

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UESB
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO SUDOESTE DA BAHIA



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**INTEGRANDO CULTURA AFRICANA E AFRO-BRASILEIRA NO ENSINO DE
FÍSICA: O BERIMBAU NA AULA DE ACÚSTICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

THUANE SILVA SPÍNOLA

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

2026

THUANE SILVA SPÍNOLA

**INTEGRANDO CULTURA AFRICANA E AFRO-BRASILEIRA NO ENSINO DE
FÍSICA: O BERIMBAU NA AULA DE ACÚSTICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação (PPG) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.
Orientador: Prof. Dr. Wagner Duarte José

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

2026

S741i

Spínola, Thuane Silva.

Integrando cultura africana e afro-brasileira no ensino de Física: o berimbau na aula de acústica/ Thuane Silva Spínola, 2026.

153 f. : il. , color.

Orientador (a): Dr. Wagner Duarte José.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,
Programa de

Pós-graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física –
MNPEF, Vitória da Conquista, 2026.

Inclui referências F. 110 - 114

Contem produto educacional.

1. Ensino de física. 2. Acústica. 3. Instrumentos musicais. 4. Relações étnico-
raciais. I. José, Wagner Duarte. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF. III. T.

CDD 530.07

Catálogo na fonte: Karolyne Alcântara Profeta – CRB 5/2134

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista –BA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Mestrado Nacional Profissional
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado

Aos vinte e sete dias do mês de março de 2026, às 15h, no Laboratório de Ensino de Matemática – LaboMat, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada *INTEGRANDO CULTURA AFRICANA E AFRO-BRASILEIRA NO ENSINO DE FÍSICA: O BERIMBAU NA AULA DE ACÚSTICA*, de autoria de Thuane Silva Spínola, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pelo professor Dr. Wagner Duarte José, orientador da mestranda e contou com a participação da professora Dr^a. Camila Rodrigues Francisco e da professora Dr^a. Núbia Regina Moreira, na condição de examinadoras; tendo sido APROVADA. Entretanto, para que o respectivo título possa ser concedido, com as prerrogativas legais dele advindas, o exemplar definitivo da referida dissertação deverá ser entregue, na secretaria do mestrado, em um prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com as alterações e/ou correções sugeridas pelos membros da banca, para que possa ser homologado pelas instâncias competentes da UESB. Ademais, a banca sugere fortemente a publicação e divulgação do produto educacional em diferentes formatos e possibilidades.

Prof. Dr. Wagner Duarte José
Presidente da Banca Examinadora/Orientador

Prof^a. Dr^a. Camila Rodrigues Francisco
Examinador externo

Prof^a. Dr^a. Núbia Regina Moreira
Examinador externo

Thuane Silva Spínola
Discente

Prof. Dr. Carlos Alexandre dos Santos Batista
Vice-Coordenador do PPG-MNPEF

Documento assinado digitalmente
gov.br CARLOS ALEXANDRE DOS SANTOS BATISTA
Data: 01/04/2026 08:37:05-0300
Verifique em <https://validar.itu.gov.br>

2026



Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Estrada do Bem Querido Km, 04, Vitória da Conquista - BA
CEP: 45031-300





UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Mestrado Nacional Profissional
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



**INTEGRANDO CULTURA AFRICANA E AFRO-BRASILEIRA NO ENSINO DE FÍSICA: O
BERIMBAU NA AULA DE ACÚSTICA.**

AUTORIA: THUANE SILVA SPÍNOLA

DATA DE APROVAÇÃO: 27 DE MARÇO DE 2026

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física – SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Wagner Duarte José
Presidente da Banca Examinadora/Orientador

Prof.ª. Dr.ª. Camila Rodrigues Francisco
Examinador externo

Prof.ª. Dr.ª. Núbia Regina Moreira
Examinador externo

2026



Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA
CEP: 45031-300



AGRADECIMENTOS

A **Deus**, autor da minha fé, minha imensa gratidão pelo dom da vida e pelas conquistas obtidas até aqui.

A **Wagner**, meu orientador, agradeço profundamente pela dedicação e paciência ao longo de toda essa jornada. Sou grata pela confiança depositada em mim, pela constante disponibilidade em nossas reuniões e pela liberdade que me foi concedida para dar voz aos meus anseios na pesquisa. Obrigada por ser um exemplo de profissional ético e comprometido, por me encorajar nos momentos em que me senti enfraquecida e por sua humildade e parceria ao longo de todo o caminho. Sou especialmente grata por ter me empoderado a escrever sobre as questões étnico-raciais, não apenas ampliando meus horizontes com novos conhecimentos, mas também semeando em mim um propósito: seguir na vida acadêmica, acreditando que posso contribuir com essa pauta tão necessária.

À minha **mãe, Edite Maria**, que depois do amor de Deus foi, sem dúvidas, a pessoa que mais contribuiu para minha caminhada até aqui. Mulher guerreira e valorosa, és minha melhor amiga, és meu melhor exemplo, és o pai que nunca tive, és o maior amor que tenho.

A meu antigo professor **Valmir**, pelo apoio, confiança e incentivo constantes, que foram fundamentais para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

Aos meus irmãos **Isaque e Deliane**, pelo cuidado e paciência em conviver com minhas ansiedades, por sempre estarem ao meu lado em todas as circunstâncias.

À minha **cunhada**, por sua doçura, preocupação e por sempre acreditar no meu potencial.

À **Lívia** e à **Luísa**, minhas sobrinhas lindas, que chegaram para colorir minha vida: obrigada por arrancarem de mim as gargalhadas mais espontâneas.

A **Terlino**, pela ajuda extremamente significativa ao transmitir seus conhecimentos na construção do berimbau, demonstrando amor e respeito ao instrumento e sua importância na cultura africana e afro-brasileira.

A **Alisson**, amigo mais que especial, cuja dedicação foi fundamental na busca pela compreensão da sonoridade do berimbau. Embora seja multi-instrumentista, não havia tido contato prévio com esse instrumento. Ainda assim, empenhou-se ao meu lado na investigação de sua afinação e de suas notas musicais, generosamente compartilhando comigo seus conhecimentos.

