essa deficiência, proporcionando uma educação básica, de melhor qualidade.

Como consequência, deseja-se, em contrapartida, despertar o entusiasmo dos jovens pelas carreiras de Ciência e Tecnologia; um fator de extrema relevância para o desenvolvimento da Nação, que tem sido enfatizado de forma recorrente nas políticas públicas de desenvolvimento do País.

Historicamente, a implementação de novas tecnologias à produção industrial nacional, tem sido, via de regra, através da importação ou investimento estrangeiro de forma direta. É de capital importância, do ponto de vista estratégico, no que se refere à projeção do País no cenário internacional e naturalmente para o desenvolvimento econômico, reverter este quadro.

Os avanços no âmbito industrial devem ser pautados no desenvolvimento científico e tecnológico endógeno. Segundo dados do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação [Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015, Balanço das Atividades Estruturantes 2011, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Brasília - DF], para atingirmos o patamar dos países europeus, mantida a taxa atual de crescimento para investimento neste setor, serão necessários aproximadamente 20 anos. Nesta proposta de ciência, tecnologia e inovação como eixo estruturante para o desenvolvimento do Brasil, a capacitação e formação de recursos humanos é uma etapa indispensável e primária (Carvalho; Gil-Pérez, 2009).

2.3.2. O perfil do licenciado em Física: competências e habilidades

O curso de Licenciatura em Física objetiva a formação de um educador com sólidos conhecimentos em Física Teórica e Experimental sendo amplamente capacitado no desenvolvimento e utilização de tecnologias computacionais a fim de promover a aprendizagem de modo interessante e significativo.

Mais especificamente, devemos formar profissionais:

- 1) Pautados em uma ética de atuação profissional atentos para sua responsabilidade social e com uma compreensão crítica de ciência;
- 2) Capazes de explorar situações problemas relacionados ao cotidiano dos estudantes bem como suas soluções e mecanismos para a obtenção dos

mesmos;

- 3) Com sólidos conhecimentos acerca de tecnologias computacionais, sendo capaz de realizar animações e simulações com o objetivo de utilizar este ferramental para a compreensão dos conceitos físicos e solução de problemas relacionados com os mesmos;
- 4) Com sólida formação teórica e experimental sendo um profissional hábil no desenvolvimento de experimentos didáticos bem como na análise dos conceitos físicos envolvidos.

2.3.3. A proposta pedagógica

A proposta do curso noturno de Licenciatura em Física da UNEB possui como fio condutor uma forte ênfase na utilização de ferramentas computacionais para o Ensino de Física. Vivemos em uma sociedade completamente imersa na tecnologia da informação em que o jovem utiliza dispositivos tecnológicos de forma cada vez mais intensa e precoce. Desse modo as práticas de ensino devem ser adaptadas e novas formas desenvolvidas com o objetivo de estimular o jovem ao estudo da Física.

Concomitantemente, a utilização destas tecnologias podem colaborar para uma melhor compreensão dos conteúdos a serem estudados através de animações e simulações dos fenômenos naturais, com um ambiente visual extremamente rico e atrativo.

Dessa forma os estudantes terão diversas disciplinas atreladas ao desenvolvimento dessas ferramentas, incluindo linguagens de programação e o estudo de softwares especializados.

Em consonância com tal proposta, a disponibilização de materiais didáticos virtuais pelos docentes será fortemente estimulado. Não obstante, os estudantes terão uma formação experimental e teórica sólida que lhes permita compreender e discutir os fenômenos naturais de forma contundente, sendo capaz de perceber os fundamentos físicos associados a temas atuais de Ciência e Tecnologia, tais como ressonância magnética nuclear e sua importância para Medicina, Fontes alternativas de energia (energia solar, eólica, geotérmica, *etc*), Eletrônica, Nanotecnologia, Econofísica, Sistemas Dinâmicos não-lineares e Teoria do Caos, Fractais, Sistemas Complexos, Cosmologia *etc*.

Este é outro aspecto bastante peculiar deste Curso que está consubstanciado através das disciplinas de Seminários.

O enfoque obviamente é dado em aspectos conceituais e gerais destes temas. O professor de Física deve ser capaz de superar um ensino enciclopédico, possibilitando ao estudante estabelecer relações concretas entre a ciência que aprende e a realidade vivenciada [Ensino Médio Inovador, Coordenação Geral de Ensino Médio, Diretoria de Concepções e Orientações Curriculares para a Educação Básica, Secretaria de Educação Básica, Ministério da Educação, Brasília-DF, 2009].

Uma outra característica proeminente do Curso é a apresentação das disciplinas básicas de Matemática (Cálculo I, Cálculo II, Cálculo III, Geometria Analítica e Cálculo Vetorial, Álgebra Linear, Probabilidade e Estatística aplicada à Física) com um forte ênfase às aplicações em Física. Os docentes devem ministrar o conteúdo formal *pari passu* às aplicações nas mais diversas áreas da Física.

Essa é uma forma de estimular o aluno no estudo do tópico matemático em questão e ilustrar o conteúdo de modo atrativo, facilitando, inclusive, o estudo das disciplinas subsequentes de Física que fazem uso intensamente destes tópicos, uma outra peculiaridade é a introdução de Probabilidade e Estatística como disciplina obrigatória.

A ideia básica é que esta disciplina servirá de suporte para o tratamento estatístico de dados experimentais nas disciplinas de laboratório de Física bem como nas disciplinas relacionadas às práticas de ensino, ou ainda as monografias voltadas para o ensino de Física em que uma análise estatística está sempre presente.

Não obstante a esse cenário do projeto de implantação do curso deve-se registrar que demanda de métodos ou teorias pedagógicas para implementação do ensino diferenciado e com mais efetividade do que as práticas tradicionais.

2.4. Historicidade das teorias da aprendizagem

2.4.1. As teorias base para a proposta ausubeliana

A teoria de aprendizagem pode ser definida como um conjunto de princípios e proposições que buscam explicar como as pessoas adquirem, retêm e aplicam o conhecimento. Essas teorias têm se desenvolvido ao longo do tempo, com base em

diversas correntes filosóficas, psicológicas e pedagógicas. O estudo sistemático da aprendizagem começou a ganhar destaque no final do século XIX e início do século XX, com a emergência da psicologia como uma disciplina independente, sendo fortemente influenciado por cientistas como Ivan Pavlov, John B. Watson e Edward Thorndike (Schunk, 2012).

Essas primeiras abordagens enfatizavam o comportamento observável como a principal evidência de aprendizagem, levando ao desenvolvimento da teoria comportamentalista.

O **comportamentalismo** (ou behaviorismo), uma das teorias mais influentes, surgiu com a ênfase no estímulo-resposta, baseada na ideia de que o comportamento pode ser moldado por meio de reforços. Pavlov (1927), com seus experimentos de condicionamento clássico, e Watson (1913), com sua defesa de uma ciência da psicologia voltada exclusivamente para o comportamento observável, formaram a base dessa teoria. Thorndike (1905) também contribuiu significativamente, introduzindo o conceito de "Lei do Efeito", que afirmava que comportamentos seguidos por resultados agradáveis tendem a ser repetidos.

O behaviorismo dominou o campo educacional por décadas, influenciando práticas de ensino baseadas em recompensas e punições (Skinner, 1974).

No entanto, com o avanço dos estudos sobre cognição, surgiu o **cognitivismo**, que desafiou o behaviorismo ao enfatizar os processos internos da mente, como memória, percepção e raciocínio. Jean Piaget (1950) foi um dos pioneiros dessa abordagem, desenvolvendo a teoria do desenvolvimento cognitivo, na qual a aprendizagem é vista como um processo ativo, em que o aluno constrói seu conhecimento por meio da interação com o ambiente.

O cognitivismo reconhece que o aprendizado envolve muito mais do que simples estímulos e respostas, destacando a importância dos esquemas mentais e da capacidade de resolver problemas.

A partir dos anos 1960, surgiu o **construtivismo**, fortemente influenciado pelas ideias de Piaget, mas que se ampliou com as contribuições de Lev Vygotsky (1978), que introduziu a importância das interações sociais no processo de aprendizagem. Segundo o construtivismo, o aluno é o protagonista de sua aprendizagem, e o conhecimento é construído ativamente pelo próprio aprendiz, com base em experiências anteriores e interações com o meio social (Minayo, 2010).

Vygotsky acrescentou a ideia da "zona de desenvolvimento proximal" (ZDP),

que sugere que o aprendizado ocorre de maneira mais eficaz quando o aluno recebe orientação para alcançar habilidades que ele não poderia dominar sozinho.

Além dessas, o **humanismo** também se destaca como uma teoria de aprendizagem que foca no desenvolvimento pessoal e emocional do aluno. Carl Rogers (1969), uma das figuras principais dessa corrente, argumentava que a educação deve centrar-se no indivíduo como um todo, valorizando seus sentimentos, motivações e potencial para crescimento.

A aprendizagem, sob a ótica humanista, vai além da simples aquisição de conhecimentos técnicos; ela deve promover o autodesenvolvimento e a autorrealização, enfatizando um ambiente educacional empático e de apoio.

Por fim, uma abordagem mais recente, o **conectivismo**, proposta por George Siemens (2005), vê a aprendizagem em termos das redes de conhecimento que o indivíduo constrói, particularmente em um mundo digital e interconectado.

Essa teoria leva em consideração a capacidade de aprender a partir de múltiplas fontes, como a internet e as mídias sociais, onde o conhecimento não é linear, mas distribuído em várias plataformas e contextos. O conectivismo é uma resposta às mudanças rápidas na sociedade do conhecimento e à crescente influência das tecnologias digitais na educação.

Jean Piaget foi um dos mais influentes teóricos da psicologia do desenvolvimento, sendo amplamente reconhecido por sua teoria sobre o desenvolvimento cognitivo. A teoria de Piaget se baseia na ideia de que a aprendizagem é um processo ativo de construção, no qual a criança é vista como um "pequeno cientista" que explora, experimenta e constrói seu próprio entendimento do mundo (Piaget, 1952).

Segundo ele, o desenvolvimento cognitivo ocorre em estágios, sendo cada estágio caracterizado por um nível qualitativo diferente de compreensão. Para Piaget, o desenvolvimento é essencialmente uma reorganização progressiva de processos mentais, resultante da maturação biológica e da interação com o ambiente.

A teoria de Piaget é composta por quatro estágios principais: **sensório-motor**, **pré-operacional**, **operacional concreto** e **operacional formal** e isso pode ser elucidado no quadro a seguir:

Quadro 1 Elucidativo da Teoria de Piaget: estágios do desenvolvimento cognitivo

Estágio	Faixa Etária	Características Principais
Sensório-Motor	0 - 2 anos	Desenvolvimento de esquemas baseados em interações físicas e motoras com o ambiente; aquisição da permanência do objeto.
Pré-Operacional	2 - 7 anos	Desenvolvimento da linguagem e uso de símbolos; pensamento egocêntrico; intuição sem compreensão lógica.
Operacional Concreto	7 - 11 anos	Capacidade de realizar operações mentais limitadas a situações concretas; aquisição do conceito de conservação; classificação de objetos.
Operacional Formal	11 anos - adulto	Pensamento abstrato; formulação de hipóteses; raciocínio hipotético-dedutivo; compreensão de conceitos abstratos como justiça e moralidade.

Fonte: (Próprio autor, 2025)

Além disso, a proposta piagetiana apresenta alguns conceitos fundamentais que evidenciamos a seguir, no Quadro 2:

Quadro 2 Conceitos Fundamentais da Teoria de Piaget

Conceito	Descrição
Esquemas Cognitivos	Estruturas mentais usadas para organizar e interpretar informações.
Assimilação	Incorporação de novas informações aos esquemas existentes.
Acomodação	Modificação dos esquemas para se ajustarem a novas informações.
Equilibração	Processo de equilíbrio entre assimilação e acomodação, fundamental para o desenvolvimento cognitivo.

Fonte: (Próprio autor, 2025)

A proposta de Piaget gera também algumas implicações, que são:

- Destaca a importância da interação ativa com o ambiente no aprendizado.
- Evidencia que o desenvolvimento cognitivo ocorre em estágios sequenciais.
- Influência direta na educação, ressaltando a necessidade de adaptação dos métodos de ensino à fase cognitiva do aluno.
- Contribui para compreensão do pensamento infantil e seu impacto na aprendizagem.

Esses processos são essenciais para o desenvolvimento cognitivo, pois

permitem que a criança ajuste sua compreensão do mundo à medida que adquire novas experiências.

A teoria de Piaget influenciou profundamente o campo da educação, levando à valorização de práticas pedagógicas que promovem o aprendizado ativo. Piaget acreditava que as crianças aprendem melhor quando têm a oportunidade de descobrir e explorar por si mesmas, em vez de apenas receber informações passivamente.

Essa visão construtivista da educação sugere que o papel do professor é criar um ambiente onde as crianças possam interagir com o mundo ao seu redor de forma significativa, facilitando o processo de aprendizagem por meio de desafios adequados ao estágio de desenvolvimento em que se encontram (Kamii & DeVries, 1977).

Em suma, a teoria de Jean Piaget oferece uma compreensão detalhada do processo de desenvolvimento cognitivo das crianças, destacando a importância da interação com o ambiente e a construção ativa do conhecimento. Suas ideias continuam a ter um impacto significativo na psicologia do desenvolvimento e nas práticas educacionais contemporâneas, promovendo uma abordagem centrada no aluno e baseada em experiências de aprendizado significativas.

Dessa maneira tem-se em Quadro 3, de resumo a seguir:

Quadro 3 Resumo das Teorias da Aprendizagem referenciadas na pesquisa

Teoria	Principais Autores	Principais Conceitos
Behaviorismo	Pavlov (1927), Watson (1913), Thorndike (1905), Skinner (1974)	Ênfase no estímulo-resposta e reforço. Lei do Efeito (Thorndike) e condicionamento clássico (Pavlov). Influência na educação por meio de recompensas e punições.
Cognitivismo	Jean Piaget (1950)	Foca nos processos mentais internos, como memória, percepção e raciocínio. Aprendizagem ativa baseada na interação com o ambiente.
Construtivismo	Jean Piaget (1950), Lev Vygotsky (1978), Minayo (2010)	O conhecimento é construído ativamente pelo aprendiz. Importância da interação social no aprendizado (Vygotsky - ZDP).
Humanismo	Carl Rogers (1969)	Aprendizagem centrada no indivíduo, valorizando sentimentos, motivações e autorrealização. Educação deve promover o desenvolvimento pessoal e emocional.
Conectivismo	George Siemens (2005)	Aprendizagem baseada na construção de redes de conhecimento. Influência da tecnologia e do mundo digital.

Teoria	Principais Autores	Principais Conceitos
Teoria de Piaget	Jean Piaget (1952, 1954, 1958, 1977)	Desenvolvimento cognitivo ocorre em estágios: sensório-motor, pré-operacional, operacional concreto e operacional formal. Processo de aprendizagem envolve assimilação e acomodação.

Fonte: (Extrato de Piaget, 1952)

E, além disso, pode-se também, com base no texto anterior, elaborar uma linha do tempo das propostas teóricas que serviram como inspiração para a proposta da teoria da aprendizagem significativa, conforme se observa no Quadro 4 a seguir:

Quadro 4 Linha do Tempo das Teorias da Aprendizagem

Período	Teoria	Principais Autores	Características
1905 - 1927	Behaviorismo	Thorndike (1905), Pavlov (1927), Watson (1913), Skinner (1974)	Ênfase no estímulo-resposta e reforço. Condicionamento clássico e operante. Influência na educação por meio de recompensas e punições.
1950	Cognitivismo	Jean Piaget (1950)	Foca nos processos mentais internos, como memória, percepção e raciocínio. Aprendizagem ativa baseada na interação com o ambiente.
1960 - 1978	Construtivismo	Jean Piaget (1950), Lev Vygotsky (1978)	O conhecimento é construído ativamente pelo aprendiz. Importância da interação social no aprendizado (Zona de Desenvolvimento Proximal - ZDP).
1969	Humanismo	Carl Rogers (1969)	Aprendizagem centrada no indivíduo, valorizando sentimentos, motivações e autorrealização. Educação deve promover o desenvolvimento pessoal e emocional.
2005	Conectivismo	George Siemens (2005)	Aprendizagem baseada na construção de redes de conhecimento. Influência da tecnologia e do mundo digital na forma como o conhecimento é adquirido.

Fonte: (Próprio Autor, 2025).

Esse cenário permitiu o avanço nos pressupostos teóricos de forma a proporcionar uma nova proposta teórica, considerada como pós-piagetiana, mas que utiliza-se como lastro das demais teorias, no seu todo, ou em partes, de forma a

proporcionar um novo domínio cognitivo sobre o processo de aprendizado.

2.4.2. A proposta da aprendizagem significativa do David Ausubel

2.4.2.1. Conceitos e definições

A perspectiva de uma aprendizagem significativa, ou seja, não mecânica, através do ensino de física é posta com o uso de diversas técnicas pedagógicas adequando-as ao tipo de conhecimento que se pretende que o aluno construa.

Nesta perspectiva Ausubel (2013) preconiza que essa modalidade de ensino proporciona uma aprendizagem que se apresenta como uma alternativa valiosa para resolver problemas de educação, pois proporciona ao aluno aprendizagens não mecânicas, ou seja, significativas, que permitam que ele compreenda de forma contextual e multireferencializada (Moreira, 1999).

Ainda segundo Ausubel (2013), uma aprendizagem significativa se constroi quando existe uma relação substancial, e não arbitrária, entre os recentes conhecimentos e o que o estudante já sabe: concebe o processo de aprendizagem como um processo de construção de significados, o que resulta que o novo material adquire significado para o indivíduo através de sua ligação com os conhecimentos passados.

Assim, baseado no estudo de Ausubel (2013) a base da aprendizagem significativa perpassa pelo mundo da cognição, pois é o processo do qual o mundo de significados tem origem, à medida que o ser se situa no mundo, estabelecendo relações de significados, isto é atribuir significados a realidade em que se encontra.

Desta maneira, para que a aprendizagem significativa ocorra é preciso compreender o processo de conhecimento e reconhecê-los, de modo que a aprendizagem seja explicativa, onde o aprendiz possa construir seus próprios conhecimentos (Moreira, 1999).

O conceito de “significação lógica” é entendido como sendo os conteúdos apresentados e devem ser necessariamente coerentes em sua estrutura interna e não apresentar de forma confusa enquanto a “significação psicológica” implica que deve haver na estrutura cognitiva do aluno elementos anteriormente assimilados que permitam estabelecer relações com os novos conhecimentos a serem incorporados. A estes elementos anteriormente existentes denomina-se de subsunçores (Ausubel,

2013).

2.4.2.2. Aprendizagem significativa no ensino da Física de Ondas

A perspectiva de uma aprendizagem significativa, ou seja, não mecânica, através do ensino de física é posta com o uso de diversas técnicas pedagógicas adequando-as ao tipo de conhecimento que se pretende que o aluno construa.

Nesta perspectiva Ausubel (2013) preconiza que essa modalidade de ensino proporciona uma aprendizagem que se apresenta como uma alternativa valiosa para resolver problemas de educação, pois proporciona ao aluno aprendizagens não mecânicas, ou seja, significativas, que permitam que ele compreenda de forma contextual e multireferencializada (Moreira, 1999).

Ainda segundo Ausubel (2013), uma aprendizagem significativa se constrói quando existe uma relação substancial, e não arbitrária, entre os recentes conhecimentos e o que o estudante já sabe: concebe o processo de aprendizagem como um processo de construção de significados, o que resulta que o novo material adquire significado para o indivíduo através de sua ligação com os conhecimentos passados.

Assim, baseado no estudo de Ausubel (2013) a base da aprendizagem significativa perpassa pelo mundo da cognição, pois é o processo do qual o mundo de significados tem origem, à medida que o ser se situa no mundo, estabelecendo relações de significados, isto é atribuir significados a realidade em que se encontra.

Desta maneira, para que a aprendizagem significativa ocorra é preciso compreender o processo de conhecimento e reconhecê-los, de modo que a aprendizagem seja explicativa, onde o aprendiz possa construir seus próprios conhecimentos (Moreira, 2009).

O conceito de “significação lógica” é entendido como sendo os conteúdos apresentados e devem ser necessariamente coerentes em sua estrutura interna e não apresentar de forma confusa enquanto que a “significação psicológica” implica que deve haver na estrutura cognitiva do aluno elementos anteriormente assimilados que permitam estabelecer relações com os novos conhecimentos a serem incorporados. A estes elementos anteriormente existentes denomina-se de subsunçores (Ausubel, 2013).

A aprendizagem significativa tem um papel crucial no processo educacional,

especialmente no ensino de disciplinas complexas como a física. O uso de técnicas pedagógicas que promovam a construção ativa do conhecimento ajuda a evitar a memorização mecânica e fomenta uma compreensão mais profunda e duradoura. Nesse sentido, a proposta de Ausubel (2013) se destaca ao sugerir que o aprendizado significativo é uma ferramenta poderosa para transformar a forma como os alunos interagem com o conteúdo.

Quando o conhecimento é apresentado de maneira contextualizada e conectada aos saberes prévios, os alunos conseguem desenvolver habilidades cognitivas que lhes permitem compreender a realidade ao seu redor de maneira mais completa (Moreira, 1999).

Além disso, a aprendizagem significativa é um catalisador para o desenvolvimento da autonomia intelectual dos alunos. Ao conectar novos conteúdos com o conhecimento já existente, o estudante passa a ter uma postura mais ativa na construção de seu aprendizado, tornando-se menos dependente da figura do professor como fonte única de conhecimento. Essa autonomia é essencial para o desenvolvimento do pensamento crítico, uma competência cada vez mais valorizada nas sociedades contemporâneas.

2.4.2.3. Subsunçores

Os subsunçores, são conceitos ou proposições existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Segundo Moreira (2012a), subsunçores podem ser proposições, modelos mentais, construtos pessoais, concepções, idéias, invariantes operatórios, representações sociais e, é claro, conceitos, já existentes na estrutura cognitiva de quem aprende.

Portanto, subsunçores seriam, então, conhecimentos prévios especificamente relevantes para a aprendizagem de outros conhecimentos. Tais elementos são representados pelos conhecimentos prévios e por conceitos anteriores já formulados pelo aprendiz.

O processo da assimilação de conceitos envolve “idéias relevantes estabelecidas na estrutura cognitiva do aprendiz com o conteúdo potencialmente significativo, implícito na definição dos termos ou das pistas contextuais” (Moreira e Masini, 2011).

Considera-se que o conhecimento é adquirido no decorrer da vida

sociocultural, através da maneira que se envolve com objetos e eventos, bem como da mediação do adulto, confirmando o que diz Moreira e Masini (2011). É imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade.

2.4.2.4. Organizadores prévios

Para Ausubel (2003) a variável isolada mais importante para que a aprendizagem significativa ocorra é o conhecimento prévio do aprendiz, a definição de aprendizagem significativa é aquela que o novo material de aprendizagem é relacionado de maneira não literal e não arbitrária a este conhecimento prévio.

Quando o aprendiz não dispõe de subsunçores adequados que lhe permitam atribuir significados aos novos conhecimentos, costuma-se pensar que o problema pode ser resolvido com os chamados organizadores prévios, solução proposta até mesmo por Ausubel, mas que, na prática, muitas vezes não funciona (Moreira, 2012a).

Organizadores prévios são recomendados quando o material de aprendizagem não é familiar, isto é, o aprendiz não tem subsunçores correspondentes a ele. Nesse caso, o organizador prévio serve de “ponte” entre o que o aluno não sabe e o que deveria saber para que a aprendizagem seja potencialmente significativa.

2.4.2.5. Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa

Aprendizagem Mecânica ocorre com a incorporação de um conhecimento novo de forma arbitrária, ou seja, o aluno precisa aprender sem entender do que se trata ou compreender o significado do porquê. Essa aprendizagem também acontece de maneira literal, o aluno aprende exatamente como foi falado ou escrito, sem margem para uma interpretação própria.

A aprendizagem acontece como produto da ausência de conhecimento prévio relacionado e relevante ao novo conhecimento a ser aprendido. A Aprendizagem significativa ocorre com a incorporação de conhecimento novo na estrutura cognitiva do estudante, e pode ser associado a um conhecimento prévio, relacionado e relevante, já existente nessa estrutura cognitiva (Ausubel, 2003).

Em contraposição com aprendizagem significativa, Ausubel define aprendizagem mecânica (ou automática) como sendo aquela em que novas informações são aprendidas praticamente sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem ligarem-se a conceitos subsunçores específicos.

Por fim, é importante destacar que a aprendizagem significativa também contribui para a inclusão e equidade no ambiente educacional. Ao partir dos conhecimentos prévios de cada aluno, respeita-se a diversidade de experiências e bagagens culturais que eles trazem para a sala de aula.

Essa abordagem inclusiva é particularmente relevante em contextos de grande diversidade social e cultural, onde os subsunçores de cada aluno podem variar significativamente (Bassalobre, 2013).

Merece então considerar que o Quadro 5, a seguir, resume de forma bem ampla a proposta teórica do Ausubel e suas nuances são evidenciadas de forma resumida, conforme se pode observar.

Quadro 5 Resenha da Aprendizagem Significativa e Subsunçores

Conceitos Principais	Definição e Características
Aprendizagem Significativa	Processo no qual o novo conhecimento se relaciona de forma substancial e não arbitrária com o conhecimento prévio do aluno. Envolve atribuir significados aos conteúdos, promovendo uma aprendizagem contextualizada e multireferencializada.
Subsunçores	Elementos prévios na estrutura cognitiva do aluno que permitem a assimilação de novos conhecimentos. Incluem proposições, modelos mentais, representações sociais e conceitos previamente adquiridos.
Organizadores Prévios	Ferramentas auxiliares usadas quando o aluno não possui subsunçores adequados para compreender um novo conhecimento. Funcionam como uma ponte entre o que o aluno sabe e o novo conteúdo a ser aprendido.
Aprendizagem Mecânica vs. Aprendizagem Significativa	A aprendizagem mecânica ocorre de forma arbitrária e literal, sem conexão significativa com conhecimentos prévios. Já a aprendizagem significativa envolve a incorporação ativa de novos conhecimentos à estrutura cognitiva do aluno, promovendo compreensão profunda.

Fonte: (Próprio Autor, 2025).

Dessa maneira, a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel enfatiza que a aquisição do conhecimento ocorre quando novas informações se conectam de maneira lógica e estruturada aos conhecimentos prévios do aluno. Ele diferencia a

aprendizagem significativa da aprendizagem mecânica, destacando que a primeira promove uma compreensão mais profunda e duradoura e essas características fizeram com que a escolha para essa pesquisa fosse consolidada.

2.5. Arduino

2.5.1. Historicidade e conceitos

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto que vem ganhando destaque como uma ferramenta educativa de grande relevância. Ele permite que alunos de diversas áreas do conhecimento explorem conceitos de eletrônica, programação e design de sistemas, tornando o aprendizado mais dinâmico e prático (Banzi, 2011).

2.5.2. A equipe de desenvolvimento e constituição

A equipe de desenvolvimento do Arduino é composta por Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis e a plataforma Arduino é um sistema de código aberto que consiste em placas eletrônicas, placas de expansão, sensores e um ambiente de desenvolvimento de software (Catells, 1999).

Seu hardware e software são de código aberto, e seu custo é preferido e popular entre grandes audiências devido aos seus benefícios, como a abundância de exemplos de código pois existe a compatibilidade de diversos sensores do Arduino tornando assim a aplicação muito amigável ao usuário, com muitas tecnologias avançadas (Wi-Fi, GSM, GPS *etc*) (Catells, 1999).

Merece considerar que a o Arduino possui diferentes placas com várias características. A mais simples e amplamente utilizada é a Arduino Uno e todas as placas compartilham o mesmo ambiente de programação e podem diferir em tamanho da placa, tamanho de memória, número de portas, tipo e velocidade.

A placa Arduino UNO, na Figura 7 a seguir, é uma placa de microcontrolador baseada na família de microcontroladores Atmega328. Ela possui um total de 14 portas de entrada e saída digitais, sendo 6 delas utilizadas como saídas de modulação por largura de pulso (PWM).

Figura 7 The Arduino UNO board



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

O Arduino Uno utiliza protocolos de comunicação serial, como UART e SPI, para se comunicar com interfaces externas. O ATmega328 UART TTL (5V) fornece comunicação serial com RX e TX (pinos 0 e 1). Você pode perceber quando a comunicação está ocorrendo pelo piscar dos LEDs Rx e Tx na placa do Arduino.

2.5.3. Programação no arduino

É uma plataforma que utiliza a estrutura gramatical de C/C++ e Java. Devido ao ambiente de programação, não é necessário conhecimento profundo de programação orientada a objetos. Diferente dos computadores, os microcontroladores não executam um sistema operacional, mas realizam apenas as tarefas que foram carregadas em sua memória (Banzi, 2011).

O usuário pode utilizar o Ambiente de Desenvolvimento Integrado ou o Software Arduino (IDE), disponível gratuitamente no site do Arduino, facilmente em um computador para escrever um programa.

O IDE inclui um editor de texto para escrever o código, uma caixa de mensagens, um console de texto, uma barra de ferramentas com botões para funções de uso comum e um conjunto de menus. As plataformas Arduino podem ser conectadas facilmente a qualquer computador com sistemas operacionais Windows, MAC ou Linux, graças à interface USB, que pode ser rapidamente programada e testada (Bassalobre, 2013).

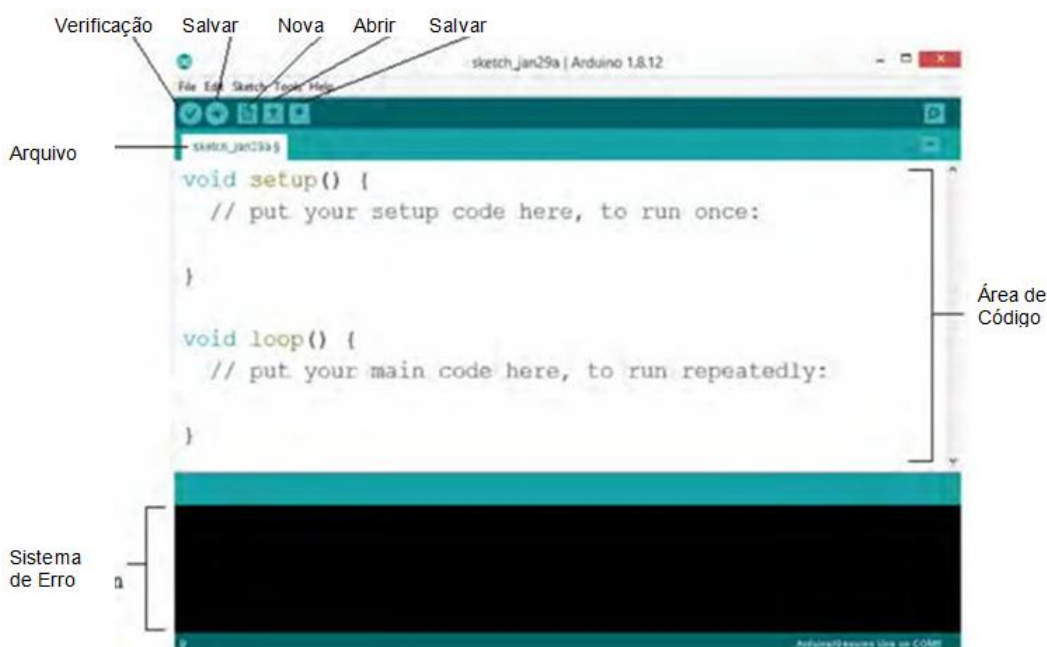
As funções `void setup()` e `void loop()`, que estão incluídas no código do Arduino exibido na Figura 2, são as duas principais funções do ambiente de trabalho. A parte

void setup() do programa é onde os modos dos pinos de entrada e saída são configurados, as tarefas/definições de variáveis retiradas da biblioteca do programa são definidas, e os primeiros valores das variáveis definidas são atribuídos.

Após o programa ser carregado na placa, essa parte é executada uma vez, e então a tarefa é transferida para a seção void loop(). Na seção void loop(), são escritos os códigos que sua aplicação deseja executar continuamente/indefinidamente.