A **Thiago**, meu mestre de capoeira, que tão generosamente me revelou todo o encantamento, a arte, a dança e a resistência que a capoeira carrega. Sempre compartilhou com

orgulho sua trajetória de mais de trinta anos dedicados àquilo que faz sua alma vibrar — como ele mesmo costuma dizer.

Aos meus **professores do mestrado**, pela valiosa contribuição na arte do ensinar e aprender. Agradeço não apenas pelo conhecimento compartilhado, mas também pelo exemplo de dedicação, ética e paixão pela educação, que levarei comigo em toda a minha trajetória profissional e pessoal.

Aos meus colegas de turma, pela recepção calorosa e acolhedora que tive desde o início. Juntos, construímos um elo de amizade, respeito e companheirismo que foi essencial para superar os desafios ao longo dessa jornada. A troca de experiências, o apoio mútuo e os momentos de partilha foram fundamentais para tornar essa etapa mais leve, significativa e inesquecível.

Aos meus **alunos**, especialmente aos que participaram deste trabalho, expressei minha profunda gratidão pela colaboração, dedicação, envolvimento e sensibilidade, manifestada por meio de uma escuta acolhedora frente às questões étnico-raciais — tema de grande relevância para mim e para a formação de uma consciência crítica e inclusiva.

A todos os meus **amigos** e familiares pela torcida e força que me deram durante toda essa caminhada.

A **MNPEF** e à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (**UESB**) por oportunizarem o ingresso em um programa de mestrado que tem sido fundamental para minha formação acadêmica e profissional. Reconheço a importância de iniciativas como essa para a valorização da ciência e da educação no Brasil.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (**CAPES**) - Código de Financiamento 001, pelo apoio ao projeto.

A todas as pessoas não citadas aqui, mas imensamente gratas no coração.

“A educação como prática da liberdade é um ato de conhecimento, dirigido contra todas as formas de dominação.”

(Bell Hooks)

RESUMO

Essa dissertação trata sobre o ensino de acústica integrando aos conhecimentos da cultura afro-brasileira e africana nas aulas de física, por meio do instrumento musical berimbau. O objetivo foi verificar possíveis contribuições de uma sequência didática justificada na Lei 10.639/03 e Lei 11.645/08 para potencializar a compreensão da física envolvida no instrumento musical Berimbau, amplamente utilizado na capoeira, tendo em vista a importância de uma educação antirracista. Desenvolvemos a sequência didática em dezoito horas aulas em uma turma da 2ª série do Ensino Médio do Colégio Particular Opção de Ensino, na cidade de Vitória da Conquista – Ba. Abordamos aspectos históricos e culturais sobre o berimbau na capoeira baiana e realizamos atividades experimentais acerca do tema, além de uma pequena apresentação teatral por um dos grupos de estudantes. Como resultado, verificamos o interesse, curiosidade e pré-disposição dos estudantes no desenvolvimento das atividades, desde o contexto histórico do pertencimento cultural do berimbau na capoeira até o processo manual da sua construção e entendimento físico dos seus elementos. Concluímos ressaltando a necessidade de trabalharmos elementos culturais no ensino de física, proporcionando aos estudantes vivências mais ricas, contextualizadas e familiares, com a perspectiva de buscarmos a valorização e o respeito da cultura africana e afro-brasileira na educação brasileira.

Palavras-chaves: Acústica, ensino de física, instrumentos musicais, berimbau, relações étnico-raciais.

ABSTRACT

This dissertation addresses the teaching of acoustics integrated with Afro-Brazilian and African cultural knowledge in physics classes, through the use of the musical instrument *berimbau*. The objective was to identify possible contributions of a didactic sequence based on Laws No. 10.639/03 and 11.645/08 to enhance the understanding of the physics involved in the *berimbau*, an instrument widely used in *capoeira*, with a view to promoting anti-racist education. The didactic sequence was developed eighteen lessons in a 2nd-year high school class at *Colégio Particular Opção de Ensino*, located in Vitória da Conquista, Bahia. Historical and cultural aspects of the *berimbau* in Bahian *capoeira* were addressed, and experimental activities related to the topic were conducted, along with a short theatrical presentation performed by one of the student groups. The results revealed students' interest, curiosity, and willingness to engage in the activities — from the historical context of the *berimbau*'s cultural belonging in *capoeira* to the manual process of its construction and the physical understanding of its elements. We conclude by emphasizing the importance of incorporating cultural elements into physics teaching, providing students with richer, contextualized, and familiar learning experiences, with the perspective of fostering appreciation and respect for African and Afro-Brazilian culture in Brazilian education.