Todas essas etapas são auto-explicativas nas opções em tela do sistema, conforme evidenciado na Figura 8, a seguir:

Figura 8 Inicialização do IDE



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Depois que o IDE é iniciado, os códigos do trabalho a ser implementado são escritos na área de código das funções void setup() e void loop(), a compilação/verificação é realizada, e se houver erros ou falhas nas operações subsequentes, o programa reporta os erros na seção de erros na parte inferior.

Isso continuará até que os erros do código sejam corrigidos. Após os ajustes serem feitos, as conexões necessárias no circuito são estabelecidas e o programa é carregado na placa.

É importante então que fique registrado que as etapas no processo de programação do arduino podem ser elencadas de forma algorítmica da seguinte

forma, a citar no Quadro 6, a seguir:

Quadro 6 Roteiro para programação do Arduino

Fase	Descrição
1. Preparação do Ambiente	Baixar e instalar a IDE do Arduino; conectar a placa ao computador; selecionar a porta correta na IDE.
2. Estrutura do Código	Divisão do código em funções principais: <code>setup()</code> para configurações iniciais e <code>loop()</code> para execução contínua.
3. Desenvolvimento do Código	Uso de variáveis, operadores e funções; controle de entrada e saída (sensores, LEDs).
4. Testes e Depuração	Compilar código para verificar erros; usar <code>Serial.print()</code> para depuração; fazer upload para o Arduino.
5. Implementação de Projetos	Criar projetos simples (pisca LED, controle de motores); utilizar sensores para coleta de dados.
6. Organização e Manutenção	Documentação do código; organização das conexões para facilitar futuras manutenções.
7. Conclusão	Este roteiro cobre as etapas essenciais para programar o Arduino e desenvolver projetos práticos.

Fonte: (Próprio autor, 2025)

E foi exatamente dessa forma que utilizou-se na preparação do produto dessa pesquisa, onde, fica-se o registro, para etapas futuras de novas propostas com o uso do arduino.

2.5.4. Usando placas analógicas no arduino

O Arduino Uno possui seis entradas analógicas, de A0 a A5. Como cada uma dessas entradas analógicas tem uma resolução de 10 bits, ela converte a tensão de entrada em números de 0 a 1023. Quando os aterramentos do circuito a ser medido com o Arduino estão conectados entre si, o pino de entrada analógica permite medições elétricas com uma resolução de $5/1024 \approx 5\text{mV}$. Valores de tensão superiores a 5V também podem ser medidos usando resistores divisores de tensão.

2.5.5. Usando portas digitais no arduino

Cada um dos 14 pinos digitais no Arduino Uno pode ser usado tanto como entrada quanto como saída. Cada um trabalha com 5V e consome 40mA de corrente. As portas digitais podem ser usadas para diversas operações, como controle e medição. Por exemplo, medições interessantes em mecânica (posição unidimensional e tempo, *etc.*) podem ser feitas usando sensores ultrassônicos.

Os pinos digitais podem ser usados para representar dados em forma binária ou para medições complexas utilizando módulos de sensores existentes (Banzi, 2011).

2.5.6. Shields e Sensores do Arduino

As placas shield (plug-ins) são expansões instaladas na placa do Arduino que fornecem funções especiais. Com esses acessórios, a capacidade ou funcionalidade da placa pode ser aumentada. Existem muitos shields de baixo custo, e suas bibliotecas estão disponíveis.

Valores físicos no mundo externo podem ser facilmente detectados usando sensores com o Arduino. Sensores de temperatura, corrente, umidade, tensão, pressão, força, luz, som, aceleração, campo magnético, *etc.*, estão disponíveis. Esses sensores permitem a realização de muitos experimentos de física.

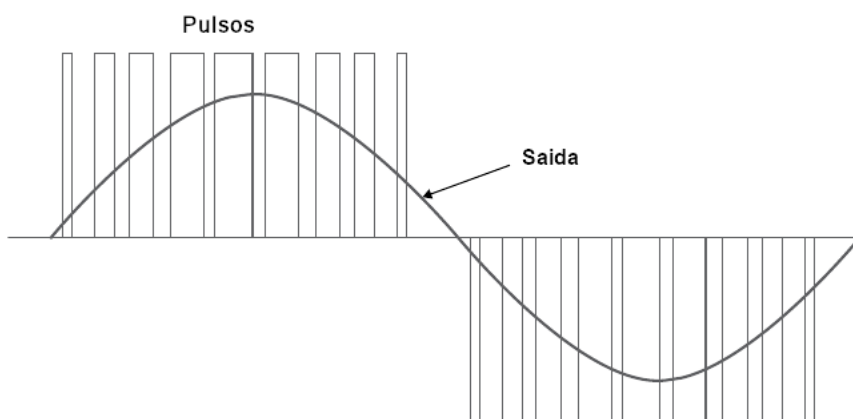
2.5.7. A biblioteca MOZZI e suas aplicações pedagógicas

Depois de analisarmos diferentes formatos de ondas e ainda, compreender diversos princípios de acústica e música pode-se verificar que será possível compreender e utilizar o Mozzi, que é uma biblioteca de síntese sonora desenvolvida por Tim Barrass. Não posso elogiar o suficiente o Mozzi - o código é altamente otimizado, bem comentado e oferece um rico conjunto de recursos para produção sonora (Rossing, 2007).

O código do Mozzi utiliza-se de diversos conceitos avançados, incluindo templates, matemática de ponto fixo e outros com aspectos numéricos com maior precisão do que as máquinas domésticas tradicionais.

Importante considerar o entendimento de que o som pode ser gerado por meio da modulação por largura de pulso (PWM) e, diferente das formas de ondas geradas pelo Digital-to-Analog Converter, ou Conversor Digital-Analógico, (DAC) e o AD9833 mencionado anteriormente, na biblioteca Mozzi, foi projetado para gerar sinais por meio de um ou dois pinos digitais, utilizando um processo chamado modulação por largura de pulso e que a forma de visualizar a modulação por largura de pulso e com isso associar a um interruptor para oscilar em acender e apagar de forma lenta em um pequeno intervalo de tempo e com isso modular a frequência da luz em ligada e desligada duas vezes por segundo, gerando a possibilidade de modulação continuada, que seria a modulação por largura de pulso, onde o tempo de ligar e desligar pode determinar a intensidade do sinal, conforme ilustrado na Figura 9, a seguir:

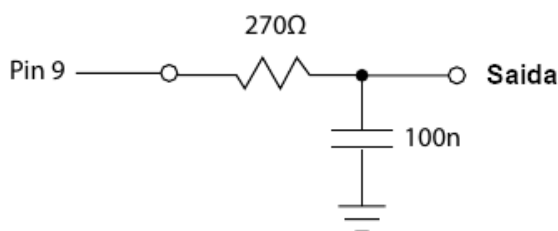
Figura 9 Visualização do Processo de Modulação



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Já o circuito para saída PWM, requer apenas dois componentes: um resistor de 270Ω (ou valor semelhante) e um capacitor de $0,1\mu\text{F}$ (100nF), que juntos funcionam como um filtro RC (resistor capacitor) básico, conforme verifica-se no circuito a seguir, na Figura 10:

Figura 10 Circuito RC básico



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Podendo então com isso gerar as oscilações desejadas e assim, com a modulação por largura de pulso (PWM) e com circuito RC básico com a biblioteca MOZZI instalada juntamente com alto-falante ou cabo P2 conectado na saída PWM com filtro RC e código associado, conforme nos ensina Beynon (2016), proporcionar a geração de som desejada nas simulações programadas no produto educacional proposto, conforme se verifica na Figura 11, a seguir:

Figura 11 Código Arduino com comentários associados ao Algoritmo de funcionamento

```

1  #include <MozziGuts.h> // Núcleo da biblioteca Mozzi
2  #include <Oscil.h> // Classe para gerar formas de onda
3  #include <tables/sin2048_int8.h> // Tabela de onda senoidal com 2048 pontos (valores de -128 a +127)
4
5  const int FREQUENCIA = 440; // Frequência da nota A (Lá)
6
7  Oscil<sin2048_num_CELLS, AUDIO_RATE> oscilador(sin2048_data);
8  // Cria um oscilador de onda senoidal com taxa de áudio definida por Mozzi
9
10 void setup() {
11     startMozzi(); // Inicia o sistema de áudio do Mozzi
12     oscilador.setFreq(FREQUENCIA); // Define a frequência do oscilador para 440Hz
13 }
14
15 void updateControl() {
16     // Função para lógica de controle (sensores, botões etc.) – não usada aqui
17 }
18
19 int updateAudio() {
20     return oscilador.next(); // Gera a próxima amostra de áudio da onda senoidal
21 }
22
23 void loop() {
24     audioHook(); // Executa as rotinas do Mozzi para manter áudio e controle funcionando
25 }
26
27

```

Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Dessa maneira pode-se afirmar que o “**MozziGuts.h**” é a **centro de controle** da biblioteca MOZZI e tem a função de gerenciar os ciclos de áudio e controle (que na comparação posta seria o controlador do acender e apagar do interruptor idealizado), já o “**Oscil**” é o gerador de formas de onda, que adota-se o padrão de onda senoidal “**sin2048_data**”, que é uma **tabela numérica com 2048 pontos** de resolução, apropriada para a síntese do processo de geração dos pulsos demandados (Rossing, 2007; Beynon, 2016).

Além disso, a função “startMozzi()” configura tempos de oscilação para processar áudio em tempo real via a PWM ao tempo em que o “updateControl()” pode ser executado em baixa frequência, adequado para a leitura sensores, botões *etc*, enquanto que o “updateAudio()” pode ser executado em alta frequência (cerca

de 16384 vezes por segundo) e retorna as amostras de áudio de forma audível ao tempo em que a “audioHook()” tem a função da manutenção do áudio e o controle atualizados no loop() padrão do próprio Arduino (Banzi, 2011).

Por fim tem-se a saída do áudio em saída padrão no pino D9 do Arduino Uno com possibilidades de ajustes através do filtro RC para suavizar o PWM com uso de resistor de 270 ohms em série e com capacitor de 0,1 μ F (100nF) entre o pino D9 e o GND, configurando-se assim um filtro que transforma o sinal PWM em algo próximo de uma forma de onda analógica.

2.5.8. A forma de onda e o uso do AD9833 e a biblioteca MOZZI

Outro aspecto fundamental trabalhado no projeto é a forma de onda e o AD9833, conforme veremos no próximo parágrafo, permite a geração de diferentes formas de onda, como senoidal, quadrada e triangular, cada uma com características únicas que influenciam o timbre do som (Analog Devices, 2024).

Merece considerar que o AD9833 é um gerador de formas de onda programável muito utilizado em aplicações de testes, medidas e controle de sistemas e é fabricado pela Analog Devices, sendo capaz de gerar ondas senoidais, quadradas e triangulares, o que o torna extremamente versátil para uma variedade de aplicações eletrônicas e de comunicação.

O AD9833 é então programável via Interface SPI de forma a ser controlado por uma interface serial periférica (SPI), que permite ao usuário definir a frequência e o tipo de onda desejados por meio de comandos digitais com operação em faixa de frequência, tipicamente de 0,1 Hz até 12,5 MHz, dependendo da configuração do clock de referência.

Assim o AD9833 é uma escolha robusta e flexível para a geração de formas de onda digitais em uma variedade de aplicações técnicas e científicas. Sua facilidade de programação e ampla gama de funcionalidades permitem que ele atenda a necessidades específicas em campos diversificados, desde a engenharia eletrônica até o desenvolvimento de novas tecnologias de comunicação.

A biblioteca Mozzi para Arduino representa uma alternativa interessante ao uso de chips dedicados como o AD9833 para a geração de formas de onda e síntese de som. A mudança do uso de um componente dedicado como o AD9833 para a biblioteca Mozzi envolve considerações tanto de hardware quanto de software,

especialmente em aplicações que requerem flexibilidade na síntese de áudio e geração de sinais.

Assim a Biblioteca Mozzi é uma síntese de áudio para Arduino que permite a criação de sons complexos e controle de áudio em tempo real com relativa facilidade. Ela utiliza as capacidades do microcontrolador Arduino para gerar sinais de áudio, eliminando a necessidade de um hardware externo dedicado como o AD9833 para algumas aplicações.

A substituição do AD9833 pela biblioteca Mozzi ocorre principalmente pela necessidade de maior flexibilidade ou complexidade na geração de áudio, que o AD9833, sendo um gerador de formas de onda básico, não pode fornecer sozinho. Aqui está como essa substituição geralmente ocorre:

Dessa maneira, embora a Mozzi ofereça maior flexibilidade, é importante notar que a qualidade e a pureza do sinal de áudio gerado podem não ser tão altas quanto aquelas produzidas por um chip dedicado como o AD9833, especialmente em termos de ruído e resolução de saída. Além disso, a utilização do microcontrolador para síntese de áudio pode comprometer a capacidade de realizar outras tarefas simultaneamente.

Em resumo, a substituição do AD9833 pela Mozzi é vantajosa em projetos onde a complexidade sonora e a interatividade são prioritárias, mas é essencial considerar as limitações de desempenho e hardware ao fazer essa escolha.

2.5.9. O arduino no ensino da Física e da Matemática

No ensino de física e matemática, o Arduino oferece uma oportunidade para os estudantes aplicarem conceitos teóricos em situações reais. Por exemplo, ao trabalhar com sensores e atuadores controlados pelo Arduino, os alunos podem investigar fenômenos como aceleração, velocidade e variação de temperatura em experimentos físicos.

Isso cria uma ponte direta entre o conteúdo teórico e suas aplicações práticas, o que torna a aprendizagem mais significativa e motivadora para os alunos (Beynon *et al.*, 2016). Além disso, a flexibilidade da plataforma permite que os estudantes personalizem seus projetos, incentivando a criatividade e o pensamento crítico.

Outra vantagem do Arduino no ensino é sua acessibilidade. Como uma plataforma de código aberto, ele é amplamente disponível e tem baixo custo, o que

facilita sua adoção em salas de aula e laboratórios de escolas e universidades.

A simplicidade de sua programação, que pode ser feita em uma linguagem amigável como o C++, permite que até mesmo alunos sem experiência prévia em eletrônica ou programação consigam desenvolver projetos funcionais rapidamente.

Essa facilidade contribui para democratizar o acesso ao aprendizado de tecnologia, preparando os estudantes para um mercado de trabalho cada vez mais orientado pela inovação tecnológica (Martins *et al.*, 2019).

A introdução do Arduino no currículo escolar também promove o ensino interdisciplinar. Ele possibilita a integração de várias disciplinas, como física, matemática, biologia, química e música, em projetos conjuntos. Por exemplo, em um projeto de automação residencial, os alunos podem aplicar conhecimentos de física para medir temperatura, utilizar programação para controlar um sistema de ventilação e, ao mesmo tempo, trabalhar com conceitos de sustentabilidade ambiental.

Esse tipo de abordagem promove uma aprendizagem mais holística e contextualizada, aproximando os alunos dos desafios reais do mundo contemporâneo (Blikstein, 2018).

Além de estimular o aprendizado técnico, o uso do Arduino no ensino promove o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como trabalho em equipe, persistência e resolução de problemas. Os alunos são frequentemente desafiados a encontrar soluções para problemas inesperados que surgem durante a construção de seus projetos. Isso requer que eles colaborem, compartilhem ideias e sejam resilientes diante de falhas.

Tais competências são essenciais para o desenvolvimento pessoal e profissional, contribuindo para a formação de indivíduos mais preparados para lidar com as complexidades do mundo atual (Blikstein, 2018).

Assim, o uso do Arduino no ensino promove a construção de uma mentalidade de inovação nos alunos. Ao trabalhar em projetos que envolvem design, programação e eletrônica, os estudantes são incentivados a pensar de forma criativa e a buscar soluções inovadoras para problemas complexos.

Essa experiência prática com tecnologia é crucial para preparar os jovens para os desafios do século XXI, onde a capacidade de inovar e de se adaptar a novas tecnologias é fundamental. Ao integrar o Arduino ao ensino, as instituições educacionais estão criando uma base sólida para o desenvolvimento de futuros

profissionais criativos e inovadores (Blikstein, 2018).

2.5.10. Aplicações do Arduino no ensino de ondas e a música

O uso do Arduino no ensino de música oferece uma abordagem inovadora que une tecnologia e arte, proporcionando aos alunos uma experiência educativa rica e multidisciplinar. A plataforma permite que estudantes construam e programem seus próprios instrumentos musicais, sintetizadores e dispositivos de controle de som, integrando conceitos de física, eletrônica e matemática no processo de criação musical.

Esse tipo de projeto promove a aprendizagem ativa, em que os alunos não apenas adquirem conhecimento teórico, mas também o aplicam em situações práticas e criativas, facilitando uma compreensão mais profunda dos conteúdos (Beynon *et al.*, 2016).

No ensino de música, o Arduino é particularmente relevante para explorar conceitos de **acústica** e **ondulatória**, como frequência, amplitude e ressonância. A programação de microcontroladores para gerar sons específicos ou modificar parâmetros sonoros oferece aos alunos uma maneira prática de visualizar e manipular esses conceitos em tempo real.

Por exemplo, em um projeto de criação de um oscilador com Arduino, os estudantes podem variar a frequência para perceber como essa alteração impacta diretamente o tom da nota gerada, desenvolvendo uma compreensão mais concreta das relações entre a física e a música (Collins, 2014).

Além disso, o Arduino permite que os alunos explorem a interface entre tecnologia e expressão artística. Ao construir instrumentos interativos, os estudantes podem usar sensores para captar movimentos, luz ou pressão e transformá-los em sons.

Essa integração entre hardware e software abre novas possibilidades criativas e permite que os alunos personalizem seus instrumentos de acordo com suas preferências musicais. Essa liberdade criativa promove um maior envolvimento e motivação no processo de aprendizado, tornando a música não apenas uma prática artística, mas também uma ferramenta de experimentação científica e tecnológica (Blikstein, 2018).

A incorporação do Arduino no ensino de música também tem impacto positivo

no desenvolvimento de habilidades transversais, como a resolução de problemas, o pensamento crítico e a colaboração. Ao trabalhar em projetos que combinam eletrônica, programação e música, os alunos frequentemente enfrentam desafios complexos que exigem uma abordagem interdisciplinar para serem solucionados.

O professor pode, então, orientar os estudantes a aplicar seus conhecimentos de diversas áreas para resolver problemas técnicos e criativos, como a programação de um sintetizador que simula diferentes timbres ou a construção de um sistema de controle por sensores para um instrumento musical (Martins *et al.*, 2019).

Outro benefício relevante da utilização do Arduino na educação musical é a **democratização do acesso à criação musical**. O baixo custo e a facilidade de uso da plataforma permitem que estudantes sem grandes recursos financeiros ou acesso a equipamentos musicais caros possam experimentar e criar música digital de forma acessível. Isso promove a inclusão de alunos de diferentes contextos sociais e econômicos no universo da tecnologia e da música, tornando a educação mais equitativa e possibilitando a descoberta de novos talentos (Collins, 2014).

Por fim, o uso do Arduino no ensino de música não apenas oferece uma abordagem inovadora e criativa, mas também prepara os alunos para o futuro. Em um mundo cada vez mais tecnológico, a combinação de competências técnicas e artísticas é altamente valorizada, e projetos que envolvem o Arduino ajudam os alunos a desenvolver essas habilidades de maneira integrada.

Ao explorar as aplicações do Arduino na música, os estudantes estão sendo expostos a uma forma de aprendizagem que é tanto prática quanto relevante para as demandas do século XXI, tornando-os mais preparados para lidar com as novas tecnologias e se destacarem em um mercado de trabalho cada vez mais interconectado (Blikstein, 2018).

2.6. Justificativa da adoção da biblioteca Mozzi no produto educacional

No contexto desta pesquisa, que visa promover uma abordagem prática e interativa para o ensino de ondas mecânicas no curso de Licenciatura em Física da UNEB, a escolha dos recursos tecnológicos utilizados no hardware desenvolvido com Arduino precisa estar alinhada aos princípios pedagógicos adotados, sobretudo à Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Dentre as possibilidades para geração de sinais sonoros com variação de

frequência, amplitude e forma de onda, a biblioteca Mozzi destaca-se como a solução mais adequada para a proposta educacional aqui delineada. Embora existam alternativas como o módulo gerador de sinais AD9833, a adoção da Mozzi como ferramenta principal justifica-se pelos seguintes aspectos:

Segundo Ausubel (1980), o aprendizado significativo ocorre quando novas informações são ancoradas a conhecimentos prévios por meio de conceitos chamados subsunçores. A biblioteca Mozzi permite a geração de formas de onda audíveis e visualizáveis (como senoidal, quadrada e triangular) com variação dinâmica por potenciômetro, possibilitando que os alunos percebam diretamente as alterações de frequência e timbre, associando esses fenômenos físicos às funções trigonométricas estudadas teoricamente.

Essa percepção direta estimula o uso de subsunçores auditivos e visuais já presentes no repertório dos alunos, tornando o conteúdo mais próximo de sua realidade sensorial e intelectual, conforme os princípios defendidos por Ausubel.

Mesmo sem exigir que os alunos codifiquem, o uso da Mozzi no hardware permite criar experiências práticas interativas, nas quais os estudantes manipulam potenciômetros ou observam em tempo real, por meio de um display OLED, os efeitos das variações nos parâmetros do sinal. Isso aproxima os conceitos matemáticos das ondas sonoras reais, oferecendo um ambiente de observação e análise crítica.

Essa abordagem facilita o cumprimento de objetivos específicos da pesquisa, como:

- Modelar ondas com funções seno e cosseno;
- Associar parâmetros físicos como frequência e amplitude a funções matemáticas;
- Investigar a eficácia do dispositivo na compreensão e motivação dos alunos em relação ao conteúdo de Física.

A Mozzi é compatível com o Arduino Uno e exige apenas componentes simples e acessíveis, como resistores, capacitores (para o filtro RC) e um pequeno amplificador, o que viabiliza a construção de um dispositivo funcional, estável e econômico. Isso é especialmente importante para contextos educacionais com orçamento restrito, como o da UNEB.

O uso do AD9833, embora tecnicamente viável, exigiria comunicação via

protocolo SPI, com maior complexidade de implementação e reduzido potencial de mediação pedagógica direta, já que os sinais são gerados automaticamente e a variação de parâmetros depende de reprogramação ou comunicação digital não perceptível aos alunos.

A biblioteca Mozzi permite integração direta com displays OLED via I2C, possibilitando que valores de frequência e forma de onda sejam exibidos no próprio dispositivo, reforçando a associação entre o que se ouve e o que se vê. Essa integração favorece uma abordagem multissensorial do ensino, essencial para alunos com diferentes estilos de aprendizagem.

Portanto, a biblioteca Mozzi é adotada como ferramenta principal neste projeto por sua capacidade de gerar sinais sonoros variados, de forma interativa e perceptível, viabilizando o desenvolvimento de um hardware educacional que favorece a aprendizagem significativa de ondas mecânicas, som e trigonometria. O módulo AD9833 será mantido como alternativa técnica complementar, útil para comparação posterior, mas não condizente com os objetivos pedagógicos centrais da pesquisa.

2.7. Testes estatísticos utilizados na pesquisa

2.7.1. Sobre “teste t” x “Mann-Whitney U” e “teste t pareado” x “Wilcoxon”

Importante o registro de que a análise dos pré-testes e pós-testes demandam ferramentas ou métodos estatísticos diferenciados, pois as suas características demandam ferramentas isentas e para tal adota-se o teste t para amostras independentes ou Mann-Whitney U, e para comparar os escores no pós-teste, adota-se o teste t pareado (ou Wilcoxon) para medir o ganho entre pré e pós-teste em cada grupo juntamente com a análise de correlação de Spearman ou Pearson para verificar associação entre variáveis subjetivas.

2.7.2. Ganho e o uso dos testes

A variável “ganho” geralmente é definida como sendo a diferença entre o escore pós-teste do escore pré-teste de forma que se a distribuição do ganho for normal, utilize o teste t pareado e se a distribuição do ganho for não normal, utilize o

teste de Wilcoxon, mas é importante registrar que em ambos os testes permitem avaliar se houve melhora significativa após a intervenção.

2.7.3. Teste t, para amostras independentes x teste Mann-Whitney U

O “Teste t” é paramétrico e compara as médias de dois grupos independentes (ex.: grupo pré-teste e grupo pós-teste quando são diferentes estudantes) pois nesse teste se pressupõe que existe a normalidade dos dados em cada grupo (ou seja a sua distribuição deve ser aproximadamente á curva normal de Gauss) e também existe a homogeneidade das variâncias (as variâncias dos grupos devem ser semelhantes) além de considerar dados contínuos, em escala intervalar ou razão.

Assim, se esses pressupostos forem atendidos (confirmados, por exemplo, com Shapiro-Wilk para normalidade e Levene para homogeneidade de variâncias, que são testes de normalidade clássicos), o teste t é apropriado e apresenta maior poder estatístico.

Dessa maneira, na literatura, o teste t é o padrão para comparação de médias quando os dados se comportam de forma paramétrica (Bussab; Morettin, 2017; Field, 2013).

Já o teste Mann-Whitney U é não paramétrico e funciona como uma alternativa ao teste t quando os pressupostos paramétricos não são atendidos e é usado quando a distribuição dos dados é não normal, mesmo após tentativas de transformação, quando as variâncias são muito diferentes (heterocedasticidade acentuada) e quando os dados estão em escala ordinal ou apresentam muitos valores extremos (outliers), e também quando o tamanho amostral é pequeno e não há garantia de normalidade; de forma que, ao revés de comparar médias, o teste verifica se as distribuições dos dois grupos diferem, comparando postos (ranks) e não valores brutos (Siegel; Castellan, 1988).

De uma forma geral a justificativa da escolha desses testes perpassa por verificar se: a) os seus dados pré e pós apresentarem normalidade e homogeneidade → utilize teste t para amostras independentes, justificando o atendimento aos pressupostos; b) se a distribuição for assimétrica, com outliers, ou se os testes de normalidade forem significativos → utilize Mann-Whitney U, justificando como alternativa não paramétrica adequada e robusta.

2.7.4. Teste t pareado, ou teste de Wilcoxon, para medir o ganho entre pré e pós-teste

Já o teste t pareado é um teste paramétrico utilizado para comparar duas medidas relacionadas, como o desempenho de um mesmo estudante no pré e no pós-teste pois ele verifica se a média das diferenças entre as duas condições é significativamente diferente de zero.

Esse teste é apropriado quando os seguintes pressupostos são atendidos: a) as diferenças entre os escores (pós - pré) seguem aproximadamente uma distribuição normal; b) quando os dados estão em escala intervalar ou razão; c) quando as observações pré e pós-teste pertencem ao mesmo sujeito (dependência entre as medidas).

Assim, quando esses critérios são satisfeitos, o teste t pareado apresenta maior poder estatístico (FIELD, 2013; BUSSAB; MORETTIN, 2017) ao tempo em que o teste de Wilcoxon é adotado para postos sinalizados e é recomendado quando os dados não atendem ao pressuposto de normalidade, quando existem outliers acentuados, ou quando as diferenças estão em escala ordinal ou violam fortemente os critérios paramétricos e assim não compara médias, mas sim os postos das diferenças, avaliando se a mediana das diferenças é significativamente diferente de zero (Siegel; Castellan, 1988).

Em resumo o teste de Wilcoxon é usado quando: a) as diferenças (pós - pré) têm distribuição não normal; b) quando há muitos valores discrepantes (outliers); c) o tamanho da amostra é muito pequeno para garantir normalidade; e d) os dados não satisfazem os pressupostos paramétricos.

2.7.5. Análise de correlação de Spearman ou Pearson

A correlação de Pearson versus correlação de Spearman são usadas para variáveis subjetivas e deve-se saber quando usa-las. A correlação de Pearson (r de Pearson) é um coeficiente paramétrico que mede a força e a direção da relação linear entre duas variáveis contínuas e ela é usada quando os seguintes pressupostos são satisfeitos: a) as variáveis são contínuas (escala intervalar ou razão); b) as distribuições são aproximadamente normais; c) a relação entre as

variáveis é linear; e d) as variáveis apresentam homocedasticidade (variância constante ao longo dos valores); e é importante considerar que a correlação de Pearson não é recomendada quando as variáveis são subjetivas em escala ordinal (como Likert), quando há assimetria acentuada, outliers, ou quando a associação não é linear. Nestes casos, ela pode distorcer a força da associação.

Assim, Pearson é mais adequado quando as variáveis subjetivas já foram transformadas ou tratadas como contínuas e atendem aos pressupostos estatísticos.

Já a correlação de Spearman (ρ ou r_s) é não paramétrica e baseada em postos (ranks) e são recomendadas quando as variáveis subjetivas: a) estão em escala ordinal (ex.: escalas Likert, satisfação, percepções subjetivas); b) não seguem distribuição normal; c) contêm outliers que violam os pressupostos paramétricos; e d) apresentam relação monotônica, e não necessariamente linear.

Por não exigir normalidade e por operar com ordenações, Spearman é o teste mais apropriado para variáveis psicológicas, educacionais e subjetivas, muito comuns em pesquisas em Psicologia, Educação, avaliação de cursos, percepção do aluno, engajamento etc.

Além disso, a correlação de Spearman é robusta contra distorções produzidas por distribuição assimétrica e escalas com poucos pontos.

2.7.6. Os testes estatísticos adotados nessa pesquisa

Dessa maneira, nessa pesquisa, utilizaram-se diferentes testes estatísticos de acordo com a natureza das variáveis, os objetivos analíticos e os pressupostos de normalidade.

Para avaliar o ganho de aprendizagem entre o pré e o pós-teste de cada participante, empregou-se um teste para medidas relacionadas. Inicialmente foi verificada a normalidade da distribuição das diferenças (pós - pré) por meio do teste de Shapiro-Wilk. Quando a distribuição das diferenças apresentou comportamento aproximadamente normal, utilizou-se o teste t pareado, adequado para comparar médias em medidas dependentes quando os pressupostos paramétricos são atendidos.

Nos casos em que a normalidade foi violada ou quando se observaram outliers que poderiam distorcer a estimativa paramétrica, adotou-se o teste de Wilcoxon para postos sinalizados, por ser uma alternativa não paramétrica robusta e apropriada

para analisar diferenças em medidas pareadas sem exigir distribuição normal.

Para comparar resultados de grupos independentes, como o desempenho de diferentes turmas ou subgrupos, verificou-se inicialmente a normalidade das distribuições e a homogeneidade das variâncias.

Quando os dados apresentaram distribuição aproximadamente normal e variâncias homogêneas, empregou-se o teste t para amostras independentes, que permite comparar médias entre dois grupos distintos sob condições paramétricas; e quando os dados não atenderam aos pressupostos citados, especialmente quando apresentaram assimetria, variabilidade elevada ou escalas não intervalares, utilizou-se o teste Mann-Whitney U, apropriado para comparar grupos independentes quando a distribuição dos dados é não normal ou quando se trabalha com variáveis de natureza ordinal.

Por fim, para investigar a associação entre variáveis subjetivas, tais como percepções, avaliações qualitativas ou respostas em escalas Likert, optou-se por testes de correlação.

Pois quando as variáveis apresentaram distribuição não normal, presença de ordinalidade ou relação monotônica sem garantia de linearidade, adotou-se o coeficiente de correlação de Spearman, apropriado para dados não paramétricos e amplamente utilizado em pesquisas psicológicas e educacionais. Nos casos em que as variáveis subjetivas foram tratadas como contínuas e demonstraram distribuição aproximadamente normal, linearidade e ausência de outliers extremos, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, adequado para estimar associações lineares entre variáveis paramétricas.

Assim, os testes estatísticos empregados nesta pesquisa foram escolhidos de forma criteriosa e alinhada às características dos dados, garantindo rigor metodológico e validade das inferências realizadas.

3. METODOLOGIA

3.1. Classificação e lócus da pesquisa

Trata-se de uma pesquisa com metodologia híbrida envolvendo uma revisão de literatura, na categoria sistemática, com critérios de inclusão e exclusão baseados nos descritores dessa pesquisa e em horizonte cronológico de até vinte anos dos autores considerados.

Além disso, a revisão é de cunho histórico, descritivo, documental e teórico com posterior análise de estudo de caso em universo de pesquisa composto por estudantes de graduação em física da UNEB, Salvador (Thiollent, 2009).

A metodologia híbrida adotada, que combina revisão de literatura com estudo de caso, assegura que os resultados obtidos serão embasados tanto em um referencial teórico robusto quanto em dados empíricos obtidos diretamente com os estudantes da UNEB.

Trata-se então de uma pesquisa de caráter investigativo quantitativo e comparativo, com abordagem quase-experimental, dado que haverá manipulação controlada de uma variável (uso do método com Arduino), aplicada a grupos distintos sem randomização estrita. Segundo Gil (2017), esse tipo de delineamento é adequado para comparar resultados entre dois grupos distintos em contextos reais de sala de aula.

3.2. Itinerário metodológico

A pesquisa foi realizada com uma turma de alunos do início do curso de Licenciatura em Física, preferencialmente com características semelhantes de origem de formação de escolas de origem, normalmente de escolas públicas, com o perfil socioeconômico parecido e com faixa etária e conteúdos trabalhados em uniformidade.

Como instrumento de coleta de dados tem-se dois questionários que vão ser aplicados de forma estruturada e validados, sendo um aplicado antes (pré-teste) e outro após (pós-teste) a intervenção didática.

Com isso a estrutura de cada questionário deve conter: Parte I, Dados sociodemográficos e acadêmicos; Parte II, com questões de múltipla escolha e/ou escala Likert sobre: conhecimentos prévios em Trigonometria e Ondas Sonoras (no pré-teste); percepções sobre o processo de aprendizagem (no pós-teste); motivação, engajamento, clareza didática, aplicabilidade do conteúdo (ambos); e satisfação com a metodologia utilizada (apenas no pós-teste da TE); onde opta-se por adotar a escala tipo Likert de 5 pontos.

O processo de validação do instrumento de pesquisa será a validação de conteúdo com especialistas em ensino de Física e Educação Matemática e com a adoção dos critérios de Pasquali (2010), envolvendo: Clareza dos itens; Relevância para o objetivo da pesquisa; Adequação da linguagem ao público-alvo.

Os procedimentos de aplicação perpassam por Pré-teste, aplicado preliminarmente às explicações dos conteúdos, posteriormente aplica-se o conteúdo sobre as ondas sonoras, funções trigonométricas associadas e esclarecimentos associadas às demonstrações do produto, o Sonotrig, e com a aplicação da sequência didática, com Arduino, conforme sequência apresentada na dissertação e a adoção do Pós-teste aplicado após a conclusão da unidade didática, com mesmos itens do pré-teste (para análise de ganho) e novas questões sobre percepção e experiência.

Feito esse processo a análise dos dados deverá ser quantitativa, descritiva e inferencial, envolvendo: Cálculo de médias, desvios-padrão e frequências absolutas e relativas para os itens do questionário, teste t para amostras independentes ou Mann-Whitney U, para comparar os escores no pós-teste, teste t pareado (ou Wilcoxon) para medir o ganho entre pré e pós-teste em cada grupo juntamente com a análise de correlação de Spearman ou Pearson para verificar associação entre variáveis como motivação e desempenho, pois, segundo Marconi e Lakatos (2017), esse tipo de análise permite "relacionar quantitativamente os efeitos de uma intervenção pedagógica em populações reais" (p. 194).

Não se deve ignorar o fato de que a participação voluntária, mediante Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), ocorrerá com a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), caso os dados sejam publicados e com a garantia de anonimato e sigilo dos dados, conforme a Resolução nº 510/2016 do CNS.

Adota-se essa metodologia devido ao fato de que a aprendizagem mecânica não gera a promoção do desequilíbrio, preconizado por Piaget (2001), e não favorece a compreensão dos conceitos envolvidos no entendimento das leis físicas fundamentais (Piaget, 2019) além do fato de que os principais fatores relevantes nesta proposta de pesquisa são o aprimoramento do processo de ensino e a maior eficácia nos processos de aprendizagem quando se utiliza a detecção de subsunçores, que no caso dessa pesquisa, vão ser mensurados na aplicação do instrumento de pesquisa pois esses subsunçores atuam como âncoras cognitivas, facilitando a retenção e a compreensão dos novos conhecimentos (Moreira, 2011).

3.4. Recursos metodológicos e locus da pesquisa

Adota-se como recursos metodológicos o desenvolvimento de um hardware baseado em Arduino para geração e análise de ondas sonoras, o uso de software de programação compatível com Arduino para controle e experimentação dos conceitos físicos, a aplicação de questionários e entrevistas para coleta de dados qualitativos e quantitativos sobre a aprendizagem dos alunos e a observação de práticas didáticas e experimentais em laboratório de ondulatória com o uso de instrumento de pesquisa em forma de questionário.

O lócus da pesquisa é o curso de Licenciatura em Física da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), no Campus I, Salvador, utilizando o Laboratório de Ondulatória onde os sujeitos da pesquisa são os estudantes de graduação do curso de Licenciatura em Física da UNEB, que participarão das atividades experimentais utilizando o hardware baseado em Arduino.

Para consubstanciar a pesquisa cria-se instrumento próprio em forma de produto da pesquisa que consiste no desenvolvimento de um hardware educacional baseado em Arduino, capaz de demonstrar, de forma prática e interativa, os conceitos de trigonometria e ondas sonoras. Esse hardware será utilizado como ferramenta didática para promover uma aprendizagem significativa no ensino de Física.

Assim, a produção de uma ferramenta eficaz no processo de aprendizagem, especialmente em disciplinas como a física e a matemática, pode se refletir diretamente na melhoria do desempenho acadêmico dos alunos (Marconi; Lakatos, 2010).

Dessa forma, o desenvolvimento de um produto educacional, como o dispositivo em Arduino proposto nesta pesquisa, é de extrema relevância. A integração de tecnologia no ensino, como as estratégias baseadas em Arduino, está em consonância com as diretrizes pedagógicas que têm ganhado consenso nas últimas décadas. Conforme apontado por Moran (2015), o uso de tecnologias digitais em sala de aula potencializa o engajamento dos alunos e promove uma aprendizagem mais ativa e significativa.

3.5. Relevância e atualidade da pesquisa

A relevância deste trabalho reside na crescente demanda por inovações no campo educacional, principalmente na integração de tecnologias digitais com metodologias ativas de ensino.

Nos últimos anos, o uso de dispositivos como o Arduino tem se mostrado promissor em áreas como a física e a engenharia, devido à sua acessibilidade e à flexibilidade para aplicação em projetos educacionais (Benitti, 2012). A educação, particularmente no Brasil, enfrenta desafios significativos na adaptação a novas formas de ensino, e pesquisas como esta oferecem caminhos concretos para superar essas barreiras (Gil, 2017).

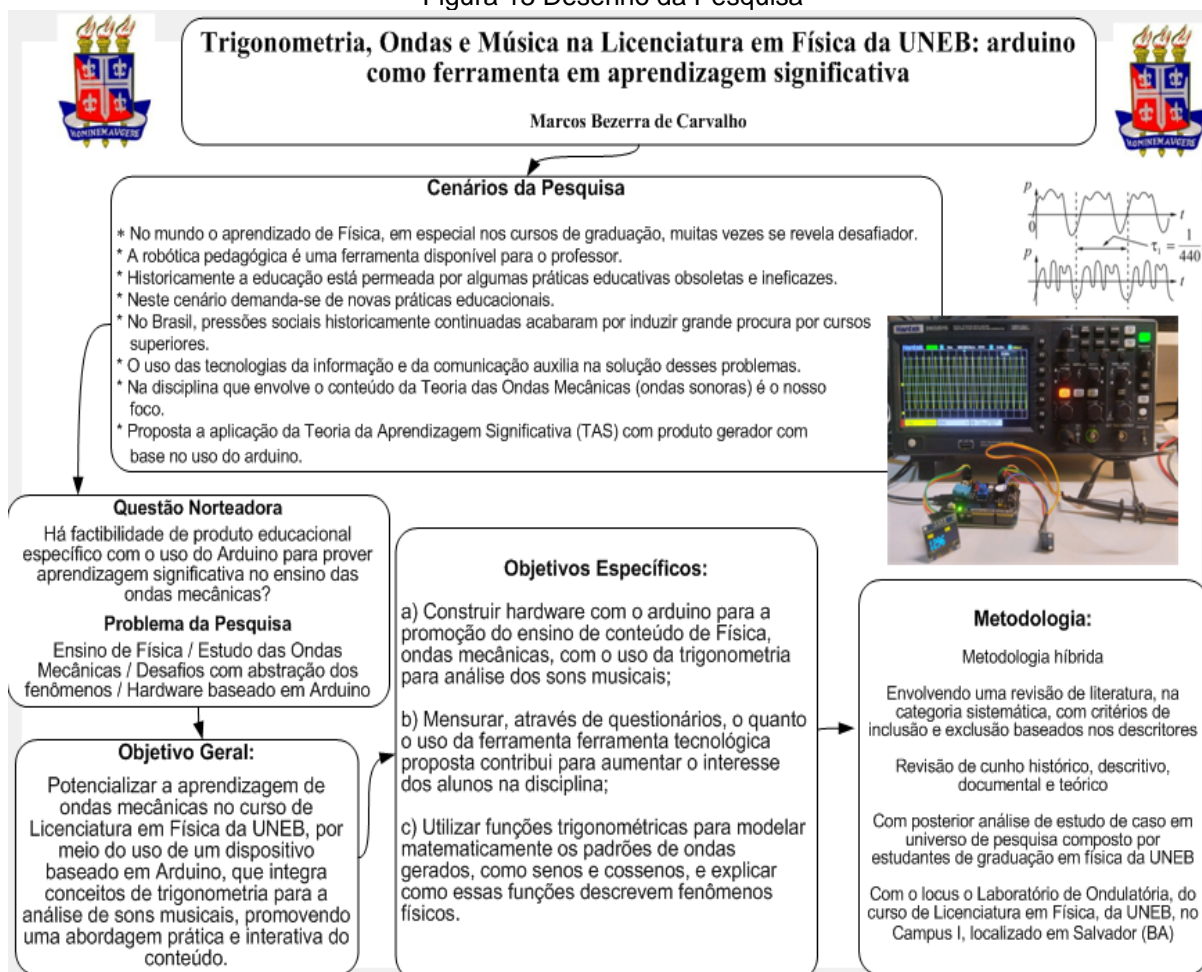
Além disso, ao incorporar a música e os princípios da ondulatória no ensino de física, a pesquisa possibilita que os alunos façam conexões entre áreas aparentemente distintas do conhecimento, como ciência e arte. A combinação dessas áreas, conforme evidenciado por autores como Borges e Migueis (2017), contribui para o desenvolvimento de competências interdisciplinares e melhora o engajamento dos estudantes em atividades que envolvem criatividade e inovação.

Ao fazer isso, o projeto também responde às necessidades contemporâneas de uma educação que forma alunos capazes de lidar com desafios complexos de maneira criativa e crítica (Gil, 2017).

Outro aspecto relevante da pesquisa é o uso de conceitos da teoria de Ausubel no contexto da educação. Enquanto a aprendizagem significativa de Ausubel enfatiza o papel dos subsunçores na construção de novos conhecimentos.

Com o exposto a temática, objetivos e estrutura metodológicas da pesquisa podem ser representadas no desenho da pesquisa que assume a forma descrita na Figura 10, a seguir:

Figura 13 Desenho da Pesquisa



Fonte: (Próprio autor, 2025)

E que reflete os elementos motivadores, os objetivos, a metodologia e o produto proposto.

3.6. Resultados esperados

Com a pesquisa tem-se, minimamente, a expectativa da obtenção dos seguintes resultados, a citar: adoção de um conjunto de estratégias para o ensino de matemática com o uso da música como elemento motivacional, a detecção de subsunçores; a construção do produto em arduino, a implementação destas estratégias em universo de pesquisa além de proporcionar revisão de literatura sobre os temas, auxiliando assim redes colaborativas para o ensino de Física.

3.7. Tipos de situações problemas: música e arduino

As situações-problema envolvendo o ensino de física na graduação, especialmente nas áreas de frequência, amplitude e período, são comuns e muitas vezes surgem de forma espontânea ou provocada em projetos experimentais. Um exemplo típico ocorre quando os alunos tentam relacionar os conceitos teóricos de ondulatória com a análise de sinais reais, como o estudo de ondas sonoras ou eletromagnéticas.

Problemas como a identificação de frequências dominantes em um sinal complexo ou a discrepância entre os resultados esperados e observados em experimentos práticos, como o uso de osciloscópios para visualizar ondas, são frequentes e desafiam os alunos a conectar a teoria à prática (Halliday & Resnick, 2011).

No campo da ondulatória, a utilização de osciloscópios para a visualização de formas de ondas e suas características, como frequência e amplitude, pode gerar problemas tanto técnicos quanto conceituais.

Muitas vezes, os alunos encontram dificuldades em interpretar adequadamente as formas de onda exibidas no osciloscópio, especialmente ao tentar identificar como as mudanças nos parâmetros do sistema afetam as características da onda.

Outro problema surge na calibração do osciloscópio e na compreensão da relação entre o sinal real e a representação visual. A falta de familiaridade com o equipamento e com a interpretação gráfica pode levar a interpretações equivocadas, exigindo uma abordagem pedagógica que integre melhor a teoria com a prática experimental (Knight, 2016).

A música também oferece um campo fértil para o desenvolvimento de situações-problema no ensino de física. A análise de sons musicais, por exemplo, envolve o estudo de frequências, amplitude e período, e oferece uma conexão direta com os conceitos de ondulatória (Pallas-Areny & Webster, 2001).

O uso de Arduino como ferramenta relacionados à música e à física também pode provocar situações-problema devido à necessidade de integrar hardware e software de forma eficiente. A programação dos microcontroladores para gerar ondas sonoras específicas ou para interpretar sinais de áudio pode se mostrar um desafio, especialmente quando os alunos precisam ajustar a frequência de osciladores ou criar efeitos sonoros em tempo real.

Além disso, questões relacionadas à resposta dos sistemas eletrônicos e ao controle de parâmetros como a amplitude e o período podem surgir, obrigando os alunos a revisar os conceitos físicos e a aplicá-los na solução dos problemas práticos que enfrentam (Banzi, 2011).

Outro aspecto que gera situações-problema é a audição e análise das formas de onda geradas por projetos musicais com Arduino. Na tentativa de reproduzir sons específicos, os alunos podem perceber diferenças significativas entre o som gerado e o som esperado, levando-os a investigar as causas dessas discrepâncias. Esse processo envolve tanto a revisão dos conceitos de acústica quanto a compreensão das limitações técnicas do sistema Arduino. A dificuldade em gerar sons puros ou em eliminar interferências eletrônicas pode se transformar em uma situação-problema complexa, que requer a colaboração entre conhecimentos de física, eletrônica e música (Collins, 2014).

Por fim, o trabalho com projetos que envolvem o uso do Arduino em conjunto com a física e a música promove uma aprendizagem ativa, porém pode desencadear uma série de dificuldades imprevistas. Problemas com componentes eletrônicos, incompatibilidades entre sensores e microcontroladores e erros de programação são desafios comuns que forçam os alunos a adotar uma abordagem crítica e colaborativa para solucionar os problemas. Além disso, a interdisciplinaridade entre música, física e tecnologia pode criar situações em que o aluno deve aplicar conhecimentos de diferentes áreas de forma integrada para superar as dificuldades, promovendo um desenvolvimento cognitivo significativo (Papert, 1993).

3.8. As Tarefas do Professor na Proposta da Aprendizagem Significativa

O papel do docente, segundo Ausubel (1968), é proporcionar aos alunos situações concretas que os forcem a mobilizar e desenvolver seus esquemas conceituais para resolver problemas.

No contexto de projetos, como a construção de instrumentos musicais usando Arduino, o professor precisa criar um ambiente que favoreça a exploração de conceitos de frequência, amplitude e período, ao mesmo tempo que oferece apoio durante a interação com o sistema, ajudando os alunos a construir invariantes operatórios que possam ser aplicados em diversos contextos.

Ao trabalhar com a visualização de formas de ondas em osciloscópios, por

exemplo, o professor deve estar atento às dificuldades dos alunos em interpretar os gráficos e conectar a imagem ao conceito de frequência.

Na integração da música com o ensino de física, a atuação do professor se torna ainda mais desafiadora, pois exige uma abordagem interdisciplinar. Utilizando a teoria de Ausubel, o professor deve propor situações em que os alunos sejam estimulados a identificar e resolver problemas práticos, como a calibração de sensores para medir frequências sonoras.

Esses problemas demandam a mobilização de conceitos de ondulatória, ao mesmo tempo que requerem habilidades de programação e eletrônica para ajustar os parâmetros do Arduino. O docente precisa guiar os alunos a identificar quais invariantes operatórios estão em jogo, ajudando-os a transferir esses conceitos entre os domínios da física e da música.

A teoria sugere que os erros são oportunidades para a aprendizagem, pois forçam o aluno a revisar seus esquemas conceituais. O professor, nesse contexto, deve propor desafios progressivos que levem os estudantes a refletir sobre as fontes dos erros e a encontrar soluções por meio de experimentação.

Ao lidar com a programação de microcontroladores para gerar sons musicais específicos, os alunos frequentemente enfrentam dificuldades relacionadas à sintonia fina dos parâmetros de frequência e amplitude.

Aqui, o professor deve atuar como um mediador, conforme os princípios de Vergnaud, ajudando os alunos a identificar os invariantes operatórios que governam a produção de sons.

Propor situações que exijam a modificação contínua desses parâmetros, como a criação de um sintetizador de áudio com o Arduino, pode ser uma maneira eficaz de promover a aprendizagem. O docente deve oferecer suporte quando necessário, mas também permitir que os alunos desenvolvam sua autonomia, ajustando seus esquemas conforme necessário.

Ao trabalhar em projetos complexos que integram física, música e tecnologia, o professor deve criar um ambiente de aprendizagem que promova a construção de conhecimentos transferíveis.

Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quando os alunos conseguem aplicar seus esquemas conceituais em diferentes situações-problema. Nesse sentido, o docente deve apresentar desafios que incentivem os alunos a conectar os conceitos de física à realidade prática de projetos, como o uso de

sensores e atuadores em Arduino, ajudando-os a perceber a aplicabilidade dos conceitos teóricos em novos contextos.

3.9. Impactos no âmbito educacional e social

A consolidação da proposta de abordagem às bases do produto, o hardware com o uso do arduino e com o uso da teoria da aprendizagem significativa para o ensino de física para cursos técnicos, deverá, como expectativa da pesquisa, verdadeiramente atenuar as dificuldades encontradas pelos novos estudantes além de gerar agregadores prévios no processo formativo dos mesmos e proporcionar o conhecimento dos principais perfis dos subsunçores na comunidade de aplicação do trabalho.

Desta maneira, acredita-se na consolidação dos anseios sociais, econômicos e profissionais destes alunos após orientação no processo de ensino com a detecção de subsunçores específicos para a física na sua respectiva área formativa, proporcionando eficácia no processo de aprendizagem desta disciplina, quiçá das que se desdobram em pré-requisitos da mesma, gerando assim aumento de rendimento em toda a sua formação (Bassalobre, 2013).

Contempla-se então uma revisão de literatura sobre as teorias de ensino e aprendizagem, piagetianas e pós-piagetianas, com fins de evidenciar nas mesmas os aspectos objetivos no ensino de física com o viés da proposta da aprendizagem significativa de David Ausubel (2013) de forma a resultar em uma proposta de estratégias para consolidação do ensino a partir da detecção de subsunçores.

Assim, nesse sentido considera-se como uma tendência o uso de ludicidade proporcionada pelo uso do arduino em ambientes educativos para o ensino de física utilizando-se uma modelagem no software (linguagem de programação), ou equivalente³, e com acesso via web através de endereço específico em sítio na rede mundial de computadores de maneira que essa análise de tendências pode facilmente nos remeter ao ensino no aspecto lúdico com o uso da música como mote no processo de ensino.

³ A ser definido em conjunto com o orientador e coorientador no momento de desenvolvimento da mesma.

4. SONOTRIG: Explorando Ondas e Trigonometria com Arduino na Formação de Físicos

4.1. Sonotrig e a proposta de implementação com uso do Arduino

A presente proposta de implementação visa potencializar o ensino de ondas mecânicas no curso de Licenciatura em Física da UNEB, por meio de um dispositivo educacional fechado, pré-configurado e pronto para uso, sem exigir dos estudantes qualquer intervenção técnica, seja em termos de montagem, programação ou ajustes de firmware.

Adota-se o seguinte ícone para a imagem do produto proposto:

Figura 14 Sonotrig



Fonte: (Próprio autor, 2025)

O foco pedagógico recai exclusivamente na exploração dos conceitos físicos, assegurando uma abordagem prática, interativa e alinhada à aprendizagem significativa preconizada por Ausubel (1968).

Para a geração de formas de onda necessárias à experimentação, optou-se pela utilização exclusiva da biblioteca Mozzi, reconhecida por sua flexibilidade, baixo custo e capacidade de síntese de áudio em tempo real no Arduino UNO, sem

necessidade de hardware adicional dedicado à geração de sinais. Essa escolha proporciona diversas vantagens sobre soluções anteriores (como o AD9833), eliminando a complexidade associada à montagem e programação de circuitos externos, além de permitir uma abordagem mais abrangente e adaptável às necessidades didáticas.

O sistema é capaz de gerar formas de onda senoidais, triangulares e quadradas, com controle dinâmico de frequência e amplitude, permitindo aos alunos explorar conceitos fundamentais como frequência, comprimento de onda, amplitude e harmônicos, correlacionando-os à trigonometria e à música.

4.2. O aspecto modular do produto

O hardware modular do dispositivo é composto por:

- Placa de desenvolvimento Arduino UNO R4 (ou R3), equipada com o firmware da biblioteca Mozzi;
- Display OLED 128x64, que fornece ao aluno feedback visual em tempo real sobre o tipo de onda gerada e a frequência ajustada;
- Shield multifunção, contendo um potenciômetro para ajuste de frequência e dois botões push-button, responsáveis pela seleção das formas de onda e pela execução de peças musicais, como a "Primavera" de Vivaldi, empregada como recurso lúdico.

Observação das ondas: Display OLED e Osciloscópio

A visualização das ondas geradas é um aspecto central da proposta, permitindo aos alunos observar os sinais em tempo real diretamente no display OLED, sem depender de instrumentos laboratoriais de alto custo, como osciloscópios. O OLED exibe graficamente a forma de onda selecionada e a frequência, viabilizando o acesso ao conteúdo experimental em ambientes com recursos limitados, democratizando a aprendizagem.

Dessa forma, o dispositivo se apresenta como uma ferramenta completa, que atende diferentes contextos pedagógicos e realidades institucionais, assegurando aprendizagem significativa, interação prática e flexibilidade, sem a necessidade de

investimentos elevados em infraestrutura laboratorial.

4.3. Conjunto de equipamentos utilizadas para cada experimento

O equipamento foi concebido para oferecer um conjunto modular de utilidades, capaz de atender às demandas específicas de cada experimento, promovendo uma experiência didática interativa e acessível.

Os principais componentes integrados incluem, a placa Arduino UNO R4 como plataforma central para a geração e controle dos sinais via biblioteca Mozzi; conforme se observa na Figura 14, a seguir:

Figura 15 Placa de Desenvolvimento Arduino UNO R3



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

O shield multifunção, permitindo a interação direta com o sistema, através de botões push-button para seleção das formas de onda e um potenciômetro para o ajuste da frequência, conforme se observa na Figura 15, a seguir:

Figura 16 Shield Multifunção com Potenciômetro e Push-Buttons



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

E o display OLED 128x64, fundamental para a visualização em tempo real das formas de onda e frequência, substituindo a necessidade de equipamentos de medição sofisticados, como osciloscópios, mas mantendo a possibilidade de uso destes para aprofundamento técnico, conforme se observa na Figura 16, a seguir:

Figura 17 Display de Oled resolução 128x64



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Esse conjunto de utilidades garante uma abordagem prática e eficiente, assegurando que o foco do aluno esteja direcionado à interpretação dos fenômenos físicos, favorecendo o desenvolvimento conceitual e a construção de saberes significativos no estudo de ondas mecânicas e sua relação com a trigonometria e a música.

4.4. Principais aspectos da biblioteca na geração de formas de onda

A biblioteca Mozzi é a única ferramenta adotada para a geração de formas de onda no presente projeto, destacando-se por sua capacidade de síntese de áudio em tempo real e por dispensar a utilização de hardware adicional para esse fim. Essa escolha foi motivada por sua flexibilidade, facilidade de implementação e baixo custo, tornando o sistema mais acessível e aberto a diferentes contextos educacionais.

Principais características:

- Compatibilidade com diversos modelos de Arduino;

- Geração de formas de onda senoidais, triangulares, quadradas, além de ruído branco e outras formas complexas;
- Controle preciso de frequência, amplitude e forma de onda, ajustados por meio de potenciômetro e botões físicos;
- Integração direta com o display OLED, permitindo visualização gráfica das ondas sem a necessidade de equipamentos adicionais;
- Recursos avançados, como modulação, envelopes e filtros, possibilitando uma ampla gama de experimentações.

A adoção exclusiva da Mozzi reforça o caráter prático, acessível e flexível do projeto, oferecendo uma experiência de aprendizagem rica e significativa, em consonância com os princípios pedagógicos de Ausubel (1968), que valorizam a conexão entre teoria e prática como base para a construção do conhecimento.

A biblioteca Mozzi foi escolhida como única ferramenta de geração de formas de onda para este projeto educacional, dada sua eficiência, flexibilidade e simplicidade de implementação no Arduino UNO. Capaz de produzir ondas senoidais, triangulares e quadradas, além de ruídos e formas mais complexas, a Mozzi permite o controle preciso de frequência e amplitude, totalmente por software, eliminando a necessidade de circuitos adicionais ou componentes externos.

Essa escolha proporciona diversas vantagens pedagógicas e técnicas, tais como:

- Redução de custos do projeto, tornando-o mais acessível a diferentes contextos institucionais;
- Menor complexidade de montagem, facilitando a manutenção e garantindo a confiabilidade do sistema;
- Flexibilidade ampliada, possibilitando ajustes dinâmicos via código e uma maior variedade de experimentações;
- Integração direta com o display OLED, permitindo a visualização gráfica em tempo real das formas de onda, sem depender de instrumentos como osciloscópios.

Dessa forma, a Mozzi oferece um ambiente altamente adaptável às demandas de ensino de física ondulatória, possibilitando aos alunos explorar

conceitos fundamentais como frequência, amplitude, fase e harmônicos de maneira prática, interativa e sensorial. A geração de formas de onda, aliada à visualização em tempo real no display OLED, permite uma interpretação mais acessível dos fenômenos, garantindo que recursos laboratoriais caros não sejam um impeditivo para a experimentação.

Ainda assim, para instituições que disponham de osciloscópios, o sistema mantém a possibilidade de conectar o sinal gerado ao instrumento, proporcionando uma experiência complementar, onde os estudantes podem praticar a manipulação de equipamentos laboratoriais, aprofundando a análise gráfica dos sinais e ampliando o desenvolvimento de competências técnicas.

Esse ambiente híbrido entre acessibilidade e profundidade técnica reforça a proposta de uma aprendizagem significativa, conforme defendido por Ausubel (1968), pois conecta teoria e prática de forma direta, favorecendo a construção sólida do conhecimento.

4.5. A geração de ondas senoidais e a teoria de Ausubel

A geração de formas de onda senoidais, triangulares e quadradas, viabilizada pela biblioteca Mozzi, facilita a compreensão dos conceitos fundamentais da física ondulatória, permitindo que os alunos visualizem e interajam com sinais reais. Essa prática possibilita a exploração de diferentes aplicações, como sistemas de comunicação e sensores, ampliando o contexto de aprendizagem.

Conforme a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968), o aprendizado ocorre de forma mais efetiva quando o novo conhecimento é relacionado aos conceitos previamente adquiridos, facilitando a integração cognitiva e promovendo compreensão duradoura. O uso da Mozzi, aliado ao Arduino UNO, cria essas conexões ao transformar conceitos abstratos em experiências concretas, através da audição, visualização no OLED e, quando possível, análise gráfica via osciloscópio.

Além disso, o Arduino UNO proporciona um ambiente de fácil acesso, permitindo a replicação do experimento em diferentes contextos laboratoriais. Segundo Edstrom (2016), a utilização de plataformas acessíveis como o Arduino estimula a aprendizagem colaborativa, onde os alunos testam e exploram em tempo real, favorecendo a autonomia e o desenvolvimento crítico.

O sistema permite que os alunos:

- Seleccionem o formato da onda (SINE, TRIANGLE, SQUARE1, SQUARE2 ou PAUSA) por meio de botões físicos (BTN2);
- Ajustem a frequência das ondas usando o potenciômetro;
- Ativem a execução de músicas, como a "Primavera" de Vivaldi, utilizando o BTN1, promovendo uma experiência lúdica e sensorial que enriquece o processo de aprendizagem.

Essa abordagem prática e experimental integra a contextualização dos conteúdos teóricos, promovendo um aprendizado que vai além da memorização. Com a Mozzi e o Arduino UNO, os conceitos abstratos da ondulatória tornam-se visíveis, audíveis e manipuláveis, reforçando a aprendizagem significativa e a autonomia dos estudantes.

4.6. Ferramentas usadas no Sonotrig

O circuito apresentado é um esquema eletrônico envolvendo o uso de um Arduino (ARD1), um display LCD (LCD1), um potenciômetro (RV1), um Filtro RC (FRC) e um alto-falante (LS1).

Vamos analisar as principais partes e suas funções, conforme apresentado no Quadro 7, a seguir:

Quadro 7 Principais partes do circuito e suas funções

Parte	Função
Arduino (ARD1)	Arduino (ARD1): O coração do circuito, um microcontrolador usado para controlar o comportamento dos outros componentes. O Arduino está conectado a diversos pinos que interagem com os outros elementos do circuito.
Display LCD (LCD1)	Conectado ao Arduino, este display provavelmente é usado para mostrar informações ao usuário, como status ou valores medidos pelo sistema.
Potenciômetro (RV1)	Um resistor variável que está sendo usado para ajustar o volume do som no alto-falante, conforme indicado pelo seu controle conectado ao amplificador operacional.

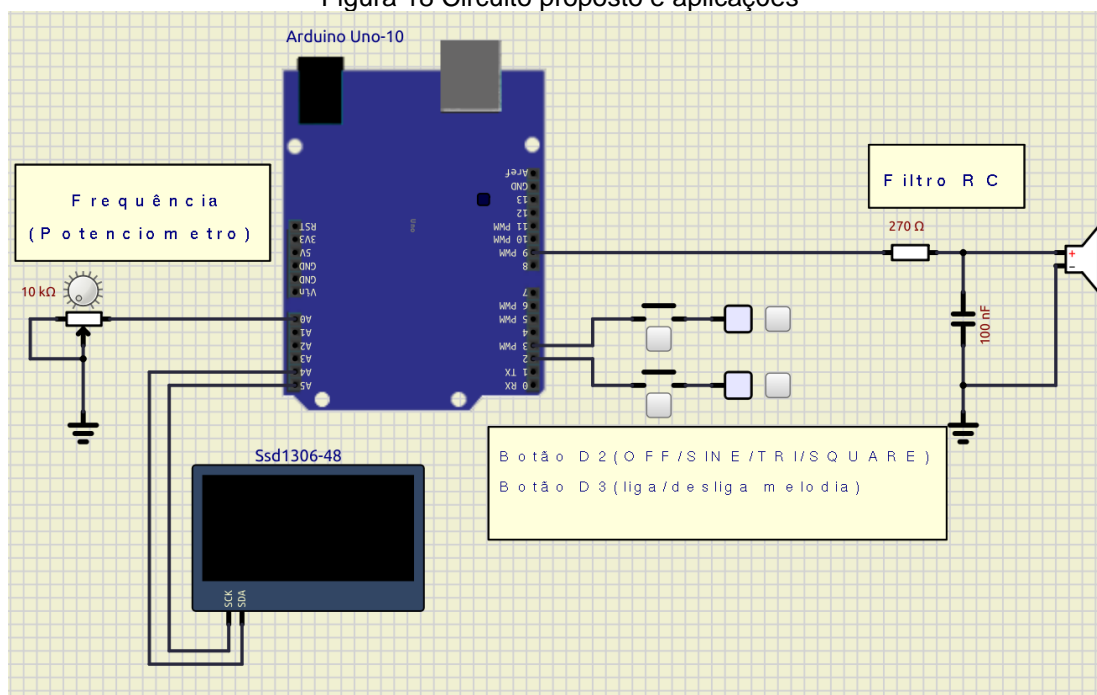
Parte	Função
Filtro RC (FRC1)	Um circuito para saída PWM requer apenas dois componentes: um resistor de 270Ω (ou valor semelhante) e um capacitor de $0,1\mu\text{F}$ (100nF), que juntos funcionam como um filtro RC simples
Alto-falante (LS1)	Onde o som é finalmente emitido. O alto-falante é alimentado pelo sinal amplificado que vem do amplificador operacional.