Keywords: Acoustics; Physics teaching; Musical instruments; Berimbau; Ethnic-racial relations.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Mecanismos de busca e critérios de inclusão para produções científicas selecionados.....	44
Quadro 2: Identificação dos artigos e dissertações selecionados que tratam sobre acústica no Ensino de física com uso de instrumentos musicais de acordo com os periódicos nacionais online.	45
Quadro 3: Síntese das atividades desenvolvidas da sequência didática.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Atores do musical “Besouro Cordão-de-ouro”	40
Figura 2: Academia de Mestre Bimba é reconhecida. Salvador, 1937.....	41
Figura 3: Negros lutando, Brasis, c. 1822. Augustus Earle.....	42
Figura 4: O princípio dos corpos	54
Figura 5: A harmonia musical do universo	55
Figura 6: Classificação das ondas quanto à direção de propagação (a) <i>Onda transversal</i> ; (b) <i>Onda longitudinal</i> ; (c) <i>Onda mista</i>	57
Figura 7: Propagação de uma onda transversal senoidal ao longo de uma corda.	58
Figura 8: Comprimento de onda.....	59
Figura 9: Representação de um berimbau e os furos por onde passam um cordão que fixa a cabaça à verga.....	61
Figura 10: Representação dos três tamanhos diferentes das cabaças.	62
Figura 11: Representação dos modos de vibração de pressão correspondente aos três primeiros harmônicos de um cilindro aberto nos dois extremos.	63
Figura 12: Tubos sonoros aberto nas duas extremidades.	64
Figura 13: Representação dos modos de vibração de pressão correspondente aos três primeiros harmônicos de um cilindro fechado em um dos extremos	65
Figura 14: Tubos sonoros aberto nas duas extremidades.	65
Figura 15: Representação dos quatro primeiros harmônicos de uma corda fixa nos extremos	67
Figura 16: Fonte: Fonte: Kandus et al. (2006)	69
Figura 17: Jogo de Capoeira. Gravura de Johann Moritz Rugendas.	76
Figura 18: Construção de uma “máquina de ondas”.	77
Figura 19: Demonstração de onda longitudinal por meio da Mola	78
Figura 20: Demonstração de onda transversal por meio da mola e corda.....	78
Figura 21: Experimento virtual de onda em uma corda.	79
Figura 22: Experimento virtual de onda em uma corda	80
Figura 23: Experimento virtual de ondas em uma corda	81
Figura 24: Onda transversal e longitudinal	82
Figura 25: Preparação da verga do berimbau.	83
Figura 26: Preparação da cabaça do berimbau	83

Figura 27: Processo de finalização do berimbau.....	84
Figura 28: Experimento sobre ondas estacionárias	86
Figura 29: Experimento com canos de PVC	87
Figura 30: Máquina de ondas	90
Figura 31: Grupo responsável pela construção do berimbau.	94
Figura 32: Experimento de onda estacionária em corda.....	96
Figura 33: Encenação teatral sobre Besouro de Mangangá.....	97
Figura 34: Frequência pelo aplicativo Cifra Club para o violão	103
Figura 35: Frequência pelo aplicativo Cifra Club para o berimbau.	103
Figura 36: Mensagem da estudante E2 após a prova do ENEM	105
Figura 37: Relato escrito da estudante E12 após a prova do ENEM.....	106

LISTA DE ABREVIACÕES

- APAE** – Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais
- BDTD** – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
- CAPES** – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CNE/CP** – Conselho Nacional de Educação / Conselho Pleno
- COVID** – Doença causada pelo coronavírus SARS-CoV-2 (Coronavírus Disease)
- DNA** – Ácido Desoxirribonucleico
- DIREC** – Diretoria Regional de Educação e Cultura
- ENEM** – Exame Nacional do Ensino Médio
- FAN (4ª edição do Festival Internacional de Arte Negra)** – Evento que celebra e promove a arte e a cultura negra em âmbito internacional
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IFC (Instituto Federal Catarinense)** – Instituição de ensino técnico e superior do estado de Santa Catarina
- IFES (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo)** – Instituição de ensino técnico e superior do estado do Espírito Santo
- ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica)** – Instituição de ensino superior vinculada à Aeronáutica, especializada em engenharia e tecnologia
- MNPEF (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física)** – Programa de pós-graduação voltado à formação de professores de Física
- MNU (Movimento Negro Unificado)** – Organização social que luta contra o racismo e pela valorização da população negra no Brasil
- PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência)** – Programa que incentiva a formação de professores por meio de bolsas para estudantes de licenciatura
- PVC** – Policloreto de Vinila (tipo de plástico amplamente utilizado em materiais e construções)
- REDA (Regime Especial de Direito Administrativo)** – Forma de contratação temporária no serviço público
- SciELO** – Scientific Electronic Library Online (Biblioteca Científica Eletrônica Online)
- STEM (ciência, tecnologia, engenharia e matemática)** – Sigla em inglês para as áreas de conhecimento *Science, Technology, Engineering and Mathematics*
- UEPS** – Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (metodologia de ensino baseada

em Ausubel)

UESB (Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia) – Instituição pública de ensino superior da Bahia

UFBA (Universidade Federal da Bahia) – Instituição pública federal de ensino superior localizada na Bahia

UFPA (Universidade Federal do Pará) – Instituição pública federal de ensino superior localizada no Pará

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*)

USP (Universidade de São Paulo) – Instituição pública estadual de ensino superior localizada em São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
2.1 Aprendizagem segundo Dewey: o valor da experiência na Educação antirracista	25
2.2 Relações étnico - raciais e educação brasileira.....	29
2.3 Contribuições africanas e afro-brasileiras na ciência	34
2.4 Som, resistência e identidade: o berimbau como expressão afro-brasileira na acústica	38
2.5 Acústica no ensino de física	43
3. O ENSINO DE ACÚSTICA POR MEIO DE INSTRUMENTOS MUSICAIS E A FÍSICA DO BERIMBAU	54
3.1 Ondas mecânicas	56
3.2 Ondas periódicas	57
3.3 Equação de uma onda.....	59
3.4 Física do berimbau	61
3.5 Tubos abertos:	63
3.6 Tubos fechados.....	64
3.7 Arame	66
3.8 Interferência	68
3.9 Ressonância.....	70
4. METODOLOGIA	72
4.1 Estudo de caso.....	72
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	89
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
7. REFERÊNCIAS	110
8. APÊNDICE	115

1. INTRODUÇÃO

Essa dissertação refere-se a uma sequência didática para o ensino de física nas aulas de acústica e ondulatória, por meio do instrumento musical Berimbau, tradicionalmente associado à capoeira e fortemente enraizado na cultura africana e afro-brasileira. Buscamos, nessa pesquisa, desenvolver uma prática pedagógica com saberes científicos e culturais, promovendo a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos no funcionamento do berimbau, ao mesmo tempo em que contribui para a valorização de sua importância histórica e simbólica. A sequência didática foi desenvolvida com uma turma da 2ª série do Ensino Médio, no Centro Educacional Opção, situado na cidade de Vitória da Conquista – BA.