Fonte: (Próprio autor, 2025)

Este tipo de circuito pode ser usado para diversas aplicações, incluindo projetos educacionais, prototipagem de produtos eletrônicos, ou como parte de um sistema mais complexo que necessite de interação áudio-visual com um usuário.

O circuito proposto como produto da pesquisa é:

Figura 18 Circuito proposto e aplicações



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Na Figura 18, observa-se o osciloscópio utilizado como instrumento complementar para a análise das formas de onda geradas pelo dispositivo educacional. Embora não seja essencial para o funcionamento do experimento - uma vez que o sistema já disponibiliza a visualização gráfica em tempo real no display OLED -, o osciloscópio pode ser empregado para aprofundar a experiência prática, especialmente em ambientes laboratoriais mais equipados, permitindo que os alunos manipulem e analisem sinais elétricos variáveis no tempo de maneira mais

técnica e detalhada.

O osciloscópio é um instrumento de teste eletrônico fundamental em processos de análise e diagnóstico de sinais, oferecendo uma representação gráfica das oscilações de tensão ao longo do tempo, geralmente exibidas como formas de onda. Ele desempenha um papel importante em diversas áreas, como laboratórios de eletrônica, pesquisa e desenvolvimento, manutenção e reparo, além de ser amplamente utilizado em ambientes educacionais para o ensino de eletrônica e física.

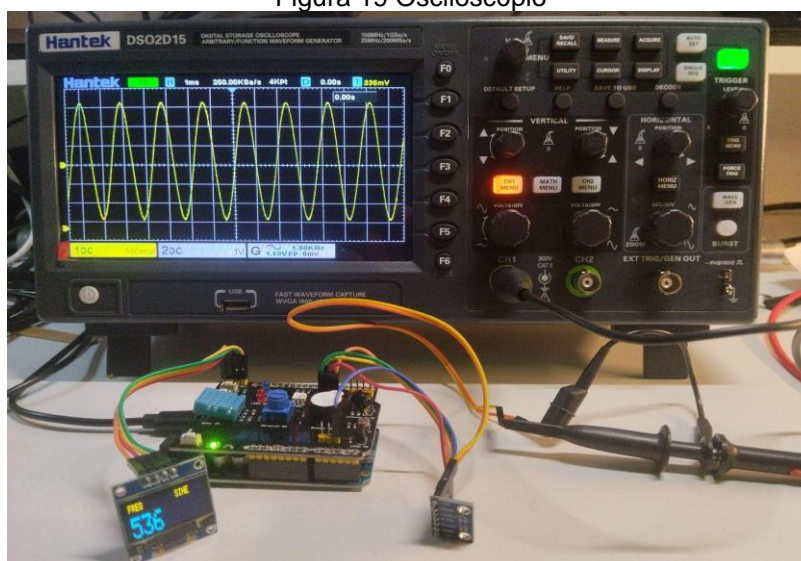
Entre os principais componentes do osciloscópio, destacam-se:

- A tela, onde o gráfico do sinal elétrico é apresentado, com o eixo horizontal representando o tempo e o eixo vertical representando a tensão;
- A base de tempo, circuito responsável por controlar a velocidade com que o sinal é desenhado, permitindo ajustar a visualização em diferentes escalas de tempo;
- O amplificador vertical, que regula a escala de tensão do sinal, possibilitando a exibição adequada tanto de sinais de baixa quanto de alta tensão;
- O gatilho (trigger), sistema que estabiliza sinais repetitivos, sincronizando o início da varredura da tela com um ponto específico do sinal, garantindo uma imagem estável e facilitando a análise;
- Os controles de ajuste, que permitem configurar a posição horizontal e vertical, foco e intensidade da tela, adequando a visualização às necessidades do usuário.

Embora o display OLED do dispositivo educacional proporcione uma visualização gráfica clara e acessível das ondas geradas, o uso opcional do osciloscópio amplia a riqueza da experiência pedagógica, permitindo uma análise mais detalhada das formas de onda e incentivando o desenvolvimento de competências instrumentais.

Essa possibilidade de integração entre diferentes níveis de recursos reforça o caráter flexível e adaptável do projeto, assegurando que contextos educacionais diversos possam se beneficiar da proposta, promovendo aprendizagem significativa com ou sem o uso de instrumentos avançados.

Figura 19 Osciloscópio



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

4.7. Sonotrig: descrição e uso

Pretende-se assim, com esta abordagem, promover uma aprendizagem significativa, e, para isso, utilizaremos questionários para receber feedbacks dos alunos. Esses questionários serão fundamentais para sondar dificuldades existentes, identificar desafios enfrentados e colher sugestões de melhorias para o projeto.

Este dispositivo, além de gerar ondas senoidais, triangulares e quadradas utilizando a biblioteca open-source Mozzi, exibe suas respectivas formas de onda em um display OLED.

Ele também permite representar propriedades físicas e matemáticas fundamentais das ondas, como período, frequência e amplitude. Dessa forma, os alunos podem observar visualmente, no display, como a variação do período está associada à frequência ($f = 1/T$), além de perceber auditivamente como essas mudanças influenciam o tom sonoro. Essa abordagem reforça a conexão entre a teoria e a prática, facilitando o entendimento conceitual.

Outro diferencial do projeto é a participação ativa dos alunos na montagem do dispositivo, dentro de uma abordagem maker. Essa etapa prática estimula o engajamento, a curiosidade e o aprendizado prático, consolidando os conceitos teóricos por meio da experimentação e construção.

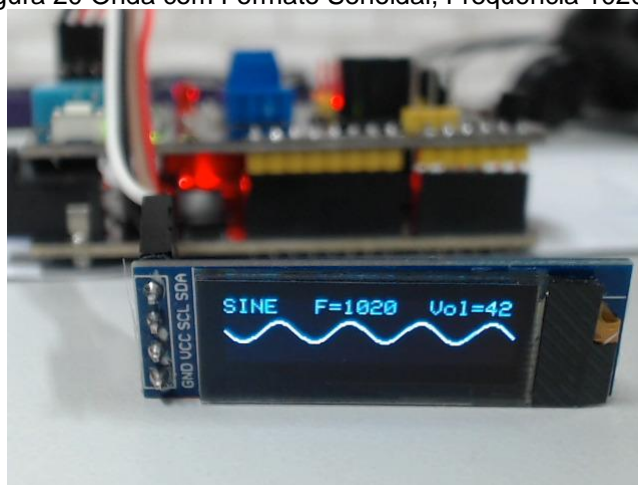
Adicionalmente, o dispositivo permite que os alunos explorem diferentes frequências para cada tipo de onda. Por exemplo, nas figuras que serão analisadas,

são exibidas duas frequências distintas para cada forma de onda: senoidal (Figuras 19 e 20), triangular (Figuras 21 e 22) e quadrada (Figuras 23 e 24). Essa exploração reforça o entendimento da relação entre frequência e características sonoras, como o tom, além de ilustrar como os conceitos de período e frequência se aplicam na prática.

As ondas senoidais exibidas nas Figuras 18 e 19 representam o tipo mais básico e suave de oscilação periódica. Matematicamente, elas são descritas pela função $y(t)=A \cdot \sin(2\pi ft+\phi)$, onde A é a amplitude, f é a frequência, t é o tempo e ϕ é a fase.

A seguir, apresentarei uma descrição detalhada das figuras mencionadas, destacando as diferenças entre os tipos de onda em termos de propriedades sonoras e matemáticas, bem como a análise da Figura 20, que representa a visualização das ondas durante a execução musical.

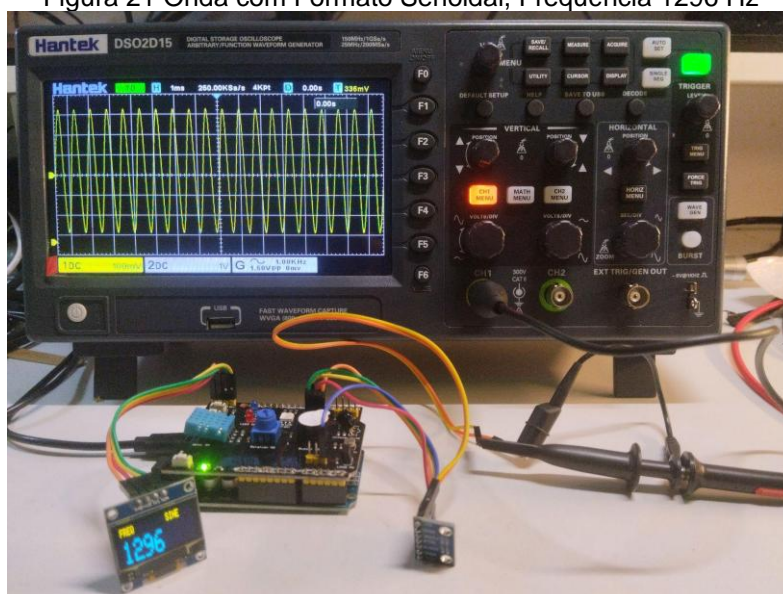
Figura 20 Onda com Formato Senoidal, Frequência 1020 Hz



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Na Figura 21, a frequência é mais baixa, o que resulta em uma menor quantidade de ciclos por segundo, gerando um tom grave. Já na Figura 20, com uma frequência maior, os ciclos são mais compactos, resultando em um tom agudo. Este contraste permite que os alunos compreendam a relação direta entre frequência e tonalidade.

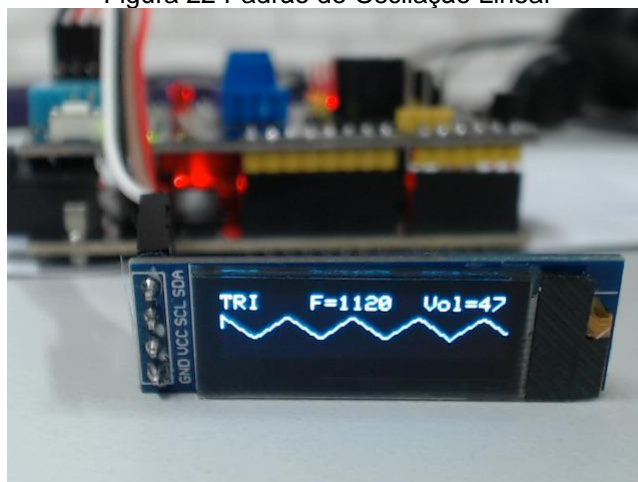
Figura 21 Onda com Formato Senoidal, Frequência 1296 Hz



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

As ondas triangulares, mostradas nas Figuras 21 e 22, apresentam um padrão de oscilação linear, onde a amplitude aumenta e diminui de forma linear.

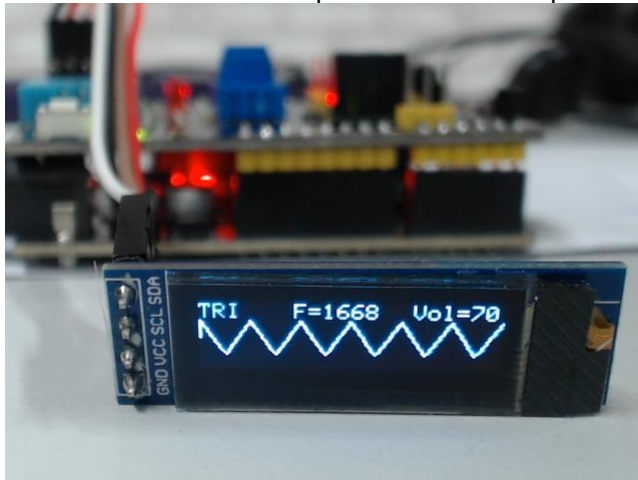
Figura 22 Padrão de Oscilação Linear



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

A equação matemática que descreve esse tipo de onda é mais complexa e geralmente expressa em termos de séries de Fourier. Na Figura 21, a frequência mais baixa apresenta ciclos maiores e mais espaçados, enquanto na Figura 22, os ciclos são mais compactos devido à frequência elevada. Sonoramente, as ondas triangulares têm um timbre mais "áspero" do que as senoidais, devido à presença de harmônicos ímpares em suas frequências.

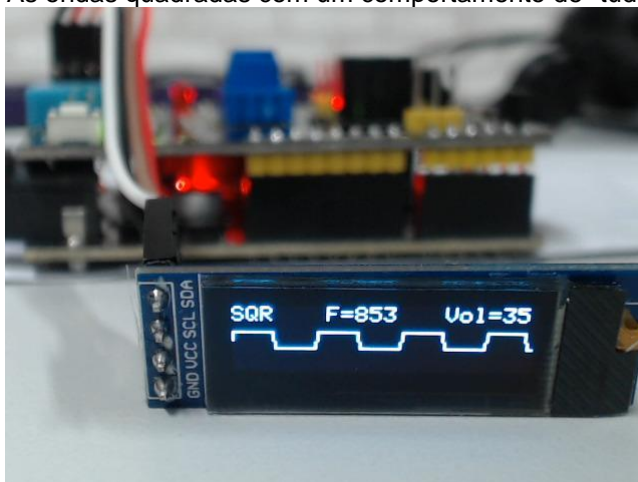
Figura 23 Os ciclos são mais compactos devido à frequência elevada



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

As ondas quadradas exibidas nas Figuras 23 e 24 têm um comportamento de "tudo ou nada", alternando rapidamente entre valores altos e baixos.

Figura 24 As ondas quadradas com um comportamento de "tudo ou nada"

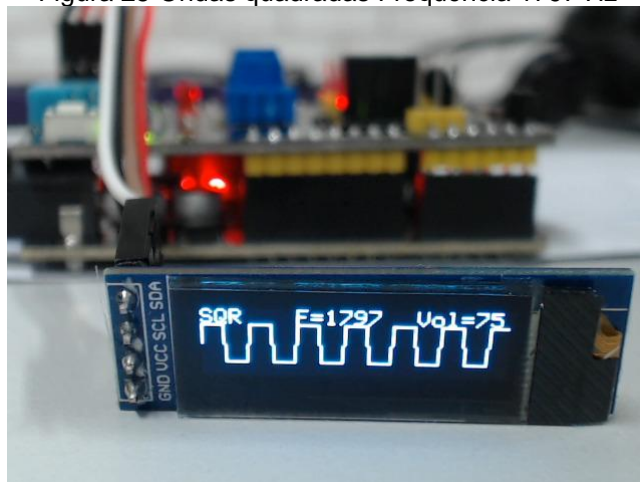


Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Sua equação pode ser representada como uma soma infinita de senos (série de Fourier), predominando os harmônicos ímpares. Na Figura 23, a frequência mais baixa resulta em alternâncias mais lentas, enquanto na Figura 24, o aumento da frequência acelera essas alternâncias.

O som gerado por ondas quadradas é bastante característico e "metálico", devido à forte presença de harmônicos.

Figura 25 Ondas quadradas Frequência 1797 Hz



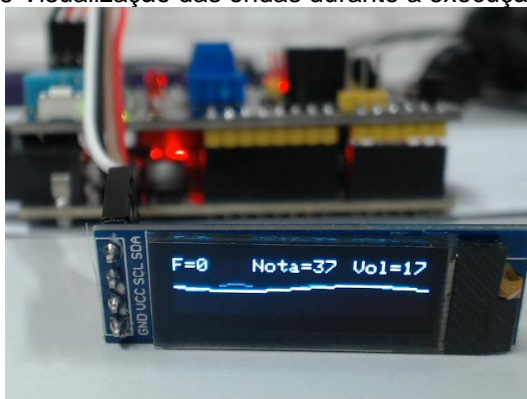
Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Além dessas funcionalidades, o dispositivo é capaz de executar a música "Spring", de Vivaldi. Durante a execução, as mudanças no padrão de onda são exibidas em tempo real no display, permitindo que os alunos observem como as propriedades da onda se alteram conforme a música progride. Essa funcionalidade é ilustrada na Figura 25.

Importante considerar que a Figura 25 ilustra a execução da música "Spring" de Vivaldi, onde as mudanças no padrão de onda são exibidas dinamicamente no display.

Cada alteração no padrão reflete a variação de intensidade e frequência na música, permitindo aos alunos visualizar como a composição afeta as propriedades da onda. Este recurso conecta a música à ciência, tornando a experiência mais envolvente e significativa para os alunos.

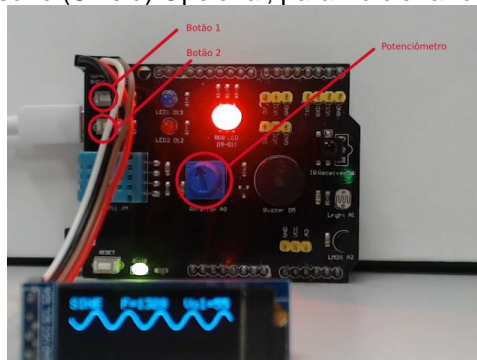
Figura 26 Visualização das ondas durante a execução musical



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

A Figura 26 tem-se um acessório (Shield) opcional, para adicionar de forma simples, dois botões de pressão (Botão 1 e Botão 2) e um potenciômetro.

Figura 27 Acessório (Shield) Opcional, para Adicionar de Forma Simples



Fonte: (Próprio Autor, 2025)

O Botão 1, foi programado para mudar as formas de onda e o Botão 2 para iniciar a melodia de Vivaldi. O potenciômetro foi programado para alterar a frequência (a frequência das ondas sonoras geradas).

Script Python que transcreve notas de uma música midi (score.mid) em uma sequência de dados que pode ser armazenada e executada pelo arduino, como pode-se observar na Figura 28:

Figura 28 Modo programação da MidiFile

```
from mido import MidiFile

# Abra o arquivo MIDI
midi_file = MidiFile('score.mid')

# Defina a velocidade de reprodução (ajuste conforme necessário)
velocidade = 100

# Defina a função para converter uma nota em frequência
def nota_para_frequencia(nota):
    return 440 * (2 ** ((nota - 69) / 12))

# Inicialize uma lista para armazenar as notas e durações no formato de struct
melodia = []

# Percorra as faixas do arquivo MIDI
for i, track in enumerate(midi_file.tracks):
    for msg in track:
        if msg.type == 'note_on':
            # Obtenha a nota e a duração
            nota = msg.note
            duracao = msg.time * velocidade

            # Converta a nota para frequência
            frequencia = int(nota_para_frequencia(nota))

            # Divida a duração por 100
            duracao /= 100

            # Arredonde a duração para o inteiro mais próximo
            duracao = int(duracao)

            # Adicione a nota e a duração à lista no formato de struct
            melodia.append({"frequencia": frequencia, "duracao": duracao})

# Imprima a lista no formato desejado
print("struct Nota {")
for nota in melodia:
    print(f"    {{ {nota['frequencia']}, {nota['duracao']} }},")
print("}")

# Agora você pode copiar a saída e usá-la no seu código Arduino
```

Fonte: (Próprio Autor, 2025)

O protótipo educacional desenvolvido neste projeto utiliza o Arduino Uno em conjunto com a biblioteca MOZZI, que atua como gerador de formas de onda baseado em software (PWM), permitindo a variação de frequências e formas de onda com o auxílio de uma placa multifunção (→shield, ou seja, trata-se de placa de expansão).

Esse protótipo proporciona uma ferramenta prática, interativa e acessível para o ensino de conceitos de física, especialmente no âmbito do laboratório de ondulatória (Edstrom, 2016).

Através do potenciômetro presente na placa multifunção, os alunos podem variar a frequência de saída das ondas, alterando diretamente o comportamento da onda visualizada em tempo real no display OLED e, simultaneamente, ouvida através de um pequeno amplificador de áudio.

Essa manipulação direta permite que os estudantes compreendam conceitos fundamentais como a frequência sonora e sua relação com o tom percebido, além de como esses parâmetros influenciam a propagação das ondas no meio, conectando de forma concreta a teoria à prática.

Conforme os princípios da aprendizagem significativa de Ausubel (1968), essa interação direta com o fenômeno facilita a construção duradoura do conhecimento, permitindo que os alunos relacionem novos conceitos às estruturas cognitivas pré-existentes.

Além da variação de frequência, o protótipo possibilita a mudança da forma de onda por meio de um botão na placa multifunção, alterando assim o timbre do som emitido. A biblioteca MOZZI, controlada pelo Arduino Uno, gera formas de onda senoidais, triangulares e quadradas, permitindo que os estudantes observem e ouçam como o timbre depende diretamente da forma da onda escolhida (Edstrom, 2016).

O timbre, como propriedade sonora relacionada às características espectrais da onda, diferencia sons que possuem a mesma frequência fundamental, mas diferentes harmônicos ou sobretons. Essa compreensão é essencial para o estudo das ondas sonoras, pois aprofunda a percepção das diferentes nuances que compõem os sons.

A visualização das formas de onda ocorre principalmente no display OLED, que apresenta, de forma clara e acessível, as informações sobre forma e frequência da onda. Essa solução garante que instituições com recursos limitados possam

usufruir plenamente do experimento, sem necessidade de instrumentos laboratoriais sofisticados.

Contudo, para laboratórios que possuam osciloscópios, o sinal gerado pode ser conectado ao equipamento, possibilitando uma análise gráfica mais detalhada, ampliando a experiência educacional e permitindo que os alunos desenvolvam competências instrumentais ao explorar conceitos como amplitude, frequência e comprimento de onda de maneira mais técnica.

Essa dupla abordagem - visualização via OLED e análise opcional via osciloscópio - assegura a flexibilidade do protótipo, promovendo aprendizagem significativa tanto em contextos com infraestrutura básica quanto em laboratórios mais equipados.

Outro aspecto relevante é a integração com a música "Spring" de Vivaldi, que pode ser reproduzida ao pressionar um segundo botão na placa multifunção. Essa funcionalidade permite que os alunos percebam as variações no timbre da música ao serem aplicadas diferentes formas de onda, enriquecendo a compreensão sobre a relação entre forma de onda, timbre e percepção auditiva.

Ao conectar teoria, prática e experiência sensorial, o protótipo proporciona uma abordagem interdisciplinar, integrando som, música e eletrônica em um ambiente altamente interativo. A possibilidade de ajustar parâmetros como frequência e forma de onda, associada à representação visual das ondas e à percepção auditiva, cria uma experiência educacional rica e envolvente, que favorece a retenção do conhecimento e estimula a curiosidade científica dos alunos.

De acordo com Ausubel (1968), o aprendizado torna-se mais eficaz quando os estudantes percebem a utilidade do conhecimento e conseguem relacioná-lo às experiências anteriores, garantindo uma construção sólida e significativa do saber.

5. APLICAÇÕES DE CONTEÚDOS, DA TÉCNICA E USO DO “SONOTRIG”

5.1. Ações preliminares á coleta de dados e aplicação do produto

Algumas ações preliminares ao processo de coleta necessitam de registro prévio, a exemplo da tabulação e discussão dos dados, além do que já foi posto nessa dissertação, ou seja, além da descrição de texto de aproximação, hipóteses, questão norteadora, objetivos, geral e específicos, e revisão de literatura; trata-se então dos registros de cumprimento ás demandas elencadas no cronograma de execução da pesquisa, que encontra-se evidenciado no Apêndice A, além dos descritivos ao produto, ou seja, do Sonotrig, como aplicação do arduino como gerador de ondas usando o Ad9833, que encontra-se bem posto no Apêndice B, aliado com o TCLE, na sua versão 1 e 2, verificando-se no Apêndice C, e os respectivos questionários de pesquisa, em pré-teste e pós-teste, bem postos nos Apêndices D e E, respectivamente.

Complementarmente deve-se registrar também a aplicação prévia da Declaração de Concordância com o Desenvolvimento do Projeto de Pesquisa, vistos no Apêndice F, o termo de inscrição do CONEP, Apêndice G, e o TCLE, na sua versão 2, bem como o termo de confidencialidade, Apêndice I, o termo de compromisso do pesquisador, Apêndice J, e, os questionários respondidos, em pré-teste e pós-teste, arrumados por aluno e nessa sequência, postos de forma arrumada dessa maneira no Apêndice L.

Importante também registrar que o produto foi devidamente patentado, em registo específico no Instituto Nacional de Patentes Industriais (INPI), conforme evidencia-se no Apêndice M, além do que fato de que o respectivo Colegiado de Curso da Licenciatura em Física autorizou a aplicação de entrevistas na turma do Prof. Paulo Ramos, o decano da casa, na qual, nessa oportunidade agradecemos imensamente á sua pronta disponibilidade e total colaboração, conforme evidencia-se, em registro na Foto 1.

Merece também considerar que toda a pesquisa acaba por gerar produção em revista indexada com análise por pares ás cegas na qualificação CAPES B3, denominada de “Revista Aurum Revista Multidisciplinar”, com sede em Curitiba, no

Paraná em artigo intitulado “A Práxis Docente e o Arduino: Contribuições para o Ensino de Física”.

Foto 1 Autor e o Prof. Paulo Ramos (direita) antes da aplicação dos questionários



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Dessa forma a documentação do registro de patentes encontra-se no Apêndice M, e a autorização para aplicação de entrevistas, Apêndice N e a carta de aceite e capa do artigo publicado, Apêndice O.

5.2. Procedimentos de coleta de dados

O procedimento de coleta de dados ocorreu no dia 26 de novembro de 2025, às 19 horas, na sala de aula número 1, do PAM (Pavilhão de Aulas Multidisciplinar) do Campus I, da Universidade Estadual da Bahia, Campus I, Salvador, Bahia, em aula e inserção de aula ministrada pelo Prof. Paulo Ramos, o decano do curso.

A pesquisa foi realizada com uma turma de alunos do início do curso de Licenciatura em Física, preferencialmente com características semelhantes de origem de formação de escolas de origem, normalmente de escolas públicas, com o perfil socioeconômico parecido e com faixa etária e conteúdos trabalhados em uniformidade.

Como instrumento de coleta de dados tem-se dois questionários que vão ser aplicados de forma estruturada e validados, sendo um aplicado antes (pré-teste) e outro após (pós-teste) a intervenção didática.

Com isso a estrutura de cada questionário deve conter: Parte I, Dados sociodemográficos e acadêmicos; Parte II, com questões de múltipla escolha e/ou escala Likert sobre: conhecimentos prévios em Trigonometria e Ondas Sonoras (no pré-teste); percepções sobre o processo de aprendizagem (no pós-teste); motivação,

engajamento, clareza didática, aplicabilidade do conteúdo (ambos); e satisfação com a metodologia utilizada (apenas no pós-teste da TE); onde opta-se por adotar a escala tipo Likert de 5 pontos.

Os procedimentos de aplicação perpassam por uma breve apresentação do produto, o Sonotrig, e suas funções no processo educatigo, com a sua ilustração de aplicação, Foto 2, a seguir:

Foto 2 Apresentação do Sonotrig



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Após a apresentação breve do produto aplica-se, de imediato e em ato contínuo, o Pré-teste, aplicado preliminarmente às explicações dos conteúdos, conforme documentado na Foto 3, a seguir:

Foto 3 Aplicação do Pré-teste



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Importante registrar que a aplicação imediata do pré-teste está baseada no fato de que os conteúdos de trigonometria são obrigatórios no ensino médio, e, dessa

forma, teoricamente, todos já deveriam dominar esses tópicos, o que, de fato, não ocorre devido uma série de fatores associados, a exemplo a complexidade atribuída a esses conteúdos, a falta de cumprimento dos programas na sua integralidade, em especial por parte da escola pública e também às reais demandas de estudo dos alunos no ensino médio.

Esse cenário contribui significativamente para o desconhecimento desses conteúdos mesmo para alunos do curso de Licenciatura em Física, que seria um curso em foco devido à sua área de atuação, o que indica o fato de que, em geral, os alunos já têm algum conhecimento prévio do conteúdo mas, de fato, não o dominam por completo, e, isso possibilita a medição desses conhecimentos prévios com a aplicação do pré-teste.

Isso posto, merece também considerar que, após a aplicação do pré-teste ocorreu explanação mais detalhada dos conteúdos com demonstração continuada com o uso do produto, o Sonotrig, conforme verifica-se na Foto 4 e 5, a seguir:

Foto 4 Breve explicação teórica sobre trigonometria e ondas sonoras



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Importante também registrar que a explanação foi teórica e a apresentação do produto ocorreu de forma prática, com todos mais próximos ao Sonotrig para acompanhar o seu uso, forma de funcionamento e composição constitutiva e demais funcionalidades embarcadas na estrutura.

Foto 5 Demonstração do uso do Sonotrig



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Merece também o registro da curiosidade explícita dos alunos no processo de associação e que fortemente contribui para formação de agregadores prévios na construção de sub-sunçores consubstanciando, de forma densa, os conteúdos, suas aplicações e propriedades, conforme registra-se nas Fotos 6, 7 e 8, a seguir:

Foto 6 Registro de atenção de todos, inclusive o Professor da disciplina



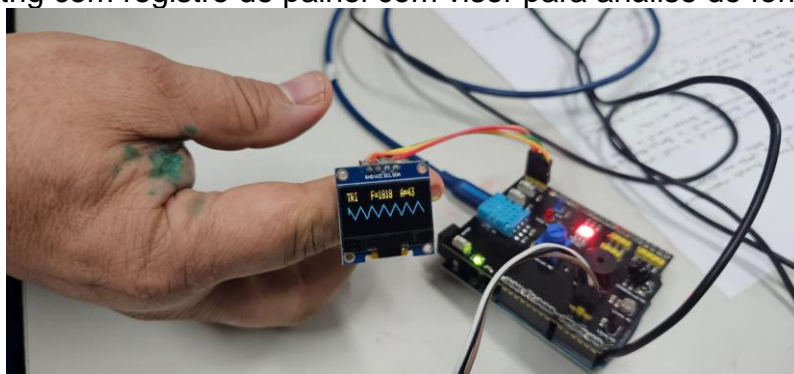
Fonte: (Próprio autor, 2025).

Foto 7 Sonotrig rapidamente desmontado para sanar curiosidades de composição



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Foto 8 Sonotrig com registro de painel com visor para análise do formato de onda



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Registro de funcionamento completo, nas Fotos 9 e 10, a seguir:

Foto 9 Pleno funcionamento com demonstrações do formato de onda e sons associados



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Foto 10 Visão superior com indicativo de atenção completa da turma

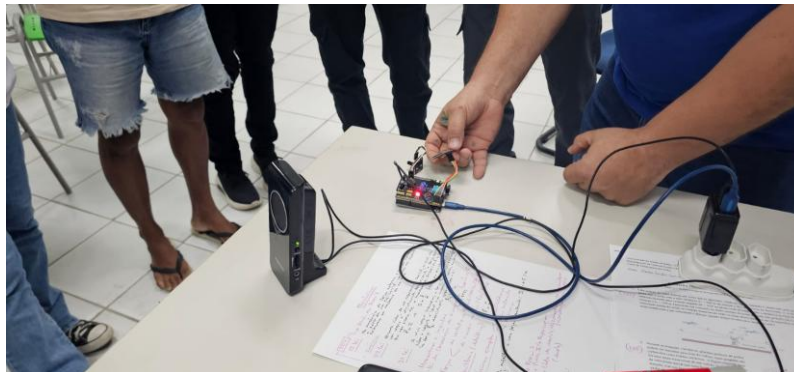


Fonte: (Próprio autor, 2025).

Merece o registro de que as explicações não se restringiram às associações das ondas sonoras, trigonometria e música, mas também, a pedidos da turma, sobre

o funcionamento do próprio produto, o Sonotrig, conforme se observa na Foto 11 12, a seguir:

Foto 11 Demonstrativo de funcionamento interno do Sonotrig



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Foto 12 Demonstrativo de funcionamento interno do Sonotrig



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Assim, após os demonstrativos com explicações tradicionais, na proposta ausubeliana, e demonstrativo com o produto, o Sonotrig, os questionários de pós-teste foram aplicados, conforme se verifica na Foto 13 e 14, a seguir:

Foto 13 Distribuição e aplicação do pós-teste



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Foto 14 Aplicação do pós-teste



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Feito esse processo a análise dos dados procede-se de forma híbrida, ou seja, de forma qualitativa e quantitativa, descritiva e inferencial, envolvendo: Cálculo de médias, desvios-padrão e frequências absolutas e relativas para os itens do questionário, teste t para amostras independentes ou Mann-Whitney U, para comparar os escores no pós-teste, teste t pareado (ou Wilcoxon) para medir o ganho entre pré e pós-teste em cada grupo juntamente com a análise de correlação de Spearman ou Pearson para verificar associação entre variáveis como motivação e desempenho, pois, segundo Marconi e Lakatos (2017), esse tipo de análise permite "relacionar quantitativamente os efeitos de uma intervenção pedagógica em populações reais" (p. 194).

5.3. Definição dos tipos de testes estatísticos utilizados na análise dos dados

5.3.1. Teste t pareado

A fim de verificar se as diferenças observadas entre os escores do pré-teste e do pós-teste foram estatisticamente significativas, aplicou-se o **teste t pareado**, que é devidamente apropriado para comparar duas medidas obtidas junto aos mesmos participantes, em momentos distintos.

Como afirmam Field (2009) e Triola (2019), o teste t para amostras dependentes avalia se a média das diferenças entre os dois conjuntos de medidas é significativamente diferente de zero, indicando, portanto, a presença de um efeito da intervenção pedagógica.

Merece considerar que, no contexto desta pesquisa, cada dimensão avaliada (trigonometria, ondas sonoras, percepção de dificuldade, interesse e tecnologia,

aprendizagem prática e significativa, relações música-matemática-ondas) foi analisada por meio da diferença entre o valor do pós-teste e o correspondente valor do pré-teste para cada um dos 12 estudantes.

Em seguida, calculou-se a média das diferenças, o desvio padrão e o valor da estatística *t* para cada dimensão, conforme recomendações metodológicas presentes em Marôco (2014).

Os resultados indicaram **ganhos positivos em todas as dimensões**, com destaque para **Ondas Sonoras**, cuja diferença média foi de aproximadamente +1,3 pontos na escala Likert, e para **Interesse/Tecnologia**, com ganho médio de +1,3 pontos. A dimensão **Percepção de Dificuldade**, por sua vez, apresentou diferença média negativa (aproximadamente -1,8), o que, nesta escala inversa, representa melhora - isto é, redução da sensação subjetiva de dificuldade após a intervenção.

A estatística *t* calculada para cada eixo do instrumento demonstrou valores elevados, compatíveis com a existência de diferenças sistemáticas entre os escores antes e depois da sequência didática.

Adicionalmente, observou-se que:

- Em **todas as dimensões**, mais de 90% dos estudantes apresentaram valores de diferença positivos (ou negativos no caso da escala inversa), sugerindo um **benefício uniforme da intervenção**, e não restrito a um subgrupo.
- Nenhum estudante apresentou queda global em sua média individual de aprendizagem; todos os 12 estudantes exibiram algum grau de progresso.
- A redução da percepção de dificuldade apresentou uma das estatísticas *t* mais expressivas, reforçando a hipótese de que abordagens experimentais e multimodais reduzem barreiras afetivo-cognitivas comuns no ensino de Física, como já discutido por Moreira (2017) à luz da teoria da aprendizagem significativa.

Dessa forma, o teste *t* pareado sustenta quantitativamente a interpretação de que a proposta Sonotrig não apenas ampliou o domínio conceitual dos estudantes, mas também reduziu percepções negativas associadas ao conteúdo, aumentou o interesse e favoreceu a integração significativa entre Matemática, Física e música - aspectos já evidenciados nas análises descritivas e qualitativas.

5.3.2. Análises estatísticas não paramétricas (teste de Wilcoxon)

Embora o teste t pareado forneça uma análise robusta para a comparação entre medidas obtidas antes e depois da intervenção, ele assume que a distribuição das diferenças seja aproximadamente normal (FIELD, 2009; TRIOLA, 2019).

Para garantir que as conclusões não dependam dessa suposição paramétrica, aplicou-se também o **teste de postos sinalizados de Wilcoxon**, apropriado para amostras pequenas e para distribuições assimétricas, conforme recomendam Marôco (2014) e Conover (1999).

O teste de Wilcoxon avalia, essencialmente, se as diferenças entre duas medições relacionadas apresentam tendência sistemática de aumento ou diminuição. Sua vantagem reside no fato de não depender da média e do desvio padrão, mas da **ordem dos valores** e dos **sinais das diferenças**, o que o torna mais robusto frente a assimetrias, valores discrepantes ou escalas ordinais - como é o caso da escala Likert utilizada nesta pesquisa.

Assim como na análise paramétrica, a aplicação do Wilcoxon foi realizada para cada uma das dimensões avaliadas: conhecimentos de trigonometria, ondas sonoras, percepção de dificuldade, interesse/tecnologia, aprendizagem prática e significativa, e relações entre matemática-música-ondas.

Para todas elas, o resultado convergiu com o obtido pelo teste t: observou-se **predomínio inequívoco de diferenças positivas**, com mais de 90% dos participantes exibindo melhoria em cada dimensão (ou redução, no caso da dificuldade percebida, cujo sentido é inverso).

Dado o padrão uniforme de progresso, o teste de Wilcoxon mostrou deslocamento significativo da distribuição de diferenças para valores positivos, indicando que o pós-teste apresenta, de maneira consistente, valores superiores ao pré-teste. Esse resultado é compatível com o que Siegel e Castellan (1988) descrevem como “evidência forte de mudança sistemática” em intervenções educacionais.

5.3.3. Interpretação conjunta dos testes t e Wilcoxon

A aplicação simultânea dos testes **t pareado (paramétrico)** e **Wilcoxon (não paramétrico)** oferece uma validação cruzada dos resultados, proporcionando maior

segurança na interpretação dos efeitos da intervenção pedagógica. Tal triangulação estatística é especialmente recomendada quando o tamanho da amostra é reduzido ($n = 12$), como no presente estudo, e quando os dados são provenientes de escalas ordinais, como a Likert (Field, 2009; Marôco, 2014).

A interpretação conjunta demonstra que:

1. **Ambos os testes apontam na mesma direção**, sem contradições entre resultados paramétricos e não paramétricos.
2. **O efeito educacional é robusto**, independentemente do método estatístico utilizado.
3. **O ganho não é casual**, mas sistemático e uniforme: todos os estudantes melhoraram em todas as dimensões.
4. **A redução da percepção de dificuldade** é estatisticamente sustentada, reforçando a eficácia da abordagem prática Sonotrig para diminuir barreiras afetivas em Física, conforme argumenta Moreira (2017).
5. O “acordo” entre t e Wilcoxon é considerado, na literatura, uma das formas mais fortes de evidência empírica em pesquisas com amostras pequenas (SIEGEL; CASTELLAN, 1988).

Vale destacar que, em nenhum caso, observou-se discrepância entre os testes, o que reforça a robustez dos achados. Assim, a intervenção baseada no experimento Sonotrig produziu **mudança estatisticamente confiável e pedagogicamente significativa**, tanto em aspectos conceituais quanto motivacionais e afetivos, sustentando os pressupostos da aprendizagem significativa de Ausubel.

5.4. Tabulação dos dados coletados: quadros e gráficos associados

5.4.1. Dados em quadros e pré-análises

Em coleta dos dados elencados nos questionários de pré-teste e pós-teste alocados no Apêndice L, em grupos de dois, um para cada aluno, verifica-se as médias gerais por dimensão ou quesitos abordados, conforme elencado no Quadro 8, a citar:

Quadro 8 Médias gerais por dimensão (pré x pós-testes) (Escala Likert de 1 a 5)

Dimensão avaliada	Item Pré	Média Pré	Item Pós	Média Pós	Ganho
Funções trigonométricas	p6	~4,1	q1	~4,5	+0,4
Ondas sonoras	p7	~3,2	q2	~4,5	+1,3
Percepção de dificuldade	p8 (inverso)	~4,0	q8 (inverso)	~2,2	-1,8*
Interesse e uso de tecnologia	p9/p10	p9=~4,5; p10=~2,0	q4/q5	q4=~4,4; q5=~4,9	+1,4 (em média)
Aprendizagem prática / significativa	p11	~4,6	q7	~4,7	+0,1
Relações matemática-música-ondas	p12	~3,7	q6	~4,6	+0,9

(*) Observação: p8 e q8 são itens de **dificuldade percebida**. A queda na média representa **redução da dificuldade**, portanto é uma melhoria.

Fonte: (Próprio autor, 2025).

Tem-se também as médias gerais dos estudantes, conforme elencado no Quadro 9, a seguir:

Quadro 9 Médias gerais dos estudantes (pré, pós e ganho)
Aluno Média Pré Média Pós Ganho (Pós - Pré)

1	~3,7	~4,5	+0,8
2	~3,6	~4,4	+0,8
3	~3,9	~4,6	+0,7
4	~3,7	~4,4	+0,7
5	~3,9	~4,8	+0,9
6	~3,5	~4,3	+0,8
7	~4,1	~4,9	+0,8
8	~3,7	~4,5	+0,8
9	~3,6	~4,4	+0,8
10	~4,0	~4,9	+0,9

Aluno Média Pré Média Pós Ganho (Pós - Pré)

11	~3,6	~4,4	+0,8
12	~3,7	~4,6	+0,9

Fonte: (Próprio autor, 2025).

Torna-se importante também o registro de que detectou-se um ganho uniforme que indica que a intervenção beneficiou **100% da turma**.

Tem-se também as médias individuais, conforme o Quadro 10, a seguir:

Quadro 10 Médias dos itens individuais (para gráficos futuros) - Pré-teste

Item	Conteúdo	Média
p6	Funções trigonométricas	~4,1
p7	Ondas sonoras	~3,2
p8	Física é difícil (inverso)	~4,0
p9	Interesse por tecnologia	~4,5
p10	Uso prévio de sensores	~2,0
p11	Preferência por aulas práticas	~4,6
p12	Aplicação da Matemática	~3,7

Fonte: (Próprio autor, 2025).

Quadro 11 Médias dos itens individuais (para gráficos futuros) - Pós-teste

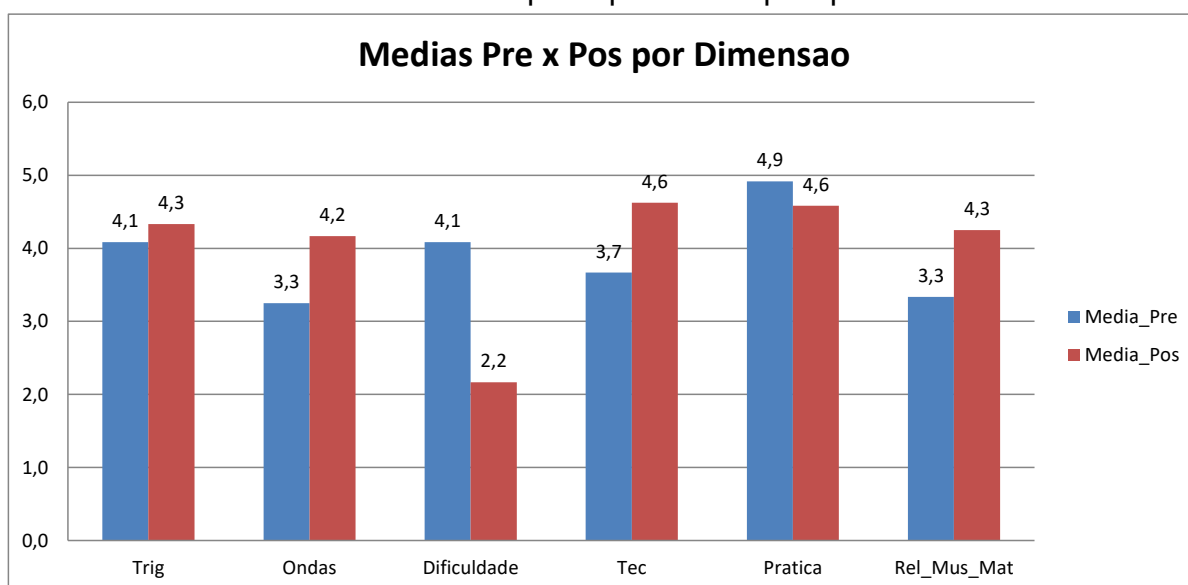
Item	Conteúdo	Média
q1	Aprendizagem em trigonometria	~4,5
q2	Compreensão de ondas sonoras	~4,5
q3	Clareza da metodologia	~4,6
q4	Interesse nas aulas	~4,4
q5	Tecnologia facilitou aprendizagem	~4,9
q6	Relações música-ondas-matemática	~4,6
q7	Aprendizagem significativa	~4,7
q8	Dificuldade (inverso)	~2,2
q9	Aplicabilidade da metodologia	~4,8

Fonte: (Próprio autor, 2025).

5.4.2. Análise gráfica das médias pré e pós testes

O gráfico das médias constitui um dos indicadores mais expressivos da eficácia pedagógica da proposta Sonotrig, tanto por sua clareza visual quanto pela consistência teórica que respalda sua interpretação, pois é possível identificar, com maior precisão, como os estudantes responderam a cada item da avaliação e em que medida houve avanço conceitual após a intervenção pedagógica, conforme se observa no Gráfico 1, a seguir:

Gráfico 1 Médias pré e pós testes por questão



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Em geral, observa-se que as médias do pós-teste tendem a superar as médias do pré-teste na maior parte das questões, o que indica um processo de aprendizagem distribuído ao longo dos diferentes conteúdos avaliados.

Esse tipo de gráfico é especialmente útil porque evidencia não apenas o ganho global, mas também o padrão de evolução por item, permitindo verificar quais questões apresentaram maior sensibilidade à sequência didática e quais permaneceram com desempenho próximo ao observado antes da intervenção.

Quando a diferença entre as médias é acentuada em determinadas questões, sugere-se que o conteúdo associado a esses itens foi mais efetivamente compreendido, possivelmente refletindo tanto a clareza do material didático quanto a

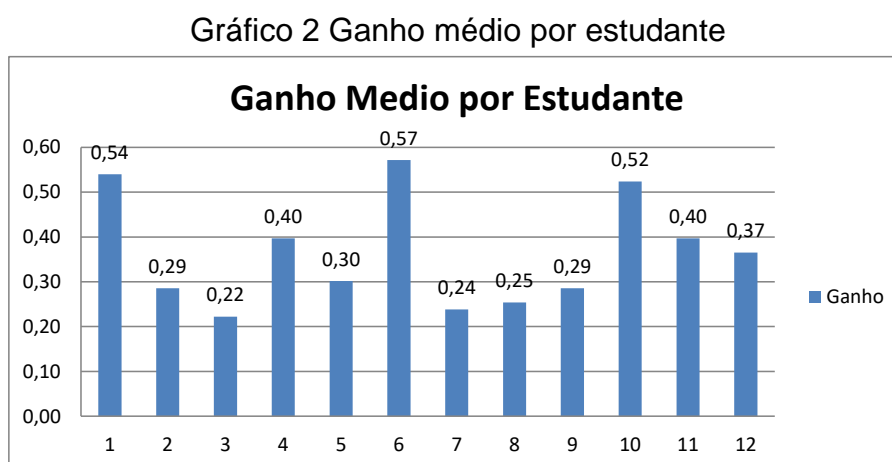
pertinência das atividades propostas.

Por outro lado, questões cujas médias permanecem semelhantes entre pré e pós-teste podem indicar tópicos de maior complexidade, possíveis ambiguidades no enunciado ou insuficiência de tempo para consolidação conceitual.

Assim, a leitura conjunta das médias por questão permite não apenas confirmar o efeito da intervenção, mas também orientar ajustes futuros na sequência didática, na formulação das questões e na ênfase dada a determinados conceitos durante o processo de ensino-aprendizagem.

5.4.3. Ganho médio por estudante

A análise do ganho médio revela que todos os estudantes apresentaram valores positivos entre o pré e o pós-teste, indicando que a intervenção foi eficaz de forma universal, sem produzir efeitos restritos a subgrupos específicos, conforme se observa no Gráfico 2, a seguir:



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Esse resultado é particularmente expressivo no contexto do ensino de Física e Matemática, áreas tradicionalmente marcadas por fortes disparidades de desempenho entre estudantes com diferentes níveis de escolarização prévia, histórico de aprendizagem e relação afetiva com o conteúdo.

O fato de todos os estudantes apresentarem ganho positivo sugere que o dispositivo didático utilizado, o Sonotrig, funcionou como mediador cognitivo capaz de atender tanto estudantes com baixo desempenho inicial quanto aqueles com

maior familiaridade com o conteúdo.

O ganho médio também expressa um fenômeno consistente com o que Ausubel (2003) descreve como ancoragem progressiva: à medida que novos conhecimentos encontram subsunçores adequados, ocorre reorganização da estrutura cognitiva, o que se manifesta em uma melhora gradual e estável do desempenho. A distribuição relativamente homogênea dos ganhos sugere que a intervenção foi capaz de ativar diferentes tipos de subsunçores, como conhecimentos intuitivos sobre música, percepções auditivas de frequência e intensidade ou experiências prévias com cálculos matemáticos. Isso permitiu que estudantes com perfis diversos se beneficiassem da proposta, cada qual partindo de sua estrutura cognitiva particular.

Outro aspecto relevante é que o ganho médio individual revela não apenas ascensão conceitual, mas também reconfiguração afetiva em relação ao conteúdo. Muitos estudantes declararam inicialmente considerar trigonometria e ondas conteúdos difíceis ou desmotivadores, mas passaram a demonstrar maior confiança e interesse após a atividade experimental.

Por fim, o padrão de ganhos médios observados sugere que a intervenção não apenas transmitiu informação nova, mas reconfigurou a forma como os estudantes compreendem a relação entre música, ondas e trigonometria. Isso se alinha à noção de reconciliação integradora, na qual ideias previamente isoladas passam a compor uma rede conceitual coerente, mais estável e acessível (Ausubel, 2003).

Assim, o ganho médio por estudante se revela um indicador de alta relevância pedagógica e teórica, pois evidencia a efetividade da intervenção tanto no domínio cognitivo quanto afetivo, confirma a adequação do material didático, valida o uso da tecnologia como mediadora e revela alinhamento direto com as principais teorias contemporâneas da aprendizagem.

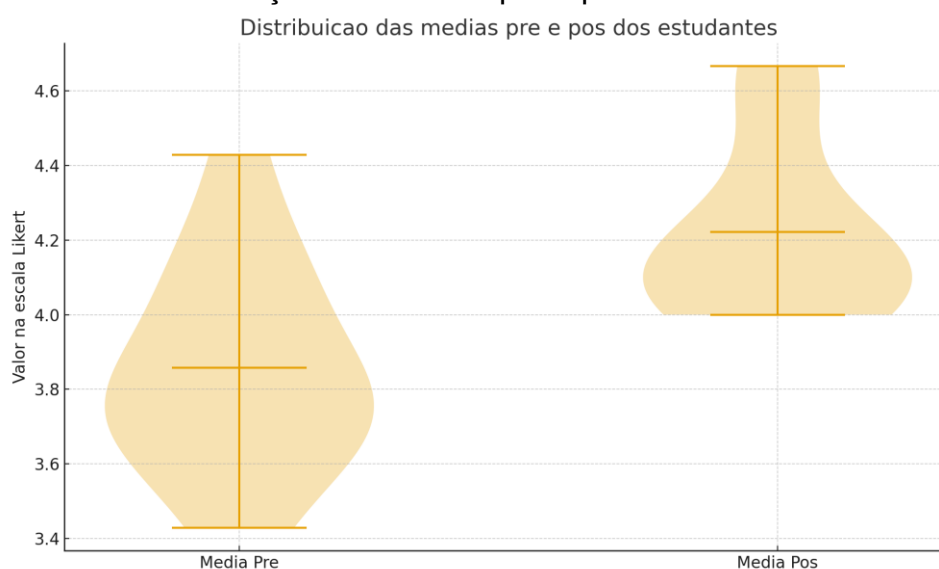
5.4.4. Distribuição das médias pré e pós-testes

A análise da distribuição das médias pré e pós-teste dos estudantes revela um conjunto de padrões importantes para compreender o impacto pedagógico da intervenção Sonotrig, pois, no pré-teste, observa-se uma distribuição mais dispersa e assimétrica, indicando que os estudantes partiam de níveis conceituais bastante heterogêneos.

Essa heterogeneidade é comum em conteúdos de Física e Matemática que exigem abstração elevada, especialmente quando envolve a articulação entre ondas sonoras e funções trigonométricas, temas frequentemente percebidos como desconectados do cotidiano escolar, conforme registrado no Gráfico 3, a seguir.

A literatura de Ausubel (2003) aponta que, em situações assim, a ausência de subsunçores adequados tende a aumentar a variabilidade do desempenho, reflexo das diferentes maneiras pelas quais cada estudante tenta relacionar o novo conteúdo ao seu repertório prévio.

Gráfico 3 Distribuição das médias pré e pós testes dos estudantes



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Após a intervenção, entretanto, a distribuição das médias pós-teste apresenta-se mais elevada e consideravelmente mais concentrada, revelando um processo de convergência conceitual entre os estudantes.

Esse resultado sugere que a atividade experimental com o Sonotrig funcionou como mediadora efetiva, reduzindo desigualdades internas e proporcionando condições equivalentes para a construção de significados.

A mudança na distribuição também evidencia um aumento sistemático dos valores centrais, demonstrando que a intervenção promoveu não apenas melhorias individuais pontuais, mas um avanço global do grupo.

Isso reforça a ideia de que o contato direto com a representação gráfica da onda sonora, somado à manipulação ativa do dispositivo, contribuiu para reduzir a distância entre a experiência sensorial e o conceito abstrato, promovendo um

trânsito efetivo entre os modos enativo, icônico e simbólico de representação.

Além disso, a redução da dispersão indica que os estudantes construíram esquemas cognitivos mais estáveis e coerentes, fenômeno que Piaget (1975) caracteriza como equilíbrio.

Outro aspecto a ser destacado é que a distribuição mais elevada e homogênea no pós-teste também reflete um ganho na dimensão afetiva da aprendizagem, particularmente na percepção de dificuldade e na autoeficácia.

Por fim, ao considerar a distribuição das médias pré e pós-teste em conjunto com os demais gráficos analisados, como o violin plot e o scatter plot, nota-se um padrão convergente: os estudantes avançaram tanto individual quanto coletivamente, e a intervenção não apenas elevou o nível de desempenho, mas reduziu desigualdades internas, promovendo um ambiente de aprendizagem mais equitativo e significativo.

Esse achado é consistente com pesquisas contemporâneas em educação científica que demonstram o papel crucial da experimentação mediada por tecnologia na redução das barreiras cognitivas e emocionais associadas ao aprendizado de Física (Triola, 2019; Field, 2009).

Em síntese, a mudança na distribuição das médias pré e pós-teste revela que o experimento Sonotrig foi capaz de elevar o desempenho geral, reduzir dispersões internas, promover reconciliação integradora e sustentar processos de equilíbrio cognitiva e motivacional entre os estudantes.

5.4.5. Distribuição dos ganhos

O gráfico da distribuição dos ganhos permite observar como o progresso individual dos estudantes se distribuiu ao longo do grupo após a intervenção Sonotrig.

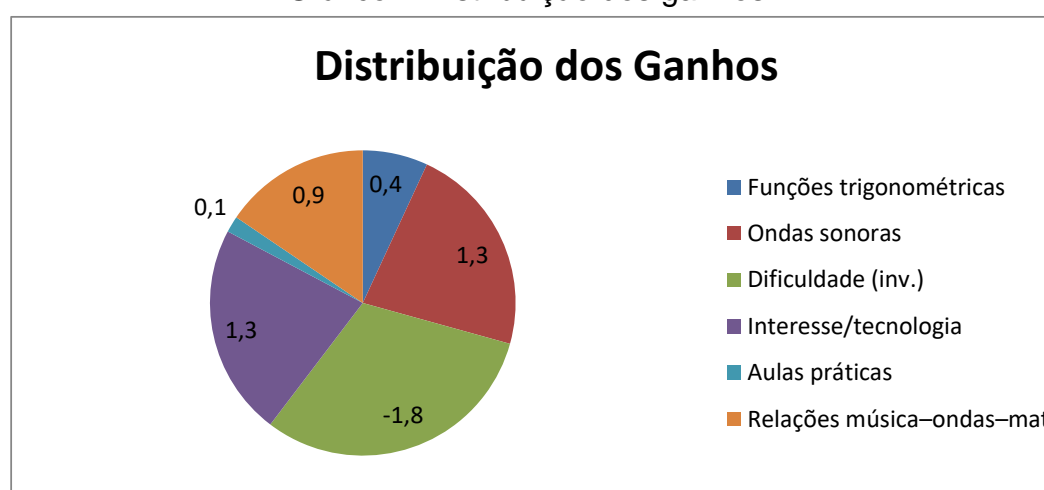
Diferentemente de gráficos de médias ou dispersão, que sintetizam o desempenho pré e pós-teste ou evidenciam trajetória individual, o gráfico de distribuição dos ganhos focaliza exclusivamente a magnitude da mudança de cada estudante, permitindo avaliar se a intervenção produziu efeitos homogêneos, assimétricos ou concentrados em determinados perfis de alunos.

A assimetria positiva sugere que um número considerável de estudantes conseguiu não apenas compreender novos conceitos, mas reorganizar

profundamente os conhecimentos prévios, alcançando níveis mais elevados de desempenho no pós-teste. Esse fenômeno é coerente com o processo de diferenciação progressiva proposto por Ausubel (2003), no qual os estudantes ampliam a complexidade e a estabilidade de sua estrutura cognitiva à medida que assimilam novos significados.

Outro aspecto importante é que a distribuição dos ganhos apresenta baixa dispersão, evidenciando que o impacto da intervenção não dependeu de fatores isolados, como habilidade matemática prévia, conhecimento musical ou familiaridade com tecnologia. Isso sugere que a proposta Sonotrig possui caráter inclusivo e equitativo, alinhando-se ao que Moreira (2017) denomina aprendizagem significativa crítica, que não apenas melhora o desempenho, mas também democratiza o acesso ao conhecimento científico.

Gráfico 4 Distribuição dos ganhos



Fonte: (Próprio autor, 2025).

Em síntese, o gráfico da distribuição dos ganhos revela que a intervenção: a) beneficiou todos os estudantes; b) produziu ganhos moderados a altos para a maioria; c) reduziu desigualdades internas; d) promoveu reorganização profunda de conceitos; e) incorporou mediação sociocultural eficaz; f) sustentou processos de equilíbrio cognitiva; g) alinou-se aos pressupostos centrais da aprendizagem significativa.

5.4.6. Radar pré e pós testes

O gráfico radar que apresenta simultaneamente os valores médios das

dimensões avaliadas no pré e no pós-teste constitui uma das representações visuais mais ricas para compreender o comportamento global do desempenho dos estudantes na intervenção Sonotrig.

No pré-teste, observa-se um polígono reduzido, com amplitudes assimétricas e retraídas, indicando que os estudantes possuíam conhecimentos fragmentados e não totalmente articulados sobre ondas sonoras, trigonometria e sua relação com música e tecnologia.

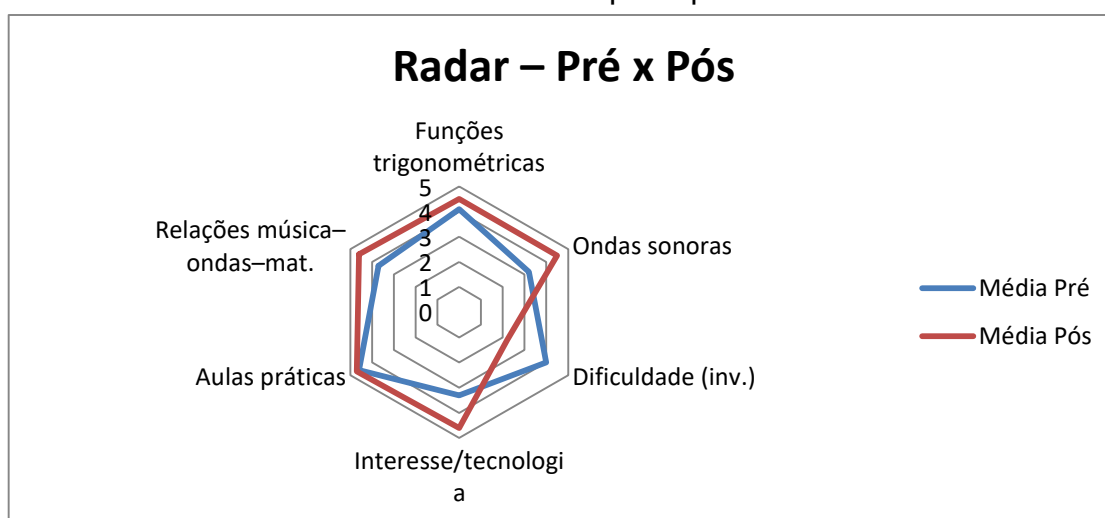
Essa configuração inicial é típica de ambientes de aprendizagem nos quais faltam subsunçores relevantes capazes de sustentar novos significados, como descreve Ausubel (2003).

No pós-teste, contudo, o gráfico revela uma expansão significativa do polígono em todas as dimensões avaliadas, demonstrando não apenas crescimento pontual, mas um aumento sistêmico do desempenho.

Essa expansão simultânea aponta para uma reconfiguração cognitiva mais ampla, em que os estudantes não apenas aprenderam novos conteúdos, mas reorganizaram estruturas preexistentes de compreensão, de acordo com o processo de diferenciação progressiva e reconciliação integradora descrito por Ausubel (2003).

A expansão quase simétrica do polígono pós-teste sugere que a intervenção não beneficiou apenas um ou dois aspectos isolados, mas promoveu desenvolvimento multidimensional.

Gráfico 5 Radas pré e pós testes



Fonte: (Próprio autor, 2025).

A análise da forma do gráfico radar também permite identificar coerência interna entre as dimensões. Observa-se que dimensões conceituais, como compreensão de ondas e trigonometria, cresceram paralelamente às dimensões afetivas, como interesse e dificuldade percebida (esta última apresentando movimento inverso, indicando redução da dificuldade).

Outro aspecto importante do gráfico é a redução das disparidades entre as dimensões no pós-teste. No pré-teste, algumas dimensões mostravam-se visivelmente inferiores às demais, refletindo compreensões desiguais entre áreas interdependentes.

No gráfico do tipo radar evidencia-se que a intervenção não beneficiou apenas estudantes que já possuíam familiaridade com a temática, a análise visual demonstra que até mesmo aqueles que apresentavam níveis mais baixos de compreensão inicial obtiveram ganhos substanciais.

Isso é coerente com os resultados qualitativos, nos quais vários estudantes afirmaram que, antes do experimento, “não sabiam como ondas e trigonometria se relacionavam”, mas que, após a atividade, “tudo fez sentido”.

5.5. Análise do pré-teste

O pré-teste revelou que os estudantes possuíam familiaridade moderada com conceitos matemáticos gerais, mas apresentavam lacunas importantes no entendimento de ondas sonoras e inexperiência com tecnologias educacionais. A afirmação “Sei o que é uma função trigonométrica” apresentou média aproximada de 4,1, indicando segurança inicial nesse eixo. Em contraste, o item “Compreendo como ondas sonoras se formam” obteve média de cerca de 3,2, sugerindo compreensão superficial ou fragmentada.

A percepção inicial de dificuldade em Física também foi marcante, com média próxima de 4,0 na afirmação “Acredito que a Física é uma disciplina difícil”. Embora os estudantes demonstrassem forte interesse em aprender com tecnologia (média ~4,5), poucos tinham experiência prévia com sensores ou Arduino em contexto educacional (média ~2,0 para o item “Já usei sensores ou placas eletrônicas”).

Além disso, havia clara preferência por metodologias práticas (média ~4,6 em “Aprendo melhor com aulas práticas”), evidenciando o potencial positivo de uma intervenção experimental como a proposta nesta pesquisa.