A motivação para o desenvolvimento desta pesquisa nasce do meu reconhecimento enquanto pessoa negra e do meu profundo senso de pertencimento à cultura afro-brasileira, bem como da necessidade de refletir sobre as relações raciais e os currículos eurocêtricos. Antes de abordar com mais profundidade meu interesse pela escrita nessa temática, é fundamental resgatar relatos não só de quem sou hoje, mas também de onde vim. É lembrar-me da primeira pessoa que me ensinou sobre afeto e esperança quando eu era ainda criança. Essa pessoa é Edite Maria da Silva, minha mãe. Ela sempre dizia que estudar era a ação mais esperançosa para transformar a realidade de alguém.

Além do mais, eu reconhecia e via o esforço da minha mãe, que trabalhava como manicure e auxiliar de serviços gerais para sustentar eu e mais dois irmãos sozinha. Nunca tivemos ajuda financeira ou convívio paterno. Com o passar dos anos, aprendi o ofício da minha mãe e comecei a ajudá-la como manicure, e atendíamos na sala de casa mesmo. No entanto, ela continuava a me dizer que essa não era minha profissão, era uma etapa temporária da minha vida que executava quando não tinha nada da escola para fazer.

Nesse período, já estava cursava o ensino médio na Escola Estadual Polivalente e já sabia o que queria ser profissionalmente. Sempre quis ser professora na verdade, mais especificadamente de Biologia. Em 2010, no meu 3º ano do ensino médio, fiz minha inscrição no vestibular da UESB para licenciatura em Biologia. Era chegada a hora de depositar toda a esperança e esforço em todos esses anos de estudo para assim começar a mudar minha realidade. Infelizmente, não passei. Então, resolvi me preparar melhor ao invés de desistir.

Em 2011, fiz o processo seletivo do curso pré-vestibular gratuito do Instituto Oficina da Cidadania, voltado para candidatos de baixa renda, negros e quilombolas. Após resultado e aprovação, comecei a frequentar as aulas realizadas sempre no noturno, com professores capacitados, didáticos e motivacionais.

Decidi que iria me inscrever para seleção dos vestibulares da UFBA e UESB. Inscrevi-me para o curso de bacharelado em biologia na UFBA e licenciatura em física na UESB. Fui aprovada em ambas instituições. Como o curso de Biologia me habilitava para ser Bacharel, tomei a difícil decisão de cursar Licenciatura em Física. Em 7 de maio de 2012, dei início ao meu primeiro dia de aula no curso de Licenciatura em Física na UESB. Foi impactante desde a primeira semana.

Na aula de Física Geral *I*, a professora que ministrava a disciplina, Cristina Porto, explicou uma questão cujo contexto fazia referência a um princípio físico de um foguete envolvendo várias derivadas, inclusive regra da cadeia e integral. Lembro-me disso até hoje, pois foi desesperador. Além de toda defasagem do ensino público que tive durante toda minha formação básica escolar, não tínhamos visto esses assuntos na disciplina de Cálculo *I* ainda.

Com o passar dos semestres, fui tentando superar minhas limitações com muito esforço, que nem sempre foram suficientes e algumas reprovações em disciplinas foram acontecendo. As disciplinas de estágio, em especial, foram primordiais para comprovação da minha vocação profissional, pois foram a oportunidade de levar os conhecimentos teóricos adquiridos para prática em sala de aula.

O primeiro estágio realizei no Colégio Estadual Polivalente, em 2014. Certamente, foi uma experiência gratificante retornar como estagiária à instituição que fui aluna e ser tão bem recebida por meus antigos professores e pela turma. Já o segundo e terceiro estágios, realizei na Escola Camilo de Jesus Lima, em 2015. As duas turmas eram pequenas e os alunos disciplinados, o que contribuiu para uma experiência positiva em sala de aula.

Nesse período, eu trabalhava como manicure e recebia a Bolsa de Iniciação Científica, o que contribuiu para minha sobrevivência e permanência na universidade e até mesmo para ajudar com as despesas familiares. Em 2016, meu último ano de faculdade, o que já totalizava quatro anos e seis meses, após o fim da bolsa de Iniciação Científica, ingressei como bolsista no *Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência* – PIBID, que foi uma experiência profissional excelente para minha formação. Os experimentos físicos que levávamos para sala de aula e o retorno satisfatório dos alunos com uma compreensão mais clara sobre a física e seu cotidiano eram empolgantes.

Particpei como bolsista voluntária do projeto de extensão intitulado como Astronomia no Ensino Médio, coordenado pelo professor Doutor Silvanio Bezerra, mas não avançamos nas pesquisas por falta de recursos financeiros na Universidade. Vale ressaltar outras atividades acadêmicas vivenciadas, como participação em palestras, minicursos, curso de verão na USP,

monitoria na área de educação e jogos de raciocínio lógico, congressos importantes para apresentação de pôster como XXXII e XXXIII Encontros Norte Nordeste, dentre outros.

A elaboração desta monografia foi um marco fundamental em minha formação como pesquisadora científica, enriquecida pela valiosa orientação do professor Doutor Valmir Henrique de Araújo. Sua experiência e conhecimento na área foram essenciais para o desenvolvimento do estudo, que abordou a relação entre radiação ionizante e câncer de mama em mulheres negras, com um olhar especial para as mulheres da Comunidade Quilombola de Barrocas, no município de Vitória da Conquista-BA.

Ao longo da pesquisa, analisamos as informações prévias que essas mulheres possuíam sobre o câncer de mama e a mamografia, o que não apenas contribuiu para o estudo, mas também aprofundou meu interesse pelas relações étnico-raciais no ensino de Física. Esse processo despertou em mim uma motivação ainda maior para seguir investigando essa abordagem. Após a conclusão das disciplinas e a defesa da monografia, tornei-me habilitada a receber o diploma e seguir minha carreira. Perceber que todas as dificuldades enfrentadas foram parte essencial do meu crescimento pessoal e profissional tornou essa conquista ainda mais gratificante.