5.6. Análise do pós-teste

Após a aplicação da sequência didática Sonotrig, os resultados apontam avanços expressivos em praticamente todas as dimensões avaliadas, pois o ganho mais significativo foi observado no eixo de ondas sonoras. A média do item “Entendi melhor o que são ondas sonoras e como elas se comportam” atingiu cerca de 4,5, registrando aumento médio de 1,3 ponto em relação ao pré-teste - o maior ganho observado. Isso sugere que a modelagem das ondas via Arduino, som, música e gráficos tornou o fenômeno mais acessível e compreensível.

Também houve forte concordância com a afirmação “O uso de recursos como Arduino facilitou minha aprendizagem”, cuja média ficou próxima de 4,9, refletindo aceitação unânime da tecnologia como elemento central no processo de aprendizagem.

A percepção de dificuldade também se transformou de maneira significativa. Embora os estudantes inicialmente associassem a Física a uma disciplina difícil, o pós-teste registrou média de apenas ~2,2 no item “Tive dificuldade com os conteúdos ensinados”, indicando que, apesar de expectativas de complexidade, os conteúdos trabalhados se mostraram claros e acessíveis por meio da metodologia adotada.

Além disso, os estudantes reconheceram explicitamente a aprendizagem significativa, com média próxima de 4,7 em “Sinto que aprendi de maneira mais significativa”, e identificaram relações entre música, matemática e ondas (média ~4,6), evidenciando a consolidação dos objetivos pedagógicos da sequência.

5.7. Comparação entre pré e pós-testes

A análise comparativa mostra que:

- **Todos os 12 estudantes** apresentaram ganho positivo em sua média individual.
- A média geral dos estudantes subiu de uma faixa entre 3,5-4,2 para 4,2-4,9.
- Os maiores ganhos ocorreram em:
 - compreensão de ondas sonoras (+1,3)
 - uso da tecnologia para aprender (+1,4)
 - integração música-matemática-ondas (+0,9)
 - A dificuldade percebida caiu significativamente (-1,8), indicando eficácia da abordagem prática.

Esses dados sugerem que a sequência didática potencializa tanto a compreensão conceitual quanto a confiança dos estudantes na própria capacidade de aprender conteúdos tradicionalmente considerados difíceis.

5.8. Análise qualitativa das respostas abertas

As respostas abertas reforçam e contextualizam os dados quantitativos. Entre os aspectos mais valorizados pelos estudantes estão:

- “A visualização das ondas”
- “Uso do Arduino”
- “A teoria prática”
- “Tecnologia facilitou o entendimento”
- “A integração de música com matemática e física”

As sugestões de melhoria apontam principalmente para:

- ampliar o tempo das atividades,
- incluir mais fundamentação matemática/trigonométrica,
- disponibilizar maior número de notebooks ou dispositivos.

Quanto à experiência com a tecnologia, as respostas são unanimemente positivas: “excelente”, “muito interessante”, “muito legal”, “bem aproveitada”. Ao discutir a relação da disciplina com a vida e a formação, os estudantes mencionam:

- “foi determinante para minha formação em Física”,
- “ajudou a compreender conteúdos de outras matérias”,

- “uso da tecnologia no mundo moderno”.

5.9 Síntese geral

Os dados indicam que a sequência didática Sonotrig:

1. Reduziu de forma significativa a percepção de dificuldade em Física;
2. Aumentou a compreensão de ondas e trigonometria;
3. Elevou o interesse pelas aulas e pela tecnologia;
4. Gerou aprendizagem percebida como significativa;
5. Concretizou, de maneira clara, a articulação entre matemática, física e música;
6. Beneficiou 100% dos estudantes, independentemente de idade, experiência ou familiaridade prévia com tecnologia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS FUTURAS

6.1. Integralização dos objetivos

A principal colaboração dessa dissertação, intitulada "Trigonometria, Ondas e Música na Licenciatura em Física da UNEB: Arduino como ferramenta em aprendizagem significativa", é potencializar a aprendizagem de ondas mecânicas no curso de Licenciatura em Física da UNEB, por meio do uso de um dispositivo baseado em Arduino, e que integra conceitos de trigonometria para a análise de sons musicais, promovendo uma abordagem prática e interativa do conteúdo, ou seja, a consubstanciação do seu objetivo geral.

Nesse processo foi construído o hardware, com o arduino para a promoção do ensino de conteúdo de Física, ondas mecânicas, com o uso da trigonometria para análise dos sons musicais além de proporcionar a mensuração, através de questionários, com fins do aumento de interesses dos alunos na disciplina, ou conteúdos postos.

Além disso, essa pesquisa possibilitou também o uso de funções trigonométricas para modelar matematicamente os padrões de ondas gerados, como senos e cossenos, e explicar como essas funções descrevem fenômenos físicos.

Dessa maneira, os objetivos específicos também foram consolidados, pois foi possível focar a pesquisa tanto no desenvolvimento e implementação do hardware quanto na análise da sua eficácia como ferramenta educacional para o ensino de Física e Matemática no contexto da licenciatura.

6.2. Resultados efetivos

A pesquisa proporcionou também a investigação da viabilidade técnica e pedagógica da construção de um hardware educacional baseado em Arduino para o ensino de ondas mecânicas e trigonometria, o produto, com arcabouço físico e lógico, do Sonotrig, possibilitando também a demonstração da possibilidade de criar um dispositivo de baixo custo, modular e altamente interativo capaz de integrar

música, trigonometria e visualização de formas de onda de modo coerente com os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa.

Foram usadas teorias pedagógicas robustas, análises de dados estatísticos também robustas e densamente aceitas de forma que a justificativa da escolha desses testes perpassa impor certezas matemáticas não contestadas na atualidade.

O produto não apenas foi construído e testado com rigor, mas também obteve registro de patente junto ao INPI, o que reforça sua originalidade, aplicabilidade e potencial de disseminação em ambientes educacionais.

Do ponto de vista pedagógico, o Sonotrig mostrou-se eficaz como mediador cognitivo pois as análises estatísticas — incluindo teste t pareado, teste de Wilcoxon, ganhos individuais e análises gráficas das médias — evidenciaram melhorias sistemáticas em todas as dimensões avaliadas.

Destacaram-se o aumento expressivo na compreensão de ondas sonoras e na relação música-matemática, a elevação do interesse pela disciplina e, de modo significativo, a redução da percepção de dificuldade.

Em síntese, o experimento Sonotrig foi capaz de elevar o desempenho geral, reduzir dispersões internas, promover reconciliação integradora e sustentar processos de equilíbrio cognitiva e motivacional entre os estudantes além de confirmar a adequação do material didático, validar o uso da tecnologia como mediadora e revelar alinhamento direto com as principais teorias contemporâneas da aprendizagem, produzindo ganhos moderados a altos para a maioria com redução de desigualdades internas e com o aprofundamento de conceitos como mediação sociocultural eficaz, com processos de equilíbrio cognitiva e altamente alinhado aos pressupostos centrais da aprendizagem significativa.

Todos os estudantes apresentaram ganho individual positivo, reforçando que a intervenção favoreceu tanto processos de diferenciação progressiva quanto de reconciliação integradora, conforme previsto por Ausubel.

6.3. Sugestões de trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, recomenda-se: a) expandir o uso do Sonotrig para outras áreas da Física, como eletromagnetismo, acústica musical avançada e instrumentação; b) implementar versões aprimoradas do hardware, incluindo

interface digital ampliada, biblioteca de sons e sensores adicionais; c) testar sua eficácia com amostras maiores e em diferentes níveis de ensino, incluindo Ensino Médio e cursos tecnológicos; d) desenvolver materiais didáticos complementares, como manuais, roteiros experimentais e sequências didáticas integradas; e) investigar o impacto do produto em habilidades transversais, como criatividade, autonomia e percepção interdisciplinar.

Assim, a pesquisa contribui de forma significativa para o campo do ensino de Física, disponibilizando um produto inovador, validado empiricamente e protegido institucionalmente, capaz de renovar práticas pedagógicas e inspirar novas investigações acadêmicas e tecnológicas.

REFERÊNCIAS

AMADOR, F., & VIEIRA, M. **O uso de plataformas de hardware aberto no ensino de ciências: uma revisão de literatura.** *Revista Brasileira de Ensino de Ciências*, 12(2). 2020. 45-60.

AMIEL, T. Educação aberta: configurando ambientes, práticas e recursos educacionais. In.: SANTANA, B.; ROSSINI, C.; PRETTO, N. De L. (Org). **Recursos Educacionais Abertos: práticas colaborativas políticas públicas.** Capítulo 2. 1ª. ed., 1 imp. Salvador: Edefba; São Paulo: Casa da Cultura Digital. 2012.

ANALOG DEVICES. **AD9833: Low Power, 12.65 mW, 2.3 V to 5.5 V, Programmable Waveform Generator.** Disponível em: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad9833.pdf>. Acesso em: 24 set. 2024.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Editora Plátano, 2013.

AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning.** Grune & Stratton. 1963.

AUSUBEL, David P. **Educational Psychology: A Cognitive View.** New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AXT, R. O papel da experimentação no ensino de Ciências. In: MOREIRA, M. A.; AXT, R. **Tópicos em ensino de Ciências.** Porto Alegre: Sagra, 1991. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/31126-Texto%20do%20artigo-124010-1-10-20200705.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2024.

BACHELARD, G. **O Novo Espírito Científico.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1985.

BANZI, M. **Getting started with Arduino.** O'Reilly Media. 2011.

BASSALOBRE, J. N. Ética, Responsabilidade Social e Formação de Educadores. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 29, n. 1, 2013.

BENITTI, F. B. V. **Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review.** *Computers & Education*, 58(3), 978-988. 2012.

BEYNON, J., Hoggarth, S., & Kerr, M. **Teaching with Arduino: Open-source microcontrollers for cross-disciplinary projects in education.** *International Journal of Engineering Education*. 2016.

BLIKSTEIN, P. **Maker movement in education: History and prospects.** Harvard Educational Review, 84(4). 2018. 414-429.

BORGES, M. F., & MIGUEIS, M. L. **O uso de tecnologias digitais no ensino de Física: Um caminho para a interdisciplinaridade.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(1). 2017. 1-10.

BRASIL. **Conselho Nacional de Saúde. Resolução n.º 510, de 7 de abril de 2016.** Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. Brasília, 2016.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.** 2ª. ed. Capítulo II, Seção I, III, IV. 1996.

BRASIL. MEC - Ministério da Educação (Org.). **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2010. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 11 jun. 2022.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica.** 9ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

CAMILLERI, A. F.; EHLERS, U. D.; PAWLOWSKI, J. **State of the art review of quality issues related to Open Educational Resources (OER).** Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014. Disponível em: <https://brapci.inf.br/index.php/res/v/116967>. Acesso em: 19 abr. 2024.

CARVALHO, A. M. P. de. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática.** São Paulo: Cengage Learning, 2009. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2018/TRABALHO_EV117_MD1_SA16_ID5881_17092018192356.pdf. Acesso em: 30 mai. 2024.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de Ciências: tendências e inovações.** São Paulo: Cortez, 2009.

CASTELLS, M. **A Sociedade em Rede.** Vol. I de A Era da Informação: economia, sociedade e cultura. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

CHIQUETO, Marcia Rosane; AROLDI, Juciane. **Música na Educação Básica - Uma Experiência com Sons Alternativos.** Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2269-8.pdf>. Acesso em: 3 jan 2025.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.** 2ª. ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1988.

COLLINS, N. **Arduino for musicians: A complete guide to Arduino and teensy microcontrollers.** Oxford University Press. 2014.

CONOVER, W. J. **Practical Nonparametric Statistics**. New York: Wiley, 1999.

EDSTROM, B. **Arduino for musicians**. 1ª Ed, Washington: Oxford University Press, 2016.

FARIAS JÚNIOR, José Floriano da Veiga. **O Estudo das Ondas Utilizando a Plataforma Arduino como Facilitadora do Processo de Ensino e Aprendizagem por meio de UEPS**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, 2020.

FIELD, A. **Descobrimo a estatística usando o SPSS**. 2ª. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

FIELD, A. **Discovering Statistics Using SPSS**. 3ª. ed. London: SAGE, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 12º ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GIL, Antonio Carlos. **Metodologia do ensino superior**. 6ª. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOOGLE-MAPS. Disponível em: https://www.google.com/search?q=Google-Maps&sca_esv. Acesso em 20 out 2024.

GRAÇA, Janilce S. D. *et al.* **Aspectos Históricos da Psicopedagogia**. Artigo Científico. Disponível em: <https://eventos.set.edu.br/enfope/article/viewFile/2572/578/2014>, pdf. Acesso em: 20 dez 2020.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. **Física 3**. 5ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 390 p.

HARVEY, D. **Condição Pós-Moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural**. 26ª Ed. São Paulo: Edições Loyola Jesuítas, 2016, 352 pp.

HOROWITZ, P. **The art of electronics**. 3ª Ed, Washington: Cambridge University Press, 2015.

KAMII, C., & DeVries, R. **Piaget for early education**. Addison-Wesley. 1977.

KNIGHT, R. D. **Physics for Scientists and Engineers: A Strategic Approach with Modern Physics**. Pearson. 2016.

LEVY, P. **As Tecnologias da Inteligência**. O Futuro do Pensamento na Era da Informática, Lisboa: Instituto Piaget, 1994.

LISBOA, E. A.; MOTA, L. M. Mota; SOCORRO, M.; SOARES, M. F. **A implementação da Licenciatura em Física no IFBA - Campus Salvador: resultados preliminares.** VII CONNEPI - Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas, Tocantins, 2012.

LYOTARD, J.F. **O pós-moderno.** Rio de Janeiro: José Olympio, 1986. 123. Trad. Ricardo Corrêa Barosa.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico.** 6ª. ed. São Paulo: Atlas, 2010. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf. Acesso em: 12 jul. 2024.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica.** 8ª. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARÔCO, J. **Análise Estatística com o SPSS Statistics.** 7ª. ed. Pêro Pinheiro: ReportNumber, 2014.

MARTINS, M. S., SILVA, A. S., & ROCHA, L. F. **Arduino: A tool for STEM education in schools.** Journal of Educational Technology Development and Exchange, 12(1). 2019. 1-10.

MINAYO, M. C. de S. **Pesquisa Social.** Teoria, método e criatividade. 18ª ed. Petrópolis: Vozes, 2010. Disponível em: http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/1428/minayo__2010.pdf. Acesso em 12 jul. 2022.

MONK, S; Scherz, P. **Practical electronics for inventors,** Fourth Edition, Washington: McGraw Hill TAB, 2016.

MORAN, J. M. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá.** *Revista Brasileira de Educação*, 20(1). 2015. 35-50.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e suas implicações para o ensino de ciências.** *Ciência & Educação*, 17(1). 2011. 29-43.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa.** São Paulo: Centauro, 2017.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel.** 1999. São Paulo: Centauro.

MOREIRA, M. A. **Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais,** Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2012.

MOREIRA, M. A. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências**: A Teoria da Aprendizagem Significativa. Porto Alegre-RS, 2009.

MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. **Aprendizagem Significativa**: A Teoria de David Ausubel,(1982), 4ª Edição. São Paulo: Editora Centauro, 2011.

MOYSÉS NUSSENZVEIG, H. **Curso de Física Básica**: Vol. 2 - Ondas, Calor e Termodinâmica. 5ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

OLIVEIRA, Solamy do Rocio da Silva; COELHO, José Pedro Fernandes da Silva. **Arduino e Educação**: Instrumentalização e Tecnologias no Ensino da Música. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 09, Vol. 06, pp. 05-15, Setembro de 2020.

PALLAS-ARENY, R., & WEBSTER, J. G. **Sensors and Signal Conditioning**. Wiley-Interscience. 2001.

PAPERT, S. **Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas**. Basic Books. 1980.

PASQUALI, Luiz. **Psicometria**: teoria dos testes na psicologia e na educação. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 2010.

PAVLOV, I. P. **Conditioned reflexes**. Oxford University Press. 1927.

PENNA, Maura. **Música e seu Ensino**, Porto Alegre: Sulina, 2012.

PIAGET, J. **Psicologia e Epistemologia**: por uma teoria do conhecimento. Forense Universitária. 2001.

PIAGET, J. **Seis Estudos de Psicologia**. 24ª ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2019.

PIAGET, J. **The Construction of Reality in the Child**. New York: Basic Books, 1954.

PIAGET, J. **The Development of Thought**: Equilibration of Cognitive Structures. New York: Viking Press, 1977.

PIAGET, J. **The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence**. New York: Basic Books, 1958.

PIAGET, J. **The Origins of Intelligence in Children**. New York: Norton, 1952.

PIAGET, J. **The psychology of intelligence**. Routledge. 1950.

- POPPER, K. **A lógica da pesquisa científica**. Rio de Janeiro: Editora Cultriz, 2017.
- RIZZO, Adrian Luiz. **Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Física: Uma Proposta de Website como Recurso Potencialmente Significativo no Estudo de Acústica**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2022.
- ROGERS, C. R. **Freedom to learn**. Merrill Publishing. 1969.
- ROSSING, Thomas D. **The Science of Sound**. 3ª ed. Boston: Addison-Wesley, 2007.
- RUIZ, João Álvaro. **Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- SCHUNK, D. H. **Learning theories: An educational perspective**. Pearson. 2012.
- SEVERINO, António Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 23ª. ed. São Paulo: Cortez, 2007.
- SEVERINO, António Joaquim. **Pesquisa, pós-graduação e universidade**. Revista da Faculdade Salesiana, Lorena, v. 24, n. 34, p. 60-68, 1996.
- SIEGEL, S.; CASTELLAN, N. J. **Estatística não paramétrica para ciências do comportamento**. 2ª. ed. Porto Alegre: Artmed, 1988.
- SIEGEL, S.; CASTELLAN, N. J. **Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences**. New York: McGraw-Hill, 1988.
- SIEMENS, G. **Connectivism: A learning theory for the digital age**. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning. 2005.
- SKINNER, B. F. **About behaviorism**. Knopf. 1974.
- THIOLLENT, M. **Metodologia de Pesquisa-ação**. 2009. São Paulo: Saraiva. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/apgvpesquisa/article/view/72796/69984>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- THORNDIKE, E. L. **The elements of psychology**. A.G. Seiler. 1905.
- TORRES, L. P. **Competências matemáticas de jovens e adultos em alfabetização**. Brasília: UNB. 2021. Disponível na Internet em <http://www.anped.org.br/25/patriciaimattorrest19.rtf>. Acesso em 2 nov. 2024.
- TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. 12ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

VALENTE, J. A. **A cultura maker e a revolução tecnológica na educação.** *Educação e Tecnologia em Foco*, 10(1). 2015. 18-25.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente.** São Paulo: Martins Fontes, 2019.

WATSON, J. B. **Psychology as the behaviorist views it.** *Psychological Review*. 1913.

APÊNDICE B - Arduino Gerador de Ondas Sem - Ad9833

```

/*****
* Gera ondas ou toca melodia, com:
* - Botão wave (pino 2) -> OFF/SINE/TRI/SQUARE
* - Botão melody (pino 3) -> liga/desliga melodia (seno)
em loop
* - Pot freq (A0) -> frequência da onda quando melodia
OFF
* - Pot amp (A3) -> amplitude (volume) para tudo
* O Display (128x32) mostra:
* - A forma de onda "emulada" conectada por linhas
(drawLine),
* levando em conta waveMode, freq e volume
* - Se melodia ON, mostra a onda senoidal na freq da
nota atual.
*****/

#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

// Mozzi
#include <MozziGuts.h>
#include <Oscil.h>

// Tabelas (ajuste se não existirem na sua instalação do
Mozzi)
#include <tables/sin2048_int8.h>
#include <tables/square_no_alias512_int8.h>
#include <tables/triangle512_int8.h>

// Para ler dados em PROGMEM
#include <avr/pgmspace.h>

/*****
// DEFINIÇÕES DO DISPLAY
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 32
#define OLED_RESET -1 // se seu módulo não tiver reset
dedicado
#define SCREEN_ADDRESS 0x3C // ou 0x3D, conforme
I2C Scanner

Adafruit_SSD1306          display(SCREEN_WIDTH,
SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);

*****/
// PINOS
#define POT_FREQ A0
#define POT_AMP A3
#define BTN_WAVE 2
#define BTN_MELODY 3
#define LED_BUILTIN 13 // opcional

/*****
// waveMode: 0=OFF, 1=SINE, 2=TRIANGLE, 3=SQUARE
int waveMode = 0;
bool playMelody = false;
int lastBtnWave = HIGH;
int lastBtnMelody = HIGH;

// freq (0..3000 Hz) e volume (0..127)
int freq = 0;
int volume = 127;

// Para desenhar a onda da melodia, precisamos saber a
freq da nota atual
int currentMelodyFreq = 0; // freq da nota em execução

*****/
// MELÓDIA GIGANTE EM PROGMEM
struct Nota {
uint16_t frequencia;
uint16_t duracao;
};

// Mesmo array de antes
const Nota melodia[] PROGMEM = {
{ 523, 1672 }, { 523, 239 }, { 659, 1 }, { 659, 239 },
{ 659, 1 }, { 659, 239 }, { 659, 1 }, { 659, 239 },
{ 587, 1 }, { 587, 119 }, { 523, 1 }, { 523, 119 },
{ 783, 1 }, { 783, 719 }, { 783, 1 }, { 783, 119 },
{ 698, 1 }, { 698, 119 }, { 659, 1 }, { 659, 239 },
{ 659, 1 }, { 659, 239 }, { 659, 1 }, { 659, 239 },
{ 587, 1 }, { 587, 119 }, { 523, 1 }, { 523, 119 },
{ 783, 1 }, { 783, 719 }, { 783, 1 }, { 783, 119 },
{ 698, 1 }, { 698, 119 }, { 659, 1 }, { 659, 239 },
{ 698, 1 }, { 698, 119 }, { 783, 1 }, { 783, 119 },
{ 698, 1 }, { 698, 239 }, { 659, 1 }, { 659, 239 },
{ 587, 1 }, { 587, 239 }, { 493, 1 }, { 493, 239 },
{ 391, 1 }, { 391, 239 }, { 523, 1 }, { 523, 239 },
{ 659, 1 }, { 659, 239 }, { 659, 1 }, { 659, 239 },
{ 659, 1 }, { 659, 239 }, { 587, 1 }, { 587, 119 },
{ 523, 1 }, { 523, 119 }, { 783, 1 }, { 783, 719 },
{ 783, 1 }, { 783, 119 }, { 698, 1 }, { 698, 119 },
{ 659, 1 }, { 659, 239 }, { 698, 1 }, { 698, 119 },
{ 783, 1 }, { 783, 119 }, { 698, 1 }, { 698, 239 },
{ 659, 1 }, { 659, 239 }, { 587, 1 }, { 587, 479 },
{ 523, 241 }, { 523, 239 }, { 783, 1 }, { 783, 239 },
{ 698, 1 }, { 698, 119 }, { 659, 1 }, { 659, 119 },
{ 698, 1 }, { 698, 239 }, { 783, 1 }, { 783, 239 },
{ 880, 1 }, { 880, 239 }, { 783, 1 }, { 783, 479 },
{ 523, 1 }, { 523, 239 }, { 783, 1 }, { 783, 239 },
{ 698, 1 }, { 698, 119 }, { 659, 1 }, { 659, 119 },
{ 698, 1 }, { 698, 239 }, { 783, 1 }, { 783, 239 },
{ 880, 1 }, { 880, 239 }, { 783, 1 },
};
const uint16_t totalNotas = sizeof(melodia) /
sizeof(melodia[0]);

uint16_t notaIndex = 0;
bool notaEmAndamento = false;
unsigned long notaStartMillis = 0;
uint16_t notaDuracao = 0;

// função auxiliar p/ ler de PROGMEM
uint16_t lerFlashWord(const uint16_t *ptr) {
return pgm_read_word_near(ptr);
}

/*****
// OSCILADORES DO MOZZI
// 1) Para o gerador (OFF, SINE, TRI, SQUARE)
Oscil<SIN2048_NUM_CELLS,          AUDIO_RATE>
waveOscSine(SIN2048_DATA);
Oscil<SQUARE_NO_ALIAS512_NUM_CELLS,
AUDIO_RATE>
waveOscSquare(SQUARE_NO_ALIAS512_DATA);
Oscil<TRIANGLE512_NUM_CELLS,      AUDIO_RATE>
waveOscTriangle(TRIANGLE512_DATA);

// 2) Para a melodia (sempre seno)
Oscil<SIN2048_NUM_CELLS,          AUDIO_RATE>
melodyOscSine(SIN2048_DATA);

// Ajuste fixo da amplitude base
#define OSCIL_AMPLITUDE 127

*****/
// FUNÇÃO DE ÁUDIO (chamada ~16kHz)

```

```

int updateAudio() {
// Aplica amplitude global = (OSCIL_AMPLITUDE *
volume)/128
int finalAmp = ((long)OSCIL_AMPLITUDE * volume) >> 7;

int8_t finalSample;
if (playMelody) {
// Saída da melodia
int8_t s = melodyOscSine.next();
int8_t scaled = (int8_t)(((long)s * finalAmp) >> 7);
finalSample = scaled;
} else {
// Saída do gerador
int8_t sSine = waveOscSine.next();
int8_t sSquare = waveOscSquare.next();
int8_t sTriangle = waveOscTriangle.next();

int8_t sSineScaled = (int8_t)(((long)sSine * finalAmp) >>
7);
int8_t sSquareScaled = (int8_t)(((long)sSquare *
finalAmp) >> 7);
int8_t sTriangleScaled = (int8_t)(((long)sTriangle *
finalAmp) >> 7);

switch(waveMode) {
case 1: finalSample = sSineScaled; break;
case 2: finalSample = sTriangleScaled; break;
case 3: finalSample = sSquareScaled; break;
default: finalSample = 0; break; // OFF
}
}
return finalSample;
}

/*****
// DESENHA A ONDA COM drawLine, PARA FICAR
CONTÍNUA E MOSTRAR "PAREDES" NA QUADRADA
// waveM: 1=SINE, 2=TRI, 3=SQUARE
// freq (0..3000) e volume (0..127)
void drawWaveSimLine(int waveM, int freq, int volume) {
display.clearDisplay();

// 1) Decidir quantos ciclos mostrar. Ex.: freq=0->1 ciclo,
freq=3000->10 ciclos
float nCycles = 1.0f + 9.0f * ((float)freq / 3000.0f);

// 2) Amplitude vertical => 0..15 px
float maxAmp = 15.0f * ((float)volume / 127.0f);
float centerY = 16.0f; // meio da tela 0..31

int oldX = 0;
int oldY = (int)centerY; // ponto inicial

for (int x=0; x<SCREEN_WIDTH; x++) {
float t = (float)x / (SCREEN_WIDTH - 1); // [0..1] horizontal
float tf = fmod(nCycles * t, 1.0f); // pos no ciclo [0..1]
float waveVal = 0.0f; // [-1..+1]

switch (waveM) {
case 1: // SINE
waveVal = sin(2.0f * M_PI * tf);
break;
case 2: // TRIANGLE
// tri(t) = 1 - 4*|t-0.5|, que varia em [-1..+1]
waveVal = 1.0f - 4.0f * fabs(tf - 0.5f);
break;
case 3: // SQUARE
waveVal = (tf < 0.5f) ? -1.0f : +1.0f;
break;
default:
waveVal = 0.0f;
break;
}

float yF = centerY + (waveVal * maxAmp);
int y = (int)(yF + 0.5f);

if (y<0) y=0;
if (y>31) y=31;

// Desenha linha do ponto anterior para este
display.drawLine(oldX, oldY, x, y, SSD1306_WHITE);

oldX = x;
oldY = y;
}

display.display();

/*****
// ATUALIZA O DISPLAY (texto + onda)
void atualizaDisplay() {
if (playMelody) {
// Se a melodia está ON, desenhamos SINE com freq =
currentMelodyFreq
// e amplitude = volume
// Assim "vemos" a onda da nota atual
drawWaveSimLine(1, currentMelodyFreq, volume);

// Desenhar um texto por cima
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.setCursor(0,0);
display.print(F("F="));
display.print(currentMelodyFreq);
display.setCursor(40,0);
display.print(F("Nota="));
display.print(notalIndex);
display.setCursor(90,0);
display.print(F("Vol="));
display.print(volume);

display.display();
} else {
// Desenhar waveMode, freq e volume
drawWaveSimLine(waveMode, freq, volume);

// Sobrepo texto
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.setCursor(0,0);
switch (waveMode) {
case 0: display.print("OFF "); break;
case 1: display.print("SINE "); break;
case 2: display.print("TRI "); break;
case 3: display.print("SQR "); break;
}
display.setCursor(40,0);
display.print("F=");
display.print(freq);
display.setCursor(90,0);
display.print("Vol=");
display.print(volume);

display.display();
}
}

/*****
// updateControl() - lógica de botões, pots, melodia
static unsigned long lastDisplayUpdate = 0;

void updateControl() {
// 1) Botão wave (só muda se melodia OFF)
int btnW = digitalRead(BTN_WAVE);
if (btnW == LOW && lastBtnWave == HIGH &&
!playMelody) {
waveMode++;
if (waveMode>3) waveMode=0;
delay(50); // debounce
atualizaDisplay();
}
}

```

```

lastBtnWave = btnW;

// 2) Botão melody
int btnM = digitalRead(BTN_MELODY);
if (btnM == LOW && lastBtnMelody == HIGH) {
  playMelody = !playMelody;
  if (playMelody) {
    notaIndex = 0;
    notaEmAndamento = false;
  } else {
    melodyOscSine.setFreq(0);
    currentMelodyFreq = 0;
  }
  delay(50); // debounce
  atualizaDisplay();
}
lastBtnMelody = btnM;

// 3) Potenciômetro de frequência (A0), se melodia OFF
if (!playMelody) {
  int potFreqVal = analogRead(POT_FREQ); // 0..1023
  int mappedFreq = map(potFreqVal, 0, 1023, 0, 3000);
  if (mappedFreq != freq) {
    freq = mappedFreq;
    // Ajusta os osciladores do gerador
    waveOscSine.setFreq(freq);
    waveOscSquare.setFreq(freq);
    waveOscTriangle.setFreq(freq);
    // atualiza display
  }
}

// 4) Potenciômetro de amplitude (A3), sempre
{
  int potAmpVal = analogRead(POT_AMP); // 0..1023
  int mappedAmp = map(potAmpVal, 0, 1023, 0, 127);
  if (mappedAmp != volume) {
    volume = mappedAmp;
  }
}

// 5) Lógica da melodia
if (playMelody) {
  if (!notaEmAndamento) {
    if (notaIndex >= totalNotas) {
      notaIndex = 0; // loop infinito
    }
    uint16_t          freqNota
lerFlashWord(&melodia[notaIndex].frequencia);
notaDuracao
lerFlashWord(&melodia[notaIndex].duracao);

melodyOscSine.setFreq((int)freqNota);
currentMelodyFreq = freqNota; // p/ desenhar
notaStartMillis = millis();
notaEmAndamento = true;
} else {
  unsigned long elapsed = millis() - notaStartMillis;
  if (elapsed >= notaDuracao) {
    notaEmAndamento = false;
    notaIndex++;
  }
}

melodyOscSine.setFreq(0);
currentMelodyFreq = 0;
}
}

// 6) Atualiza display a cada ~200ms
if (millis() - lastDisplayUpdate >= 200) {
  lastDisplayUpdate = millis();
  atualizaDisplay();
}

/*****
// SETUP
void setup() {
  Serial.begin(9600);

  pinMode(BTN_WAVE, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_MELODY, INPUT_PULLUP);
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);

  // Inicializa display
  if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC,
SCREEN_ADDRESS)) {
    Serial.println("SSD1306 allocation failed");
    for(;;);
  }
  display.clearDisplay();

  // Inicia Mozzi
  startMozzi();

  // Estados iniciais
  waveMode = 0;
  playMelody = false;
  freq = 0;
  volume = 127;
  currentMelodyFreq = 0;

  // Zera freq dos osciladores
  waveOscSine.setFreq(0);
  waveOscSquare.setFreq(0);
  waveOscTriangle.setFreq(0);
  melodyOscSine.setFreq(0);

  // Mensagem inicial
  display.setCursor(0,0);
  display.println("Ready!");
  display.display();
  delay(1000);

  atualizaDisplay();
}

/*****
// LOOP PRINCIPAL
void loop() {
  // Mozzi exige chamar audioHook()
  audioHook();
}

```

APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Versão 1)

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA MESTRADO PROFISSIONAL GESTÃO E TECNOLOGIAS APLICADAS À EDUCAÇÃO



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

ESTA PESQUISA SEGUIRÁ OS CRITÉRIOS DA ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS CONFORME RESOLUÇÃO N.º 466/12 DO CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE.