Agora surgia uma nova etapa cheia de expectativas e energia para ingresso no mercado de trabalho. Entreguei vários currículos por toda a cidade em 2017, mas nenhuma oportunidade surgiu. Foi então que percebi que o mercado de trabalho era fechado e seletivo, sobretudo na rede privada de ensino, e que eu precisava ter paciência e determinação.

Eis que surgia uma oportunidade de retornar como professora contratada pelo Regime Especial de Direito Administrativo – (REDA) na escola em que estagiei: Camilo de Jesus Lima, para disciplina de Física e Ciências Tecnológicas. No entanto, só assumi por três meses, porque o governo não renovou meu contrato, alegando que era REDA emergencial e que outro professor de REDA seleção deveria assumir.

Essa etapa da minha vida foi marcante. A direção da escola, alunos e pais se mobilizaram com assinaturas documentadas (abaixo-assinado) e levaram à DIREC e encaminharam ao setor geral de Salvador para minha permanência na instituição, alegando bom desempenho e profissionalismo, mas, infelizmente, nada adiantou e tive que deixar a escola.

Pouco tempo depois iniciei como professora de matemática no programa Novo mais Educação, em São Sebastião, a poucos quilômetros de Vitória da Conquista, onde trabalhei o segundo semestre de 2017. Em 2018, comecei a atuar como monitora de física no curso pré-

vestibular Dialética. No ano seguinte, recebi uma proposta para, além das monitorias, assumir uma turma como professora, e isso se estendeu até o ano de 2020.

Em meio a todas essas oportunidades surgidas e recebidas com muita gratidão, esforço e estudos, ainda no ano de 2019, após várias entregas de currículos em instituições particulares na cidade, surgiu uma entrevista de emprego para o Colégio Opção de Ensino. Realizei a entrevista junto com outros candidatos e havia duas oportunidades, sendo uma para aulas laboratoriais do pré-vestibular (os laboratórios são destinados apenas a resoluções de questões de vestibulares e ENEM) e outra para turmas de Ensino Médio. Era do meu anseio assumir as turmas de Ensino Médio, pois seria uma excelente oportunidade para minha experiência profissional. A instituição havia informado que os selecionados seriam contatados por telefone para confirmação da vaga. Foram cinco dias ansiosos até receber a ligação, e foi emocionante para mim!

Contudo, ao chegar lá, eles me disseram que as turmas de Ensino médio eram minhas, mas estavam preocupados com a minha inexperiência e por isso seria viável a princípio eu assumir as turmas do pré-vestibular. Devo confessar o misto de sentimentos que senti, alegria por ter uma oportunidade, e isso já era muito, mas ainda incompleta por não atuar no ensino básico. Mas não existia ingratidão, afinal, sei como foi difícil obter uma oportunidade e precisava valorizá-la.

Iniciei no pré-vestibular com muita dedicação. O meu trabalho foi evidenciando boa repercussão e, no segundo semestre do mesmo ano, surgiu outra vaga para professor de física no Ensino Médio a qual foi confiada a mim e atuo até o presente momento, bem como em mais outras duas escolas privadas na cidade. Tem sido uma experiência maravilhosa e enriquecedora. Busco levar o ensino de física pautado na aprendizagem com aulas práticas laboratoriais destinadas à construção de experimentos pelos alunos, sempre associada com o assunto teórico que estamos estudando.

Essa metodologia me levou para outras áreas agregadoras, como a robótica, que após alguns cursos comecei a integrar a tecnologia nos aparatos experimentais que construo em física, e essa era a minha intenção a princípio. No entanto, no ano de 2021, além das aulas de física comecei a lecionar robótica no Colégio Opção e no presente momento também na Escola Primeiros Passos. Esse momento tem sido desafiador e cheio de novas descobertas na minha jornada.

Peruzzo (2013) relata, em seu livro intitulado como “*A física através de experimentos*”, que diversas pesquisas têm sido feitas a respeito do uso de experimentos no ensino de física e,

segundo o autor, o ensino centrado nos conceitos teóricos, sem incluir situações reais, torna a disciplina desmotivante e chata para o aluno. Nesse sentido, o autor ressalta a importância de atividades experimentais como uma ferramenta pedagógica, apropriada para despertar o interesse dos alunos, cativá-los para os temas propostos pelos professores e capaz de ampliar a capacidade para a aprendizagem.

O Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) foi essencial para a minha qualificação profissional, proporcionando uma formação sólida e aprofundada na área. Participei no ano de 2023 do XXXVIII Encontro de Física Norte-Nordeste em Salvador -Ba, uma experiência marcante, mesmo tendo comparecido a diversos congressos desde que ingressei na faculdade. No entanto, essa vivência teve um significado especial, pois foi a primeira vez que vi uma mulher preta, a professora Doutora Katemari Rosa, palestrar em um evento desse porte. Isso me levou a uma profunda reflexão: por que essa foi a primeira vez? Por que há tão poucas pesquisadoras negras ocupando esses espaços e tendo essa oportunidade? Essas questões despertaram em mim uma vontade ainda maior de estudar sobre a presença e a contribuição de pessoas negras na ciência, compreendendo os desafios que enfrentamos e a importância da representatividade acadêmica.

A escolha do berimbau como tema de pesquisa foi uma sugestão do meu orientador, o professor Doutor Wagner Duarte José, que despertou em mim grande entusiasmo. Ao longo do processo, pude me debruçar sobre materiais científicos enriquecedores, ampliando meus conhecimentos teóricos e fortalecendo minha base acadêmica. Além disso, a pesquisa me permitiu unir a parte prática experimental, tornando o aprendizado ainda mais ativo, bem como meu desejo de participar de um grupo de capoeira. Esse estudo também me fez refletir sobre a invisibilidade dos saberes africanos e afro-brasileiros nos currículos escolares, evidenciando a importância de valorizar essas contribuições e integrá-las ao ensino de Física de maneira mais inclusiva e contextualizada.

Com todo o processo histórico de marginalização dos saberes africanos e afro-brasileiros, práticas culturais do europeu, portanto da branquitude,¹ foram destacando-se de maneira hegemônica e protagonista dos saberes. Para colaborar entre o ensino de física e as

¹ Conforme Bento (2022), a branquitude configura-se como um lugar historicamente construído de poder e privilégios dos brancos. A autora apresenta, em *O Pacto da Branquitude*, a distinção entre dois tipos de branquitude a acrítica e crítica desenvolvida pelo pesquisador Lorenzo Cardoso. A branquitude acrítica é a que expressa por supremacistas brancos, isto é, identidade branca individual ou coletiva que corrobora para superioridade branca. Já a branquitude crítica, refere-se a indivíduo ou grupo branco que condena publicamente o racismo, e em princípio, estaria disposto a abrir mão de seus privilégios combatendo o racismo estrutural que os sustenta.

questões étnico-raciais e educação, tendo como base a Lei 10. 639/2003 que institui a obrigatoriedade do ensino de História e Cultura Afro-brasileira e Africana no sistema educação escolar em todos os níveis, esta pesquisa foi pensada. A partir dessa determinação, o ensino de física deve embarcar em diversos saberes, incluindo as contribuições científicas dos africanos e afro-brasileiros, e não somente do eurocentrismo.²

Uma característica que distingue a capoeira da maioria das outras artes marciais é a sua musicalidade. Praticantes desta arte marcial aprendem não apenas a lutar e a jogar, mas também a cantar e tocar instrumentos típicos, como é o caso do berimbau. É um instrumento de corda que possui um arco de madeira ou bambu, uma cabaça como caixa de ressonância, uma corda e uma baqueta. Os elementos que compõem o berimbau são favoráveis para o entendimento da acústica que tem como caracterização o estudo do som, e seus conceitos de frequência, timbre, ressonância, comprimento de onda, velocidade de propagação do som. A Física, por sua vez, é frequentemente percebida como uma disciplina distante da realidade cotidiana e das culturas populares, o que pode dificultar o envolvimento dos estudantes, principalmente daqueles que têm sua identidade cultural afrodescendente. Nesse sentido, há uma necessidade de repensar as práticas de ensino de Física, de modo a tornar o aprendizado mais significativo e inclusivo.

Ao falarmos de acústica e ondulatória enquanto objeto do conhecimento, observa-se nos livros didáticos sempre os mesmos exemplos clássicos de instrumentos musicais, como é caso do violão. O mesmo possui sua caixa acústica e cordas, composição perfeita para retratar ressonância, propagação do som, frequência, onda estacionária na corda e etc. Todos esses conceitos tornam o violão ideal para contextualizar e materializar os conceitos físicos, além de sua popularidade na cultura brasileira. No entanto, para além do violão, o Berimbau, que também possui conceitos físicos semelhantes e importância na cultura africana e afro-brasileira, deveria ser conectado com a realidade dos estudantes e reafirmar a importância da diversidade. Diante da necessidade de tornar o ensino de Física mais expressivo, considerando os aspectos culturais presentes no cotidiano dos estudantes, partimos da hipótese de que é possível favorecer a compreensão dos conceitos físicos, no ensino médio, a partir da contextualização com elementos da cultura afro-brasileira, como o berimbau, instrumento musical amplamente

² Conforme Bernardino-Costa e Grosfogue (2016), a partir do século XVI consolida-se a formação do eurocentrismo, entendido como o imaginário dominante do sistema moderno/colonial que legitimou processos históricos de dominação e exploração imperial. Parte construtiva do eurocentrismo, o racismo epistêmico toma como natural a visão de mundo europeia, branca, patriarcal, e heteronormativa, silenciando ou mesmo apagando saberes, narrativas e cultura de povos não europeus (loango, 2021), como os africanos e indígenas. No espaço escolar resulta na negação da ciência, da tecnologia, da cosmovisão, da história e da cultura afro-brasileira, africana e indígena. Urge evidenciar-lo e combatê-lo construindo discursos e práticas contra hegemônicas constitutivas da justiça epistêmica afro-diaspórica.

utilizado na capoeira. Nesse sentido, a questão que norteou esta investigação foi: Quais contribuições uma sequência didática, elaborada a partir da valorização da cultura africana e afro-brasileira, pode proporcionar para a compreensão dos princípios físicos envolvidos no funcionamento do berimbau, instrumento símbolo da capoeira, bem como para a ampliação de saberes históricos, culturais e identitários que promovam uma aprendizagem mais contextualizada e enriquecedora no ensino de Física?

A partir desse questionamento, definimos como objetivo geral: investigar quais possíveis contribuições uma sequência didática pode proporcionar para potencializar a compreensão dos conceitos físicos presentes no funcionamento do instrumento musical berimbau, amplamente utilizado na capoeira.

Para alcançar esse objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar, a partir de estudos acadêmicos, a integração da cultura africana e afro-brasileira ao ensino da Física.
- b) Contextualizar aspectos físicos do instrumento musical Berimbau para o ensino da ondulatória e acústica;
- c) Implementar uma sequência didática voltada à valorização da cultura africana, afro-brasileira no Ensino de física;
- d) Proporcionar aos estudantes a oportunidade de refletirem sobre sua identidade cultural por meio da música e da física;
- e) Verificar as contribuições nessa sequência didática no Ensino de Física.

A proposta didática foi implementada em dezoito horas/aulas, realizadas entre os meses de setembro e outubro de 2024, com estudantes do 2º ano do Ensino Médio do Centro Educacional Opção, em Vitória da Conquista – BA. Para sua execução, elaboramos previamente um roteiro detalhado, construímos as atividades e selecionamos os materiais necessários, com destaque para a construção do berimbau. As etapas de desenvolvimento fundamentaram-se em estratégias pedagógicas diversificadas, contemplando atividades teóricas, experimentos, vídeos, simulações computacionais, cantigas e encenação teatral.