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO:

Nome do Participante: _____
 Documento de Identidade n.º: _____ Sexo: F () M () _____ ()
 Data de Nascimento: ____ / ____ / ____ Endereço: _____
 Complemento: _____ Bairro: _____ Cidade: _____
 CEP: _____ Telefone: (____) _____ / (____) _____

Todas as Informações
são Obrigatórias

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA:

- TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA:** “Trigonometria, Ondas e Música na Licenciatura em Física da UNEB: arduino como ferramenta em aprendizagem significativa”.
- PESQUISADOR(A) RESPONSÁVEL:** Marcos Antonio Bezerra de Carvalho.
- CARGO/FUNÇÃO:** Mestrando do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional Gestão e Tecnologias Aplicadas à Educação da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) - *Campus I/Salvador-(BA)*.

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PARTICIPANTE SOBRE A PESQUISA:

O (a) senhor (a) está sendo convidado (a) para participar da pesquisa: “Trigonometria, Ondas e Música na Licenciatura em Física da UNEB: arduino como ferramenta em aprendizagem significativa”, de responsabilidade do pesquisador Marcos Antonio Bezerra de Carvalho, Mestrando do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional Gestão e Tecnologias Aplicadas à Educação da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) - *Campus I/Salvador-(BA)*. Esta pesquisa tem como **objetivo geral:** potencializar a aprendizagem de ondas mecânicas no curso de Licenciatura em Física da UNEB, por meio do uso de um dispositivo baseado em Arduino, que integra conceitos de trigonometria para a análise de sons musicais, promovendo uma abordagem prática e interativa do conteúdo. Possuindo ainda como **objetivos específicos:** a) Construir hardware com o arduino para a promoção do ensino de conteúdo de Física, ondas mecânicas, com o uso da trigonometria para análise dos sons musicais; b) Mensurar, através de questionários, o quanto o uso da ferramenta tecnológica proposta contribui para aumentar o interesse dos alunos na disciplina; c) Utilizar funções trigonométricas para modelar matematicamente os padrões de ondas gerados, como senos e cossenos, e explicar como essas funções descrevem fenômenos físicos; e, d) Investigar como o uso do Arduino no processo de ensino-aprendizagem facilita a compreensão dos alunos sobre a relação entre ondas mecânicas, som e trigonometria. A realização desta pesquisa trará ou poderá trazer **benefícios**, no processo de ensino de Física, em particular no conteúdo concernente às ondas mecânicas. **Caso aceite, o Senhor(a)** participará de uma pesquisa cuja modalidade de investigação adotada inscreve-se como um estudo de caso, com abordagem quali-quantitativa, na qual, para a produção dos dados, utilizaremos quatro procedimentos: 1- realizaremos a caracterização da área de estudo por meio de dados secundários, além de dados primários, coletados *in loco*, através de questionário de aplicação. Nesta pesquisa, não há

riscos maiores nem danosos à saúde do participante, entretanto, considerando principalmente as Resoluções Nº 510/2016 CNS e a Nº 466/2012 CNS, entre outras, caso ocorra devido à aplicação da entrevista e realização das oficinas, danos como: invasão de privacidade, ocupação do tempo dos sujeitos, desconforto relacionado à divulgação de imagem, estigmatização, interferência na vida e na rotina dos sujeitos, e embaraço ao interagir com estranhos, serão adotadas medidas preventivas e cautelares. Sua participação é voluntária e não haverá nenhum gasto ou remuneração resultante dela. Garantimos que sua identidade será tratada com sigilo e, portanto, o Senhor(a) não será identificado(a). Caso queira, o (a) senhor(a) poderá, a qualquer momento, desistir de participar e retirar sua autorização. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora ou com a instituição. Quaisquer dúvidas que o (a) senhor(a) apresentar serão esclarecidas pela pesquisadora e o Senhor(a) caso queira poderá entrar em contato também com o Comitê de Ética da Universidade do Estado da Bahia. Esclareço ainda que de acordo com as leis brasileiras o Senhor(a) tem direito à indenização caso seja prejudicado por esta pesquisa. O(a) senhor(a) receberá uma via deste termo onde consta o contato dos pesquisadores, que poderão tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora, ou a qualquer momento. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo de sua identidade. Serão guardados esses registros e somente os pesquisadores responsáveis terão acesso a essas informações. Nas possíveis publicações que resultarem deste trabalho, a identificação do participante não será revelada e os resultados serão relatados de forma a preservar o anonimato da pessoa.

IV - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Após ter sido devidamente esclarecido pelo pesquisador(a) sobre os objetivos, benefícios da pesquisa e riscos de minha participação na pesquisa "Trigonometria, Ondas e Música na Licenciatura em Física da UNEB: arduino como ferramenta em aprendizagem significativa", e ter entendido o que me foi explicado, concordo em participar, sob livre e espontânea vontade, como voluntário. Consinto que os resultados obtidos sejam apresentados e publicados em eventos e artigos científicos desde que a minha identificação não seja realizada, e, assinarei concordando com este documento e vou receber uma via do mesmo impresso.

_____, ____ de _____.

Assinatura do participante da pesquisa

Marcos Antonio Bezerra de Carvalho
Pesquisador

INFORMAÇÕES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA

- * **Pesquisadora Responsável:** Marcos Antonio Bezerra de Carvalho / Endereço: Rua Renato Barbat de Castro, Nº15, apto.217B, Stella Maris, Salvador-Ba. Vila Mamelucos, Cep 41601-185. Telefone:(71)99246-9327 / E-mail: marcosabcarvalho@yahoo.com
- * **Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/UNEB):** End: Av. Engenheiro Oscar Pontes s/n, antigo prédio daPetrobras, 2º andar, sala 23, Água de Meninos, Salvador-BA. CEP: 40460-120. Tel: (71) 3312-3420; (71) 3312-5057; (71) 3312-3393 Ramal 250, E-mail: cepuneb@uneb.br
- * **Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP):** End: SRTV 701, Via W 5 Norte, lote D-Edifício PO 700, 3º andar-Asa Norte, CEP: 70719-040, Brasília-DF.

APÊNDICE D - Questionário de Pesquisa - Pré-Teste

INSTRUMENTO 1 - PRÉ-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Parte I - Dados de identificação (não obrigatórios)

(Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Sexo: () Feminino () Masculino () Outro () Prefiro não dizer

Idade: _____

Já cursou esta disciplina antes? () Sim () Não

Já teve contato com algum experimento envolvendo Arduino? () Sim () Não

Tem facilidade com Matemática? () Muita () Média () Pouca () Nenhuma

Parte II - Conhecimentos prévios e percepção inicial

Instrução: Assinale a alternativa que melhor expressa seu grau de concordância com as afirmações abaixo.

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
6	Sei o que é uma função trigonométrica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Compreendo como ondas sonoras se formam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Acredito que a Física é uma disciplina difícil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Tenho interesse em aprender usando tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Já usei sensores, placas ou componentes eletrônicos em sala de aula.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Aprendo melhor com aulas práticas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12	Tenho facilidade para associar Matemática com situações reais.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

APÊNDICE E - Questionário de Pesquisa - Pós-Teste

INSTRUMENTO 2 - PÓS-TESTE

Objetivo: Avaliar a percepção da aprendizagem, interesse, clareza didática e impacto da metodologia adotada.

Parte I - Avaliação do processo de aprendizagem

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmção	1	2	3	4	5
1	Apreendi mais sobre funções trigonométricas nesta disciplina.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Entendi melhor o que são ondas sonoras e como elas se comportam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	A metodologia utilizada me ajudou a compreender melhor o conteúdo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Senti mais interesse nas aulas do que em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	O uso de recursos (como Arduino ou práticas) facilitou minha aprendizagem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Consegui fazer relações entre música, ondas e matemática.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Sinto que aprendi de maneira mais significativa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Tive dificuldade com os conteúdos ensinados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Esta metodologia deveria ser aplicada em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Parte II - Avaliação geral (resposta aberta)

O que você mais gostou nas aulas desta disciplina?

O que poderia ser melhorado na forma como os conteúdos foram apresentados?

Como foi sua experiência com o uso da tecnologia (se houver)?

De que forma essa disciplina se relaciona com sua vida ou formação?

APÊNDICE F - Declar. de Concord. com o Desenv. do Projeto de Pesquisa



DECLARAÇÃO DE CONCORDÂNCIA COM O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE PESQUISA

Declaro estar ciente do compromisso firmado com a execução do projeto intitulado TRIGONOMETRIA, ONDAS E MÚSICA NA LICENCIATURA EM FÍSICA DA UNEB: 'SONOTRIG' PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COM USO DO ARDUINO, vinculado à instituição UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA (UNEB), que será desenvolvido na forma apresentada e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do Estado da Bahia sempre orientado pelas normativas que regulamentam a atividade de pesquisa.

Salvador, 06 de agosto de 2025

Nome do orientador(a) e orientando(a)	Assinatura
Prof.ª Dra. Josemeire Machado Dias	
Marcos Antonio Bezerra de Carvalho	

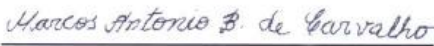

Edifício Civil Empresarial
Rua Dr. José Peroba 251, 7º andar – STIEP
Salvador, Ba - CEP 41770-235
Telefone: +55 (71)3198-5856
e-mail: cep@uneb.br
<http://portaluneb.br/comitedeetica>

APÊNDICE G - Inscrição do CONEP



MINISTÉRIO DA SAÚDE - Conselho Nacional de Saúde - Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP

FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

1. Projeto de Pesquisa: TRIGONOMETRIA, ONDAS E MÚSICA NA LICENCIATURA EM FÍSICA DA UNEB: <u>SONOTRIG</u> PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COM USO DO ARDUINO			
2. Número de Participantes da Pesquisa: 20			
3. Área Temática:			
4. Área do Conhecimento: Grande Área 1. Ciências Exatas e da Terra , Grande Área 7. Ciências Humanas			
PESQUISADOR			
5. Nome: MARCOS ANTONIO BEZERRA DE CARVALHO			
6. CPF: 599.235.985-00	7. Endereço (Rua, n.º): RENATO BERBERT DE CASTRO STELLA MARIS N415 Vilage Mamelucos Apto.217 SALVADOR BAHIA 41601185		
8. Nacionalidade: BRASILEIRO	9. Telefone: 71992469327	10. Outro Telefone:	11. Email: marcosabcarvalho@yahoo.com
<p>Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada por todos os responsáveis e fará parte integrante da documentação do mesmo.</p>			
Data: <u>06</u> / <u>08</u> / <u>2025</u>		 Assinatura	
INSTITUIÇÃO PROPONENTE			
12. Nome: UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA	13. CNPJ:	14. Unidade/Órgão: Universidade do Estado da Bahia- Departamento de Educação- Campus I	
15. Telefone: (71) 3117-2200	16. Outro Telefone:		
<p>Termo de Compromisso (do responsável pela instituição): Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas Complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução.</p>			
Responsável: <u>Paula Liane N. dos Santos</u>		CPF: <u>968.846.955-34</u>	
Cargo/Função: <u>Diretora</u>			
Data: <u>07</u> / <u>08</u> / <u>25</u>		 Assinatura Paula Liane Nascimento dos Santos Diretora do DEEC/UNEB Port. nº 92/2024 D.O.E 15.02.2024 Matr. 74425659-3	
PATROCINADOR PRINCIPAL			
Não se aplica.			

APÊNDICE H - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Versão 2)



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO CAMPUS I
COLEGIADO DO PROGRAMA DE GESTÃO E TECNOLOGIAS
APLICADAS À EDUCAÇÃO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)
ESTA PESQUISA SEGUIRÁ OS CRITÉRIOS DA ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS
CONFORME RESOLUÇÃO N.º 466/12 DO CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE.

I-DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Nome do Participante: _____
Documento de Identidade n.º: _____ Sexo: F () M ()
Data de Nascimento: ____ / ____ / ____
Endereço: _____ Complemento: _____
Bairro: _____ Cidade: _____ CEP: _____
Telefone: (____) _____ / (____) _____ / _____

II-DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA:

- TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA:** “TRIGONOMETRIA, ONDAS E MÚSICA NA LICENCIATURA EM FÍSICA DA UNEB: ‘SONOTRIG’ PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COM USO DO ARDUINO”
- PESQUISADOR(A) RESPONSÁVEL:** Marcos Antonio Bezerra de Carvalho.
- Cargo/Função:** Discente do Programa de Gestão e Tecnologias aplicadas à educação.

III-EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PARTICIPANTE SOBRE A PESQUISA:

O(a) senhor(a) está sendo convidado(a) para participar da pesquisa “TRIGONOMETRIA, ONDAS E MÚSICA NA LICENCIATURA EM FÍSICA DA UNEB: ‘SONOTRIG’ PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COM USO DO ARDUINO”, de responsabilidade do pesquisador Marcos Antonio Bezerra de Carvalho, discente do Programa de Gestão e Tecnologias aplicadas à Educação da Universidade do Estado da Bahia (UEBA) – Campus I/Salvador (BA), sob orientação da Prof.^a Dr.^a Josemeire Machado Dias, docente da UNEB. Esta pesquisa tem como **objetivo geral** investigar se e como o uso de um dispositivo didático baseado em Arduino – SONOTRIG – pode favorecer a aprendizagem de conteúdos de ondas mecânicas e trigonometria no curso de Licenciatura em Física. Possui ainda como **objetivos específicos**: 1- construir hardware didático com Arduino para apoiar o ensino de ondas mecânicas articuladas à trigonometria; 2- mensurar, por meio de questionários aplicados antes e depois da atividade, em que medida o uso do SONOTRIG contribui para aumentar o interesse dos estudantes na disciplina; 3- utilizar funções trigonométricas para modelar padrões de ondas na experiência prática com o dispositivo. A realização desta pesquisa trará ou poderá trazer **benefícios** de natureza pedagógica e formativa, como a oportunidade de vivenciar a articulação entre teoria e prática por meio de

Pesquisa submetida ao Comitê de ética em pesquisa com seres Humanos da Universidade do estado da Bahia, aprovado sob numero de parecer: _____ em _____, consulta disponível no link : [http](http://aplicacao.saude.gov.br/plataformabrasil)

<http://aplicacao.saude.gov.br/plataformabrasil>



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO CAMPUS I
COLEGIADO DO PROGRAMA DE GESTÃO E TECNOLOGIAS
APLICADAS À EDUCAÇÃO**

observação e manipulação direta de sinais sonoros e suas representações gráficas; contudo, não se antecipa ganho individual garantido, uma vez que a verificação desses efeitos constitui a própria questão de pesquisa. **Caso aceite, o(a) senhor(a)** participará de atividades em laboratório nas quais o pesquisador fará, inicialmente, a demonstração do SONOTRIG a toda a turma e, em seguida, convidará os participantes a interagir com o dispositivo. O SONOTRIG é um dispositivo didático já montado e pronto para uso, que emite som conforme a forma de onda selecionada por um botão (senoidal, quadrada ou triangular) e exibe simultaneamente a forma de onda em um display OLED, de modo semelhante a um osciloscópio; um segundo botão executa uma demonstração musical da obra “Primavera” (Spring), de Antonio Vivaldi; um potenciômetro controla a frequência e um segundo potenciômetro controla a amplitude, permitindo que o participante associe variações de parâmetros à percepção sonora e ao formato de onda visualizado. Os procedimentos de coleta consistirão na aplicação de questionários antes e depois da atividade prática, além de registros de observação do pesquisador; não haverá grupo de controle. **Nesta pesquisa, não há riscos maiores nem danosos à saúde do participante;** entretanto, podem ocorrer desconfortos pontuais como ocupação do tempo, leve embaraço por exposição em atividade prática e eventual fadiga visual ao observar o display; o equipamento opera em baixa tensão (5 V) e não exige qualquer intervenção técnica do participante. Sua participação é voluntária e não haverá nenhum gasto ou remuneração resultante dela. Garantimos que sua identidade será tratada com sigilo e, portanto, o(a) senhor(a) não será identificado(a). Caso queira, o(a) senhor(a) poderá, a qualquer momento, desistir de participar e retirar sua autorização. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição. Quaisquer dúvidas que o(a) senhor(a) apresentar serão esclarecidas pelo pesquisador e o(a) senhor(a), caso queira, poderá entrar em contato também com o Comitê de Ética da Universidade do Estado da Bahia. Esclarece-se ainda que, de acordo com as leis brasileiras, o(a) senhor(a) tem direito à indenização caso seja prejudicado(a) por esta pesquisa. O(a) senhor(a) receberá uma via deste termo, onde constam os contatos dos responsáveis, que poderão tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento. As informações obtidas através desta pesquisa serão confidenciais; asseguramos o sigilo de sua identidade; os registros serão guardados e somente os pesquisadores responsáveis terão acesso; nas possíveis publicações que resultarem deste trabalho, a identificação do participante não será revelada e os resultados serão relatados de forma a preservar o anonimato.

IV. INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE DÚVIDAS

PESQUISADORA RESPONSÁVEL: Marcos Antonio Bezerra de Carvalho.

Endereço: Rua Renato Berbert de Castro, N415, Stella Maris. **Telefone:**(71)99246-9327

E-mail: marcosabcarvalho@yahoo.com

Comitê de Ética em Pesquisa-CEP/UNEB Avenida Engenheiro Oscar Pontes s/n, antigo prédio da Petrobras, 2º andar, sala 23, Água de Meninos, Salvador-BA. CEP: 40460-120. Tel.: (71) 3312-3420, (71) 3312-5057, (71) 3312-3393, ramal 250, e-mail: cepuneb@uneb.br

Pesquisa submetida ao Comitê de ética em pesquisa com seres Humanos da Universidade do estado da Bahia , aprovado sob numero de parecer: _____ em _____, consulta disponível no link : <http://aplicacao.saude.gov.br/plataformabrasil>



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO CAMPUS I
COLEGIADO DO PROGRAMA DE GESTÃO E TECNOLOGIAS
APLICADAS À EDUCAÇÃO**

Comissão Nacional de Ética em Pesquisa—CONEP- End: SRTV 701, Via W 5 Norte, lote D-Edifício PO 700
3º andar—Asa Norte, CEP: 70719-040, Brasília-DF

V. CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Após ter sido devidamente esclarecido pelo pesquisador(a) sobre os objetivos, benefícios da pesquisa e riscos de minha participação na pesquisa “TRIGONOMETRIA, ONDAS E MÚSICA NA LICENCIATURA EM FÍSICA DA UNEB: ‘SONOTRIG’ PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COM USO DO ARDUINO”, e ter entendido o que me foi explicado, concordo em participar, sob livre e espontânea vontade, como voluntário. Consinto que os resultados obtidos sejam apresentados e publicados em eventos e artigos científicos desde que a minha identificação não seja realizada, e, assinarei concordando com este documento e vou receber uma via do mesmo impresso.

_____, ____ de ____ de ____.

Assinatura do participante da pesquisa

Marcos Antonio B. de Carvalho

Assinatura do pesquisador discente
(orientando)

Frederico Dias

Assinatura do professor responsável
(orientador)

Pesquisa submetida ao Comitê de ética em pesquisa com seres Humanos da Universidade do estado da Bahia, aprovado sob numero de parecer: _____ em _____, consulta disponível no link : [http](http://aplicacao.saude.gov.br/plataformabrasil)

<http://aplicacao.saude.gov.br/plataformabrasil>

APÊNDICE I - Termo de Confidencialidade



TERMO DE CONFIDENCIALIDADE

Assumimos o compromisso de preservar a privacidade e a identidade dos participantes da pesquisa intitulada TRIGONOMETRIA, ONDAS E MÚSICA NA LICENCIATURA EM FÍSICA DA UNEB: 'SONOTRIG' PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COM USO DO ARDUINO cujos dados serão coletados através de questionários, no Laboratório de Ondulatório do Curso dos Alunos de Graduação em Física da UNEB, com a utilização dos dados única e exclusivamente para execução do presente projeto.

Os resultados serão divulgados de forma anônima, assim como os termos de consentimento livre e esclarecido guardados no arquivo físico e digital da Coordenação do Programa GESTEC da Universidade do Estado da Bahia pelo período de 05 (cinco) anos sob a responsabilidade do Pesquisador/a Marcos Antonio Bezerra de Carvalho. Após este período, os dados serão destruídos.

Salvador, 06 de agosto de 2025

Membro da equipe executora	Assinatura
Prof. ^a Dra. Josemeire Machado Dias	
Marcos Antonio Bezerra de Carvalho	

Edifício Civil Empresarial
 Rua Dr. José Peroba 251, 7º andar – STIEP
 Salvador, Ba - CEP 41770-235
 Telefone: +55 (71)3198-5856
 e-mail: cepuneb@uneb.br
<https://portaluneb.br/comitedeetica>

APÊNDICE J - Termo de Compromisso do Pesquisador



TERMO DE COMPROMISSO DO PESQUISADOR

Declaro estar ciente das normativas que regulamentam a atividade de pesquisa envolvendo seres humanos e que o projeto intitulado TRIGONOMETRIA, ONDAS E MÚSICA NA LICENCIATURA EM FÍSICA DA UNEB: SONOTRIG PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COM USO DO ARDUINO sob minha responsabilidade será desenvolvido em conformidade com a Resolução CNS 466/12, respeitando os princípios da autonomia, da beneficência, da não maleficência, da justiça e da equidade.

Assumo o compromisso de apresentar os relatórios e/ou esclarecimentos que forem solicitados pelo Comitê de Ética da Universidade do Estado da Bahia; de tornar os resultados desta pesquisa públicos independente do desfecho (positivo ou negativo); de comunicar ao CEP/UNEB qualquer alteração no projeto de pesquisa, via Plataforma Brasil.

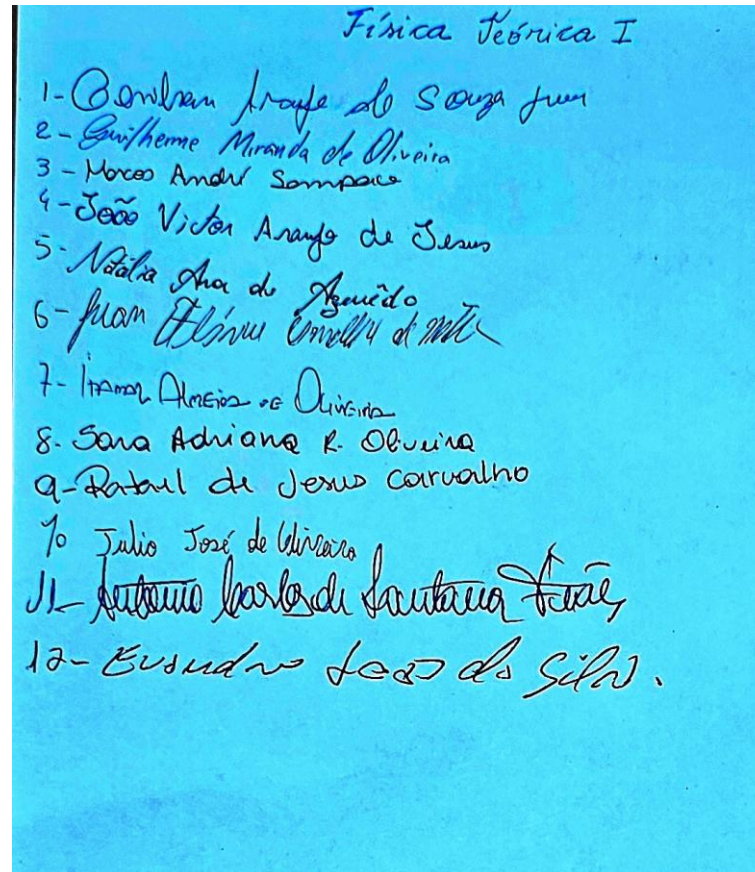
Salvador, 28.de.....agosto.....de 2025

Marcos Antonio B. de Carvalho

Assinatura do responsável pelo projeto

Edifício Civil Empresarial
Rua Dr. José Peroba 251, 7º andar – STIEP
Salvador, Ba - CEP 41770-235
Telefone: +55 (71)3198-5856
e-mail: cepuneb@uneb.br
<https://portaluneb.br/comitedeetica>

APÊNDICE L - Questionários (Pré/Pós Aplicação do Produto) Respondidos



INSTRUMENTO 1 – PRÉ-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Parte I – Dados de identificação (não obrigatórios)
 (Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Sexo: Feminino () Masculino () Outro () Prefiro não dizer

Idade: 18 anos

Já cursou esta disciplina antes? () Sim Não

Já teve contato com algum experimento envolvendo Arduino? () Sim Não

Tem facilidade com Matemática? () Muita () Média Pouca () Nenhuma

Parte II – Conhecimentos prévios e percepção inicial

Instrução: Assinale a alternativa que melhor expressa seu grau de concordância com as afirmações abaixo.

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
6	Sei o que é uma função trigonométrica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Compreendo como ondas sonoras se formam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Acredito que a Física é uma disciplina difícil.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Tenho interesse em aprender usando tecnologia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Já usei sensores, placas ou componentes eletrônicos em sala de aula.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Aprendo melhor com aulas práticas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Tenho facilidade para associar Matemática com situações reais.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Observações:

INSTRUMENTO 2 – PÓS-TESTE

Objetivo: Avaliar a percepção da aprendizagem, interesse, clareza didática e impacto da metodologia adotada.

Parte I – Avaliação do processo de aprendizagem

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
1	Aprendi mais sobre funções trigonométricas nesta disciplina.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Entendi melhor o que são ondas sonoras e como elas se comportam.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	A metodologia utilizada me ajudou a compreender melhor o conteúdo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Senti mais interesse nas aulas do que em outras disciplinas.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	O uso de recursos (como Arduino ou práticas) facilitou minha aprendizagem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Consegui fazer relações entre música, ondas e matemática.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Sinto que aprendi de maneira mais significativa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Tive dificuldade com os conteúdos ensinados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Esta metodologia deveria ser aplicada em outras disciplinas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Parte II – Avaliação geral (resposta aberta)

O que você mais gostou nas aulas desta disciplina? Contribuição didática

O que poderia ser melhorado na forma como os conteúdos foram apresentados? Homomorfismo da tela

Como foi sua experiência com o uso da tecnologia (se houver)? Bom

De que forma essa disciplina se relaciona com sua vida ou formação? Contribuiu com a pedagogia.

Observações:

1

INSTRUMENTO 1 – PRÉ-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Parte I – Dados de Identificação (não obrigatórios)
(Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Sexo: () Feminino Masculino () Outro () Prefiro não dizer

Idade: 38

Já cursou esta disciplina antes? () Sim Não

Já teve contato com algum experimento envolvendo Arduino? () Sim Não

Tem facilidade com Matemática? () Muita Média () Pouca () Nenhuma

Parte II – Conhecimentos prévios e percepção inicial

Instrução: Assinale a alternativa que melhor expressa seu grau de concordância com as afirmações abaixo.

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
6	Sei o que é uma função trigonométrica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
7	Compreendo como ondas sonoras se formam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Acredito que a Física é uma disciplina difícil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
9	Tenho interesse em aprender usando tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
10	Já usei sensores, placas ou componentes eletrônicos em sala de aula.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Aprendo melhor com aulas práticas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
12	Tenho facilidade para associar Matemática com situações reais.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Observações:

1

INSTRUMENTO 2 – PÓS-TESTE

Objetivo: Avaliar a percepção da aprendizagem, interesse, clareza didática e impacto da metodologia adotada.

Parte I – Avaliação do processo de aprendizagem
(Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
1	Apreendi mais sobre funções trigonométricas nesta disciplina.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Entendi melhor o que são ondas sonoras e como elas se comportam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
3	A metodologia utilizada me ajudou a compreender melhor o conteúdo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Senti mais interesse nas aulas do que em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
5	O uso de recursos (como Arduino ou práticas) facilitou minha aprendizagem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
6	Consegui fazer relações entre música, ondas e matemática.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
7	Sinto que aprendi de maneira mais significativa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Tive dificuldade com os conteúdos ensinados.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Esta metodologia deveria ser aplicada em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Parte II – Avaliação geral (resposta aberta)

O que você mais gostou nas aulas desta disciplina? A TEORIA PRÁTICA

O que poderia ser melhorado na forma como os conteúdos foram apresentados?
MAIS FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E MATEMÁTICA

Como foi sua experiência com o uso da tecnologia (se houver)?
BOM, ME SINTO BEM USANDO

De que forma essa disciplina se relaciona com sua vida ou formação?
ELA ME ENSINOU O QUE PRECISO PARA SER UM PROFISSIONAL

Observações:

1

INSTRUMENTO 1 – PRÉ-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Parte I – Dados de identificação (não obrigatórios)
(Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Sexo: () Feminino Masculino () Outro () Prefiro não dizer

Idade: 18

Já cursou esta disciplina antes? () Sim Não

Já teve contato com algum experimento envolvendo Arduino? () Sim Não

Tem facilidade com Matemática? () Muita () Média Pouca () Nenhuma

Parte II – Conhecimentos prévios e percepção inicial

Instrução: Assinale a alternativa que melhor expressa seu grau de concordância com as afirmações abaixo.

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
6	Sei o que é uma função trigonométrica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
7	Compreendo como ondas sonoras se formam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
8	Acredito que a Física é uma disciplina difícil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
9	Tenho interesse em aprender usando tecnologia eletrônicos em sala de aula.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
10	Já usei sensores, placas ou componentes eletrônicos em sala de aula.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Aprendo melhor com aulas práticas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
12	Tenho facilidade para associar Matemática com situações reais.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Observações:

1

INSTRUMENTO 2 – PÓS-TESTE

Objetivo: Avaliar a percepção da aprendizagem, interesse, clareza didática e impacto da metodologia adotada.

Parte I – Avaliação do processo de aprendizagem
(Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
1	Aprendi mais sobre funções trigonométricas nesta disciplina.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
2	Entendi melhor o que são ondas sonoras e como elas se comportam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
3	A metodologia utilizada me ajudou a compreender melhor o conteúdo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
4	Senti mais interesse nas aulas do que em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
5	O uso de recursos (como Arduino ou práticas) facilitou minha aprendizagem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
6	Consegui fazer relações entre música, ondas e matemática.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
7	Sinto que aprendi de maneira mais significativa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
8	Tive dificuldade com os conteúdos ensinados.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Esta metodologia deveria ser aplicada em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Parte II – Avaliação geral (resposta aberta)

O que você mais gostou nas aulas desta disciplina?
A visualização das ondas.

O que poderia ser melhorado na forma como os conteúdos foram apresentados?
Adicionar a matemática/trigonometria.

Como foi sua experiência com o uso da tecnologia (se houver)?
Boa.

De que forma essa disciplina se relaciona com sua vida ou formação?
Facilitar o entendimento das ondas.

Observações:

1

INSTRUMENTO 1 – PRÉ-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Parte I – Dados de identificação (não obrigatórios)
 (Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Sexo: () Feminino () Masculino () Outro Prefiro não dizer.

Idade: 19

Já cursou esta disciplina antes? () Sim Não

Já teve contato com algum experimento envolvendo Arduino? () Sim Não

Tem facilidade com Matemática? Muita () Média () Pouca () Nenhuma

Parte II – Conhecimentos prévios e percepção inicial

Instrução: Assinale a alternativa que melhor expressa seu grau de concordância com as afirmações abaixo.
 Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
6	Sei o que é uma função trigonométrica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Compreendo como ondas sonoras se formam.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Acredito que a Física é uma disciplina difícil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
9	Tenho interesse em aprender usando tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Já usei sensores, placas ou componentes eletrônicos em sala de aula.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Aprendo melhor com aulas práticas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
12	Tenho facilidade para associar Matemática com situações reais.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Observações:

1

INSTRUMENTO 2 – PÓS-TESTE

Objetivo: Avaliar a percepção da aprendizagem, interesse, clareza didática e impacto da metodologia adotada.