Esta dissertação está organizada da seguinte maneira: na **Seção 2**, apresenta-se a **Fundamentação Teórica**, na qual são discutidas as relações étnico-raciais e a educação brasileira, o ensino de acústica, as contribuições africanas e afro-brasileiras para a ciência, além de uma análise sobre o berimbau como expressão afro-brasileira de resistência, identidade e som. A **Seção 3** é dedicada ao estudo da **Acústica por meio de instrumentos musicais e a**

física do berimbau, abordando conceitos fundamentais como ondas mecânicas, ondas periódicas, equação de uma onda, física do berimbau, tubos abertos, tubos fechados, arame, interferência e ressonância.

A **Seção 4** descreve a **Metodologia** adotada, destacando o estudo de caso como procedimento central. Em seguida, na **Seção 5**, apresentam-se os **Resultados e Discussões**, nos quais são analisados os dados obtidos a partir da proposta didática desenvolvida. A **Seção 6** contempla as **Considerações Finais**, evidenciando as principais conclusões do trabalho. Por fim, na **Seção 7** as **Referências** e, na **Seção 8**, o **Apêndice**, apresentamos o produto educacional produzido.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta uma reflexão sobre as relações étnico-raciais na educação brasileira, destacando a importância de reconhecer e valorizar as contribuições africanas e afro-brasileiras na ciência e na cultura. Nessa perspectiva, discute-se o berimbau como símbolo de resistência, identidade e saberes afro-brasileiros. Ao abordar os aspectos acústicos desse instrumento, evidencia-se como o estudo do som e das ondas pode ser articulado aos conteúdos de Física, promovendo um ensino que ultrapassa a dimensão de um currículo eurocentrado e valoriza os conhecimentos historicamente construídos por outros povos.

2.1 Aprendizagem segundo Dewey: o valor da experiência na Educação antirracista

Abordagens pedagógicas voltadas para uma educação antirracista requerem o desenvolvimento de práticas educativas que reconheçam e enfrentem as desigualdades historicamente produzidas, promovendo o diálogo, a valorização das identidades negras e a problematização de saberes eurocentrados presentes no currículo escolar. Nesse sentido, torna-se fundamental adotar metodologias que estimulem a participação ativa dos estudantes, a reflexão crítica sobre a realidade social e a articulação entre teoria e prática. Para fundamentarmos nosso trabalho, recorreremos à abordagem pedagógica de John Dewey.

John Dewey (1859–1952) foi um filósofo, psicólogo e pedagogo norte-americano, reconhecido como um dos principais representantes do pragmatismo e da filosofia da educação no século XX. No campo educacional, Dewey defendia a educação como um processo contínuo de reconstrução da experiência, no qual o aprender ocorre por meio da interação ativa do sujeito com o meio. Ao vivenciar, em sua formação inicial no campo da filosofia, uma educação marcada por um caráter tradicional e predominantemente teórico, Dewey despertou-se, desde cedo, para as questões educacionais. Nessa perspectiva, sua proposta pedagógica consolidou-se a partir de pressupostos fundamentais, tais como o pragmatismo, o experimentalismo, o princípio da continuidade, a concepção de verdade como práxis e os fundamentos da Escola Nova.

Os pressupostos, conforme destacados a seguir, têm como base o pensamento pragmatista de John Dewey, especialmente desenvolvido na obra *Democracia e Educação* (1916), fragmentadas a seguir.

- I. *O pragmatismo* (do grego: *pragma* — objeto de ação ou práxis): a realidade é toda composta, não de seres estáticos e isolados por diferenças hierárquicas de essência

ou natureza, mas, sim, de acontecimentos relacionados pelo dinamismo da ação recíproca transformadora, intrinsecamente iguais e só diferentes pelo grau de eficiência ou capacidade de reconstrução progressiva.

- II. *O experimentalismo*: o tal dinamismo reativo universal pode-se chamar "Experiência" no sentido genérico, do qual as "experiências" humanas, como a vivência consciente e a "experimentação" científica, física, ou sociológica, não passam de aspectos particulares.
- III. *O princípio de continuidade*: o pragmatismo e o experimentalismo implicam a "continuidade" ou identidade intrínseca e essencial entre a natureza cósmica e a experiência humana, entre pessoa e sociedade, entre os vários grupos e classes sociais, entre o moral e o social, entre a atividade material ou corpórea e a atividade espiritual, intelectual ou moral; pois estas últimas não passam das funções mais altamente evoluídas e eficientes da atividade material, controlando experimentalmente a matéria cósmica para a progressiva realização de uma convivência humana plenamente participada ou democrático/socialista.
- IV. *Verdade como práxis*: nesses termos, as ideias ou significados intelectuais (*ideas, meanings*) já não são entidade imateriais e suprassensíveis, mas hipóteses de solução de problemas e, portanto, instrumentos de ação material experimental para resolvê-los (*instrumentalismo*). De onde a verdade da ideia não passa da sua eficiência experimental ou cognitiva e., em última análise, da sua provada utilidade social ou moral.
- V. *Escola nova*: de onde resulta, enfim, a necessidade de reformar a fundo a escola tradicional, predominantemente passiva, dogmática, conservadora e elitista, em escola nova, radicalmente ativa ou crítico-experimental, progressiva e social/democrática.

O pragmatismo relaciona-se com a utilidade prática de conceitos abstratos, ou seja, para os adeptos dessa corrente, os conceitos filosóficos abstratos só têm sentido na medida em que estes podem ser aplicados de forma prática (SANTOS; OLIVEIRA; PAIVA, 2022). Os autores acrescentam que, no entendimento de Deweyano, os pressupostos presentes no pragmatismo faziam oposição às práticas tradicionais presentes nas escolas da época que propagavam uma pedagogia centrada na transmissão de saberes consolidados da ciência sem considerar os interesses e a participação ativa da criança nesse processo.