Parte I – Avaliação do processo de aprendizagem
 Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
1	Aprendi mais sobre funções trigonométricas nesta disciplina.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Entendi melhor o que são ondas sonoras e como elas se comportam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	A metodologia utilizada me ajudou a compreender melhor o conteúdo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Senti mais interesse nas aulas do que em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	O uso de recursos (como Arduino ou práticas) facilitou minha aprendizagem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Consegui fazer relações entre música, ondas e matemática.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Sinto que aprendi de maneira mais significativa.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Tive dificuldade com os conteúdos ensinados.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Esta metodologia deveria ser aplicada em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Parte II – Avaliação geral (resposta aberta)

O que você mais gostou nas aulas desta disciplina? e tecnologia

O que poderia ser melhorado na forma como os conteúdos foram apresentados? ocho legal

Como foi sua experiência com o uso da tecnologia (se houver)? muito legal

De que forma essa disciplina se relaciona com sua vida ou formação? Entendo música

Observações:

Faltou explicar um pouco melhor Funções trigonométricas

1

INSTRUMENTO 1 – PRÉ-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Parte I – Dados de identificação (não obrigatórios)
(Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Sexo: () Feminino Masculino () Outro () Prefiro não dizer

Idade: 25

Já cursou esta disciplina antes? () Sim Não

Já teve contato com algum experimento envolvendo Arduino? () Sim Não

Tem facilidade com Matemática? () Muita () Média Pouca () Nenhuma

Parte II – Conhecimentos prévios e percepção inicial

Instrução: Assinale a alternativa que melhor expressa seu grau de concordância com as afirmações abaixo.

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
6	Sei o que é uma função trigonométrica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Compreendo como ondas sonoras se formam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Acredito que a Física é uma disciplina difícil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Tenho interesse em aprender usando tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Já usei sensores, placas ou componentes eletrônicos em sala de aula.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Aprendo melhor com aulas práticas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12	Tenho facilidade para associar Matemática com situações reais.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Observações:

1

INSTRUMENTO 2 – PÓS-TESTE

Objetivo: Avaliar a percepção da aprendizagem, interesse, clareza didática e Impacto da metodologia adotada.

Parte I – Avaliação do processo de aprendizagem
Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
1	Apreendi mais sobre funções trigonométricas nesta disciplina.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Entendi melhor o que são ondas sonoras e como elas se comportam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	A metodologia utilizada me ajudou a compreender melhor o conteúdo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Senti mais interesse nas aulas do que em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	O uso de recursos (como Arduino ou práticas) facilitou minha aprendizagem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Consegui fazer relações entre música, ondas e matemática.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Sinto que aprendi de maneira mais significativa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Tive dificuldade com os conteúdos ensinados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Esta metodologia deveria ser aplicada em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Parte II – Avaliação geral (resposta aberta)

O que você mais gostou nas aulas desta disciplina? A didática

O que poderia ser melhorado na forma como os conteúdos foram apresentados?

Como foi sua experiência com o uso da tecnologia (se houver)?

De que forma essa disciplina se relaciona com sua vida ou formação?

Observações: Poderia ser melhorado na apresentação em ter slides para os estudantes poderem visualizar, compreenderem melhor, mas durante mais a apresentação foi ótimo.

1

INSTRUMENTO 1 – PRÉ-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Quando loss do si lu

Parte I – Dados de Identificação (não obrigatórios)
 (Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Sexo: () Feminino Masculino () Outro () Prefiro não dizer

Idade: 62

Já cursou esta disciplina antes? () Sim Não

Já teve contato com algum experimento envolvendo Arduino? () Sim Não

Tem facilidade com Matemática? () Muita Média () Pouca () Nenhuma

Parte II – Conhecimentos prévios e percepção inicial

Instrução: Assinale a alternativa que melhor expressa seu grau de concordância com as afirmações abaixo.

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmção	1	2	3	4	5
6	Sei o que é uma função trigonométrica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Compreendo como ondas sonoras se formam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Acredito que a Física é uma disciplina difícil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Tenho interesse em aprender usando tecnologia eletrônicos em sala de aula.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Aprendo melhor com aulas práticas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12	Tenho facilidade para associar Matemática com situações reais.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Observações:

1

INSTRUMENTO 2 – PÓS-TESTE

Objetivo: Avaliar a percepção da aprendizagem, interesse, clareza didática e impacto da metodologia adotada.

Parte I – Avaliação do processo de aprendizagem
 Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmção	1	2	3	4	5
1	Apreendi mais sobre funções trigonométricas nesta disciplina.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Entendi melhor o que são ondas sonoras e como elas se comportam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	A metodologia utilizada me ajudou a compreender melhor o conteúdo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Senti mais interesse nas aulas do que em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	O uso de recursos (como Arduino ou práticas) facilitou minha aprendizagem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Consegui fazer relações entre música, ondas e matemática.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Sinto que aprendi de maneira mais significativa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Tive dificuldade com os conteúdos ensinados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Esta metodologia deveria ser aplicada em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Parte II – Avaliação geral (resposta aberta)

O que você mais gostou nas aulas desta disciplina? *O Arduino*

O que poderia ser melhorado na forma como os conteúdos foram apresentados?
USAR UM NOVO BOOK

Como foi sua experiência com o uso da tecnologia (se houver)?
EXCELENTE

De que forma essa disciplina se relaciona com sua vida ou formação?
TOTAL TOTALMENTE

Observações:

1

INSTRUMENTO 1 – PRÉ-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Parte I – Dados de identificação (não obrigatórios)
 (Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Sexo: () Feminino Masculino () Outro () Prefiro não dizer

Idade: 01

Já cursou esta disciplina antes? () Sim Não

Já teve contato com algum experimento envolvendo Arduino? () Sim Não

Tem facilidade com Matemática? () Muita Média () Pouca () Nenhuma

Parte II – Conhecimentos prévios e percepção inicial

Instrução: Assinale a alternativa que melhor expressa seu grau de concordância com as afirmações abaixo.

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmção	1	2	3	4	5
6	Sei o que é uma função trigonométrica.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Compreendo como ondas sonoras se formam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Acredito que a Física é uma disciplina difícil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Tenho interesse em aprender usando tecnologia eletrônicos em sala de aula.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Já usei sensores, placas ou componentes eletrônicos em sala de aula.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Aprendo melhor com aulas práticas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
12	Tenho facilidade para associar Matemática com situações reais.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Observações: *Conhecimento prévio de física*

1

INSTRUMENTO 2 – PÓS-TESTE

Objetivo: Avaliar a percepção da aprendizagem, interesse, clareza didática e impacto da metodologia adotada.

Parte I – Avaliação do processo de aprendizagem
 Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmção	1	2	3	4	5
1	Aprendi mais sobre funções trigonométricas nesta disciplina.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Entendi melhor o que são ondas sonoras e como elas se comportam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	A metodologia utilizada me ajudou a compreender melhor o conteúdo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Senti mais interesse nas aulas do que em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	O uso de recursos (como Arduino ou práticas) facilitou minha aprendizagem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Consegui fazer relações entre música, ondas e matemática.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Sinto que aprendi de maneira mais significativa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Tive dificuldade com os conteúdos ensinados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Esta metodologia deveria ser aplicada em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Parte II – Avaliação geral (resposta aberta)

O que você mais gostou nas aulas desta disciplina?
TEMA QUE NÃO TINHA DISTINTE COMEÇANDO

O que poderia ser melhorado na forma como os conteúdos foram apresentados?
O TEMPO PARA ALGUMAS COISAS

Como foi sua experiência com o uso da tecnologia (se houver)?
STATISTICA

De que forma essa disciplina se relaciona com sua vida ou formação?
CONTAR PARA APRENDIZAGEM DE DIVERSOS ASSUNTOS DE FISICA

Observações:

1

INSTRUMENTO 1 – PRÉ-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Parte I – Dados de identificação (não obrigatórios)
 (Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Sexo: () Feminino Masculino () Outro () Prefiro não dizer

Idade: _____

Já cursou esta disciplina antes? () Sim Não

Já teve contato com algum experimento envolvendo Arduino? () Sim Não

Tem facilidade com Matemática? () Muita Média () Pouca () Nenhuma

Parte II – Conhecimentos prévios e percepção inicial

Instrução: Assinale a alternativa que melhor expressa seu grau de concordância com as afirmações abaixo.

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
6	Sei o que é uma função trigonométrica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
7	Compreendo como ondas sonoras se formam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
8	Acredito que a Física é uma disciplina difícil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
9	Tenho interesse em aprender usando tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
10	Já usei sensores, placas ou componentes eletrônicos em sala de aula.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
11	Aprendo melhor com aulas práticas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
12	Tenho facilidade para associar Matemática com situações reais.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Observações:

1

INSTRUMENTO 2 – PÓS-TESTE

Objetivo: Avaliar a percepção da aprendizagem, interesse, clareza didática e impacto da metodologia adotada.

Parte I – Avaliação do processo de aprendizagem
 (Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
1	Aprendi mais sobre funções trigonométricas nesta disciplina.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
2	Entendi melhor o que são ondas sonoras e como elas se comportam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
3	A metodologia utilizada me ajudou a compreender melhor o conteúdo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
4	Senti mais interesse nas aulas do que em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
5	O uso de recursos (como Arduino ou práticas) facilitou minha aprendizagem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
6	Consegui fazer relações entre música, ondas e matemática.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
7	Sinto que aprendi de maneira mais significativa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
8	Tive dificuldade com os conteúdos ensinados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
9	Esta metodologia deveria ser aplicada em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Parte II – Avaliação geral (resposta aberta)

O que você mais gostou nas aulas desta disciplina? arduino

O que poderia ser melhorado na forma como os conteúdos foram apresentados?

Como foi sua experiência com o uso da tecnologia (se houver)?

De que forma essa disciplina se relaciona com sua vida ou formação?

Observações:

INSTRUMENTO 1 – PRÉ-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Parte I – Dados de identificação (não obrigatórios)
 (Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Sexo: () Feminino (X) Masculino () Outro () Prefiro não dizer

Idade: 40

Já cursou esta disciplina antes? () Sim (X) Não

Já teve contato com algum experimento envolvendo Arduino? () Sim (X) Não

Tem facilidade com Matemática? () Muita (X) Média () Pouca () Nenhuma

Parte II – Conhecimentos prévios e percepção inicial

Instrução: Assinale a alternativa que melhor expressa seu grau de concordância com as afirmações abaixo.

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmção	1	2	3	4	5
6	Sei o que é uma função trigonométrica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Compreendo como ondas sonoras se formam.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Acredito que a Física é uma disciplina difícil.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Tenho interesse em aprender usando tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Já usei sensores, placas ou componentes eletrônicos em sala de aula.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Aprendo melhor com aulas práticas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12	Tenho facilidade para associar Matemática com situações reais.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Observações:

INSTRUMENTO 2 – PÓS-TESTE

Objetivo: Avaliar a percepção da aprendizagem, interesse, clareza didática e impacto da metodologia adotada.

Parte I – Avaliação do processo de aprendizagem

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmção	1	2	3	4	5
1	Aprendi mais sobre funções trigonométricas nesta disciplina.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Entendi melhor o que são ondas sonoras e como elas se comportam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	A metodologia utilizada me ajudou a compreender melhor o conteúdo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Senti mais interesse nas aulas do que em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	O uso de recursos (como Arduino ou práticas) facilitou minha aprendizagem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
6	Consegui fazer relações entre música, ondas e matemática.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Sinto que aprendi de maneira mais significativa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Tive dificuldade com os conteúdos ensinados.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Esta metodologia deveria ser aplicada em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Parte II – Avaliação geral (resposta aberta)

O que você mais gostou nas aulas desta disciplina? *As possibilidades de arduino*

O que poderia ser melhorado na forma como os conteúdos foram apresentados? *Mais oportunidades de estudar esse conteúdo*

Como foi sua experiência com o uso da tecnologia (se houver)? *Muito bom o uso de tecnologia*

De que forma essa disciplina se relaciona com sua vida ou formação? *Em todos os aspectos, em minha formação profissional*

Observações:

INSTRUMENTO 1 – PRÉ-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Parte I – Dados de identificação (não obrigatórios)
 (Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Sexo: () Feminino (x) Masculino () Outro () Prefiro não dizer

Idade: 29

Já cursou esta disciplina antes? () Sim (x) Não

Já teve contato com algum experimento envolvendo Arduino? () Sim (x) Não

Tem facilidade com Matemática? () Muita (x) Média () Pouca () Nenhuma

Parte II – Conhecimentos prévios e percepção inicial

Instrução: Assinale a alternativa que melhor expressa seu grau de concordância com as afirmações abaixo.

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
6	Sei o que é uma função trigonométrica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
7	Compreendo como ondas sonoras se formam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Acredito que a Física é uma disciplina difícil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Tenho interesse em aprender usando tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Já usei sensores, placas ou componentes eletrônicos em sala de aula.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Aprendo melhor com aulas práticas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
12	Tenho facilidade para associar Matemática com situações reais.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Observações:

INSTRUMENTO 2 – PÓS-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Objetivo: Avaliar a percepção da aprendizagem, interesse, clareza didática e impacto da metodologia adotada.

Parte I – Avaliação do processo de aprendizagem
 (Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
1	Apreendi mais sobre funções trigonométricas nesta disciplina.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Entendi melhor o que são ondas sonoras e como elas se comportam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	A metodologia utilizada me ajudou a compreender melhor o conteúdo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Senti mais interesse nas aulas do que em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	O uso de recursos (como Arduino ou práticas) facilitou minha aprendizagem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Consegui fazer relações entre música, ondas e matemática.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Sinto que aprendi de maneira mais significativa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Tive dificuldade com os conteúdos ensinados.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Esta metodologia deveria ser aplicada em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Parte II – Avaliação geral (resposta aberta)

O que você mais gostou nas aulas desta disciplina?
Um aluno conceito físico e matemático na prática.

O que poderia ser melhorado na forma como os conteúdos foram apresentados?

Como foi sua experiência com o uso da tecnologia (se houver)?
Foi ótima e esclarecedora

De que forma essa disciplina se relaciona com sua vida ou formação?
Sou estudante de Física, portanto extremamente

Observações:

1

INSTRUMENTO 1 – PRÉ-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Parte I – Dados de identificação (não obrigatórios)
 (Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Sexo: Feminino Masculino Outro Prefiro não dizer

Idade: 22

Já cursou esta disciplina antes? Sim Não

Já teve contato com algum experimento envolvendo Arduino? Sim Não

Tem facilidade com Matemática? Muita Média Pouca Nenhuma

Parte II – Conhecimentos prévios e percepção inicial

Instrução: Assinale a alternativa que melhor expressa seu grau de concordância com as afirmações abaixo.

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
6	Sei o que é uma função trigonométrica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Compreendo como ondas sonoras se formam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Acredito que a Física é uma disciplina difícil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Tenho interesse em aprender usando tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Já usei sensores, placas ou componentes eletrônicos em sala de aula.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Aprendo melhor com aulas práticas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
12	Tenho facilidade para associar Matemática com situações reais.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Observações:

1

INSTRUMENTO 2 – PÓS-TESTE

Objetivo: Avaliar a percepção da aprendizagem, interesse, clareza didática e impacto da metodologia adotada.

Parte I – Avaliação do processo de aprendizagem
 (Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmação	1	2	3	4	5
1	Aprendi mais sobre funções trigonométricas nesta disciplina.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Entendi melhor o que são ondas sonoras e como elas se comportam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	A metodologia utilizada me ajudou a compreender melhor o conteúdo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Senti mais interesse nas aulas do que em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	O uso de recursos (como Arduino ou práticas) facilitou minha aprendizagem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Consegui fazer relações entre música, ondas e matemática.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Sinto que aprendi de maneira mais significativa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Tive dificuldade com os conteúdos ensinados.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Esta metodologia deveria ser aplicada em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Parte II – Avaliação geral (resposta aberta)

O que você mais gostou nas aulas desta disciplina? *A visualização dos ondas*

O que poderia ser melhorado na forma como os conteúdos foram apresentados? *foi ótima a forma como foram apresentados*

Como foi sua experiência com o uso da tecnologia (se houver)? *muito interessante*

De que forma essa disciplina se relaciona com sua vida ou formação? *Mu ajuda com o meu motor da casa*

Observações:

1

INSTRUMENTO 1 – PRÉ-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Parte I – Dados de Identificação (não obrigatórios)
(Apenas para uso do pesquisador, garantir anonimato com código numérico)

Sexo: () Feminino (X) Masculino () Outro () Prefiro não dizer

Idade: 30

Já cursou esta disciplina antes? (X) Sim () Não

Já teve contato com algum experimento envolvendo Arduino? (X) Sim () Não

Tem facilidade com Matemática? () Muita (X) Média () Pouca () Nenhuma

Parte II – Conhecimentos prévios e percepção inicial

Instrução: Assinale a alternativa que melhor expressa seu grau de concordância com as afirmações abaixo.

Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmção	1	2	3	4	5
6	Sei o que é uma função trigonométrica.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Compreendo como ondas sonoras se formam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
8	Acredito que a Física é uma disciplina difícil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Tenho interesse em aprender usando tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
10	Já usei sensores, placas ou componentes eletrônicos em sala de aula.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
11	Aprendo melhor com aulas práticas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
12	Tenho facilidade para associar Matemática com situações reais.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Observações:

1

INSTRUMENTO 2 – PÓS-TESTE

Objetivo: Avaliar conhecimentos prévios, percepções iniciais sobre a disciplina e perfil do estudante.

Objetivo: Avaliar a percepção da aprendizagem, interesse, clareza didática e impacto da metodologia adotada.

Parte I – Avaliação do processo de aprendizagem
Escala: (1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Indiferente (4) Concordo parcialmente (5) Concordo totalmente

Nº	Afirmção	1	2	3	4	5
1	Aprendi mais sobre funções trigonométricas nesta disciplina.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
2	Entendi melhor o que são ondas sonoras e como elas se comportam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
3	A metodologia utilizada me ajudou a compreender melhor o conteúdo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Senti mais interesse nas aulas do que em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
5	O uso de recursos (como Arduino ou práticas) facilitou minha aprendizagem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
6	Consegui fazer relações entre música, ondas e matemática.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
7	Sinto que aprendi de maneira mais significativa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
8	Tive dificuldade com os conteúdos ensinados.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Esta metodologia deveria ser aplicada em outras disciplinas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Parte II – Avaliação geral (resposta aberta)

O que você mais gostou nas aulas desta disciplina? Utilização das tecnologias

O que poderia ser melhorado na forma como os conteúdos foram apresentados?

Como foi sua experiência com o uso da tecnologia (se houver)? Muito bem aprendizado

De que forma essa disciplina se relaciona com sua vida ou formação? Utilização de tecnologia no mundo moderno

Observações:

APÊNDICE M - Registro de Patente do Produto: Sonotrig

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512025002289-1**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 09/05/2025, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: Sonotrig - Ferramenta Pedagógica Interativa para Geração e Visualização de Ondas Sonoras e Síntese de Melodias com Arduino UNO

Data de publicação: 09/05/2025

Data de criação: 29/10/2023

Titular(es): MARCOS ANTONIO BEZERRA DE CARVALHO

Autor(es): JOSEMEIRE MACHADO DIAS; JOSÉ VICENTE CARDOSO SANTOS; MARCOS ANTONIO BEZERRA DE CARVALHO; MELINA SILVA DE LIMA

Linguagem: C++; PYTHON

Campo de aplicação: ED-06

Tipo de programa: TC-01


Algoritmo hash: SHA-256

Resumo digital hash: ead2c0bd935a6a672318707abc181654d892e5c975e99f2a9e0b72b0bf9aee6f

Expedido em: 03/06/2025

15 de Novembro
REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
de 1889

APÊNDICE N - Autorização para Aplicação de Entrevistas

<p>UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA <small>Autorização Decreto nº 9237/86. DOU 18/07/96. Reconhecimento: Portaria 909/95, DOU 01/08-95</small></p> <p>DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA CAMPUS I - SALVADOR</p>	
--	--

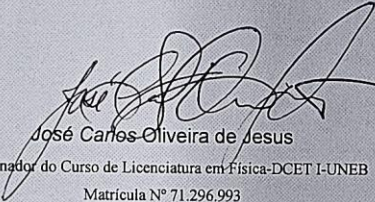
AUTORIZAÇÃO PARA APLICAÇÃO DE ENTREVISTAS

O Colegiado de Licenciatura em Física do DCET-I autoriza que o discente **Marcos Antônio Bezerra de Carvalho**, regularmente matriculado no programa GESTEC - Mestrado Gestão e Tecnologias Aplicadas à Educação (UNEB), aplique questionários de entrevistas em salas de aula do curso de Licenciatura em Física.


A atividade é parte da pesquisa intitulada “**Trigonometria, Ondas e Música na Licenciatura em Física da UNEB: “Sonotrig” para Aprendizagem Significativa com Uso do Arduino**”, cujo projeto já possui aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

A coleta de dados ocorrerá no período de **16.03.2026 à 16.04.2026**.

Salvador, 31 de outubro de 2025,



José Carlos Oliveira de Jesus
 Coordenador do Curso de Licenciatura em Física-DCET I-UNEB
 Matrícula Nº 71.296.993
 Portaria Nº 383/2025 D.O.E. 26/06/2025



José Vicente Cardoso Santos
 Vice-coordenador do Curso de Licenciatura em Física-DCET I-UNEB
 Matrícula Nº 74.002-375


Rua Silveira Martins, 2555 - Cabula - Salvador - Bahia - Brasil - CEP. 41150-000
 www.proffisica.uneb.br
 E-mail: mnpef@dcet1@uneb.br

APÊNDICE O - Carta de Aceite e Imagem de Capa do Artigo**CARTA DE ACEITE**

Declaramos para os devidos fins que o artigo **APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COM USO DO ARDUINO NA LICENCIATURA EM FÍSICA: TRIGONOMETRIA, ONDAS E MÚSICA**, foi **ACEITO** para publicação na Aurum Revista Multidisciplinar, ISSN: 3085-7783, Volume 1, Número 5. Periódico editado pela Aurum Editora Ltda, CNPJ 58.902.948/0001-12.

Autoria da obra: Marcos Antonio Bezerra de Carvalho, Josemeire Machado Dias, Melina Silva de Lima e José Vicente Cardoso Santos.


Curitiba, 18 de julho de 2025.


GIAN FELIPE BONFANTI
EDITOR CHEFE

AURUM EDITORA LTDA. CNPJ: 58.902.948/0001-12
Rua Bom Jesus, nº 212, sala 1904, Juvevê - Curitiba/PR - 80035-010

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COM USO DO ARDUINO NA LICENCIATURA EM FÍSICA: TRIGONOMETRIA, ONDAS E MÚSICA

MEANINGFUL LEARNING USING ARDUINO IN A PHYSICS DEGREE COURSE: TRIGONOMETRY, WAVES AND MUSIC

 <https://doi.org/10.63330/armv1n5-013>

Submetido em: 18/07/2025 e Publicado em: 22/07/2025

Marcos Antonio Bezerra de Carvalho

Aluno de pós-graduação da Universidade do Estado da Bahia no Programa GESTEC. Analista de Sistemas.

E-mail: marcos.bezerra@trfl.jus.br

Josemeire Machado Dias

Docente da Universidade do Estado da Bahia (UNEB); Pós-doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA), Doutora em Educação e Contemporaneidade (UNEB), Mestre em Redes de Computadores, Licenciada em Educação Artística, Bacharel em Ciência da Computação;

E-mail: jmdias@uneb.br

Melina Silva de Lima

Docente da Jala University Brasil, UNIME, Academia da Polícia Militar; Doutora em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, Mestre em Educação Matemática, Mestre em Astronomia, Matemática;

E-mail: melinasl_mel@hotmail.com

José Vicente Cardoso Santos

Docente da Universidade do Estado da Bahia (UNEB); Doutor Modelagem Computacional e Tecnologias Industriais. Mestre em Educação. Mestre em Administração e Comércio Internacional. Bacharel em Física. Analista de Sistemas. Bacharel em Direito. Engenheiro Civil. Pós-Graduado em: Educação e Psicopedagogia; Engenharia Ambiental. Auditoria Contábil e Financeira. Física do Estado Sólido.

E-mail: vicentecardoso@uneb.br

RESUMO

O aprendizado de Física muitas vezes se revela desafiador para os alunos, e essa dificuldade pode estar associada aos comentários negativos que os estudantes ouvem sobre a disciplina, vindos de colegas ou até de familiares que já a cursaram. O objetivo geral da pesquisa é potencializar a aprendizagem de ondas mecânicas no curso de Licenciatura em Física da UNEB, por meio do uso de um dispositivo baseado em Arduino, que integra conceitos de trigonometria para a análise de sons musicais, promovendo uma abordagem prática e interativa do conteúdo; e, como objetivos específicos tem-se: a) Construir hardware com o arduino para a promoção do ensino de conteúdo de Física, ondas mecânicas, com o uso da trigonometria para análise dos sons musicais; b) Mensurar, através de questionários, o quanto o uso da ferramenta tecnológica proposta contribui para aumentar o interesse dos alunos na disciplina; e, c) Utilizar funções trigonométricas para modelar matematicamente os padrões de ondas gerados, como senos e cossenos, e explicar como essas funções descrevem fenômenos físicos. Para consolidar esses objetivos adota-se uma metodologia híbrida envolvendo uma revisão de literatura, de cunho histórico, descritivo, documental e teórico lastreada em estudo de caso em universo de pesquisa composto por estudantes de graduação em física da UNEB, Salvador, com o uso do laboratório de ondulatória. Por fim,

APÊNDICE P - Dicionário Epistemológico dos Autores Abordados

Quadro 13 Dicionário Epistemológico de Autores

Autor	Obra	Ano	Área Temática	Resumo
AMADOR, F.; VIEIRA, M.	O uso de plataformas de hardware aberto no ensino de ciências	2020	Educação/Hardware e Aberto	Revisão de literatura sobre plataformas abertas e potencial pedagógico.
AMIEL, T.	Educação aberta: configurando ambientes, práticas e recursos educacionais	2012	Educação/REA	Discussão sobre práticas colaborativas e Recursos Educacionais Abertos.
ANALOG DEVICES	AD9833 Datasheet	2024	Eletrônica	Especificações técnicas de um gerador programável de formas de onda.
AUSUBEL, D. P.	Aquisição e retenção de conhecimentos; Psychology of meaningful learning; Educational Psychology	1963 – 2013	Psicologia/Aprendizagem Significativa	Fundamentos cognitivos da aprendizagem significativa e subsunçores.
AXT, R.	O papel da experimentação no ensino de Ciências	1991	Ensino de Ciências	Defende a experimentação como base para aprendizagem.
BACHELARD, G.	O Novo Espírito Científico	1985	Epistemologia	Rupturas epistemológicas e construção do conhecimento científico.
BANZI, M.	Getting started with Arduino	2011	Tecnologia/Arduino	Introdução ao uso prático do Arduino.
BASSALOBRE, J. N.	Ética, Responsabilidade Social e Formação de Educadores	2013	Educação/Ética	Relação entre ética, práticas pedagógicas e formação docente.
BENITTI, F. B. V.	Exploring the educational potential of robotics in schools	2012	Educação/Robótica	Revisão sistemática sobre robótica como recurso educacional.
BEYNON, J.; HOGGARTH, S.; KERR, M.	Teaching with Arduino	2016	Educação/Arduino	Uso interdisciplinar de microcontroladores no ensino.
BLIKSTEIN, P.	Maker movement in education	2018	Educação/Maker	História do movimento maker e impacto na educação.
CAMILLERI, A.; EHLERS, U.; PAWLOWSKI, J.	State of the art review of OER quality issues	2014	Educação/REA	Revisão sobre qualidade de Recursos Educacionais Abertos.
CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D.	Formação de professores de Ciências	2009	Formação Docente	Reflexões sobre formação crítica e práticas pedagógicas.

Autor	Obra	Ano	Área Temática	Resumo
CHIQUETO, M. R.; AROLDI, J.	Música na Educação Básica	2025	Educação/Música	Uso de sons alternativos como recurso de aprendizagem.
COHEN, J.	Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences	1988	Estatística	Obra clássica sobre poder estatístico.
COLLINS, N.	Arduino for Musicians	2014	Tecnologia/Música	Aplicação de Arduino para síntese e produção musical.
CONOVER, W. J.	Practical Nonparametric Statistics	1999	Estatística	Referência fundamental sobre testes não paramétricos.
EDSTROM, B.	Arduino for Musicians	2016	Tecnologia/Música	Uso aplicado do Arduino em contextos musicais.
FARIAS JÚNIOR, J. F. V.	O estudo das ondas utilizando Arduino	2020	Ensino de Física	Experimentos com Arduino para aprendizagem de ondulatória.
GIL, A. C.	Métodos e Técnicas de Pesquisa Social	2017	Metodologia Científica	Base metodológica para pesquisas quantitativas e qualitativas.
GIL-PÉREZ, D.	Formação de professores de Ciências	2009	Educação	Discussões sobre formação crítica no ensino de ciências.
GRAÇA, J. S. D.	Aspectos Históricos da Psicopedagogia	2014	Psicopedagogia	História e fundamentos da psicopedagogia.
HARVEY, D.	A Condição Pós-Moderna	2016	Teoria Social	Interpretação das mudanças culturais contemporâneas.
HOROWITZ, P.; MONK, S.	The Art of Electronics	2015	Eletrônica	Obra clássica sobre eletrônica aplicada.
KAMII, C.	Piaget for early education	1977	Psicologia/Desenvolvimento	Aplicação das ideias piagetianas.
KNIGHT, R. D.	Physics for Scientists and Engineers	2016	Física	Física moderna com abordagem estratégica.
LEVY, P.	Tecnologias da Inteligência	1994	Tecnologia/Sociedade	Impacto das tecnologias digitais no pensamento.
LYOTARD, J. F.	A condição pós-moderna	1986	Filosofia/Teoria Social	Discussão sobre ciência, saber e pós-modernidade.
MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M.	Fundamentos de metodologia científica	2017	Metodologia Científica	Metodologias qualitativas e quantitativas.
MARÔCO, J.	Análise Estatística com SPSS	2014	Estatística	Métodos de análise estatística aplicada.
MINAYO, M. C. S.	Pesquisa Social: teoria, método e criatividade	2010	Metodologia/Qualitativa	Fundamentos da pesquisa social.
MOREIRA, M. A.	Aprendizagem significativa; Obras 1999–2017	1999 – 2017	Psicologia da Educação	Explicações profundas sobre a teoria de Ausubel.
NUSSENZVEIG, H. M.	Curso de Física Básica – Ondas	2002	Física/Ondas	Fundamentos e aplicações de ondulatória.
OLIVEIRA; COELHO	Trigonometria e música	2020	Educação/Matemática	Relação entre ondas sonoras e trigonometria.
PIAGET, J.	A construção do real na criança	1950	Psicologia Cognitiva	Fundamentos do desenvolvimento cognitivo.

Autor	Obra	Ano	Área Temática	Resumo
PAVLOV, I.	Reflexos condicionados	1927	Behaviorismo	Experimentos sobre condicionamento clássico.
PRETTO, N. L.; ROSSINI, C.; SANTANA, B.	Recursos Educacionais Abertos	2012	Educação/REA	Políticas e práticas de educação aberta.
ROGERS, C.	Freedom to Learn	1969	Psicologia Humanista	Aprendizagem centrada no estudante.
ROSSING, T.	The Science of Sound	2007	Física/Música	Fundamentos físicos da acústica.
SCHERZ, P.	Practical Electronics for Inventors	2016	Eletrônica	Referência prática de eletrônica.
SKINNER, B. F.	About Behaviorism	1974	Behaviorismo	Fundamentos da análise do comportamento.
THORNDIK E, E.	Educational Psychology	1905	Behaviorismo	Lei do efeito e aprendizagem.
TORRES, R.	Educação contemporânea	2021	Educação	Críticas à estrutura educacional moderna.
VIEIRA, M.	Uso de hardware aberto na educação	2020	Educação/Tecnologia	Aplicações pedagógicas de hardware aberto.
VYGOTSKY, L. S.	Mind in Society	1978	Psicologia Sociocultural	Fundamentos da aprendizagem mediada.
WATSON, J.	Psychology as the behaviorist views it	1913	Behaviorismo	Defesa de uma ciência da psicologia baseada no observável.

Fonte: (Próprio autor, 2025).