A aprendizagem por meio da experimentação ocupa um lugar central na proposta pedagógica de Dewey, uma vez que aprender não se reduz à simples assimilação de conteúdos prontos, mas constitui-se como um processo ativo de reconstrução da experiência. Só pode ser compreendida a natureza da experiência, observando-se que encerra em si um elemento ativo e outro passivo, especialmente combinados. Em seu aspecto ativo, a experiência é tentativa, significação que se torna manifesta nos termos experimento e experimentação. Em seu aspecto passivo, ela implica sofrer ou passar por alguma coisa. Quando experimentamos algo, agimos sobre ele e, em seguida, sofremos as consequências dessa ação. A conexão entre essas duas fases da experiência é o que determina ser valor educativo (DEWEY, 1979, p. 153).

Assim, ao agir sobre o objeto da experiência e, em seguida, sentir os efeitos dessa ação, estabelece-se uma relação de interação cuja qualidade determina o valor educativo da experiência. Não é por acaso que Dewey valoriza a arte, a criação e elaboração que são construídas pelo estudante, apontando que a humanidade estabeleceu sua história baseada na experiência e que tal experiência é, sobretudo, artística (PLACIDEZ, COSTA; 2021).

A arte, nesse contexto teórico, não pode ser antagônica à ciência e, mais que isso, precisa ser vista como o modo de atividade que é carregado de sentidos e significados e que constrói o sujeito desde o início de sua vida escolar (PLACIDEZ, COSTA; 2021).

Aprender não se reduz à simples assimilação de conteúdos prontos, mas constitui-se como um processo ativo de reconstrução da experiência. Para o autor, a verdadeira aprendizagem ocorre quando o estudante interage com situações concretas, investiga problemas reais e reflete sobre as consequências de suas ações. A experimentação, portanto, não deve ser compreendida como uma atividade meramente prática ou ilustrativa, mas como um ambiente educativo no qual ação, pensamento e reflexão se articulam de forma indissociável, possibilitando que o conhecimento adquirido ganhe sentido e relevância na vida do sujeito.

A aprendizagem experimental pressupõe o princípio da continuidade, segundo o qual cada experiência vivenciada pelo estudante se conecta às experiências anteriores e influencia as posteriores, promovendo o crescimento intelectual e social. Ao participar ativamente de processos investigativos, o estudante deixa de ocupar uma posição passiva e assume o papel de protagonista de sua própria aprendizagem, aproximando-se do modo como o conhecimento é produzido na vida cotidiana e na prática científica.

O berimbau apresenta-se como uma materialidade concreta dessa articulação, pois, ao mesmo tempo em que é instrumento musical profundamente vinculado à história e à resistência

da população negra no Brasil. Ao construir e analisar o berimbau, o estudante não apenas vivencia uma experiência estética e cultural, mas também mobiliza conceitos científicos, evidenciando que arte e ciência se entrelaçam na produção de conhecimento.

Os estudos e as propostas educacionais de John Dewey exerceram ampla influência no campo da educação em diferentes países, ao defenderem uma pedagogia centrada na experiência, na democracia e na relação entre teoria e prática. No contexto brasileiro, essas ideias encontraram forte ressonância, sobretudo por meio das contribuições de Anísio Teixeira, que se tornou uma das principais referências na difusão e no aprofundamento do pensamento deweyano no país, adaptando seus pressupostos filosóficos às necessidades da educação brasileira.

Anísio Teixeira nasceu em 1900 e destacou-se como um dos mais importantes educadores brasileiros do século XX, exercendo papel fundamental na formulação e na implementação de políticas públicas voltadas para a democratização da educação no Brasil. Profundamente influenciado pelo pensamento pragmatista, foi aluno de John Dewey na Universidade de Columbia, nos Estados Unidos, experiência que marcou decisivamente sua atuação intelectual e administrativa, especialmente na defesa de uma escola pública, laica, gratuita e voltada para a formação democrática dos indivíduos.

Santos, Oliveira e Paiva (2022) destacam, a partir das análises de Anísio Teixeira, que a educação brasileira a seu tempo (meados de 1920 e 1930) era seletiva, mecânica, baseada no método expositivo e na reprodução de conceitos que eram avaliados por meio de provas orais e escritas para averiguar se houve fixação do conteúdo. Esse modelo de ensino, ao privilegiar a transmissão passiva do conhecimento, distanciava-se de uma formação crítica e democrática, limitando as possibilidades de participação ativa dos estudantes no processo educativo.

Em contraposição a essas práticas tradicionalistas, o pensamento de John Dewey inspira ferramentas educacionais voltadas aos saberes docentes para a construção de epistemologias democráticas a partir do modo de levar os estudantes a pensar sobre as implicações de certos hábitos geradores de desigualdades e injustiças nas relações sociais que são antagônicos à democracia como forma de vida (LEAL; PEREIRA, 2024). Em consonância com essa discussão, as autoras ancoram-se no pensamento de John Dewey, articulando suas reflexões ao modo como o filósofo e educador compreende o racismo, ao afirmarem que:

Para Dewey o racismo se manifesta na antipatia em relação ao outro que se desdobra em gestos, olhares e intolerância correspondida a uma patologia social que entra possibilidade erradicação pelo diagnóstico de ordem ecológica (ecologia humana), ou seja, o que o meio informa

sobre as condições que favorecem nascimento, retomada e proliferação de doença (Leal; Pereira, 2024).

Ao entender o racismo como uma patologia social produzida e reproduzida pelo meio, Dewey atribui à educação um papel central na criação de experiências capazes de promover a reflexão crítica, a convivência democrática e o reconhecimento do outro. Assim, a escola assume a função de espaço privilegiado para a reorganização dessas experiências, possibilitando que estudantes problematizem práticas naturalizadas de exclusão e desenvolvam disposições éticas orientadas pela participação, pela cooperação e pela justiça social.

Desse modo, ao articular os pressupostos da pedagogia pragmatista de John Dewey com práticas educativas comprometidas com uma educação antirracista, compreende-se a escola como um espaço de reconstrução contínua da experiência, no qual o conhecimento se produz a partir da ação, da reflexão e do diálogo com a realidade social. Inspiradas também nas contribuições de Anísio Teixeira, tais práticas reafirmam a necessidade de uma escola democrática, crítica e socialmente comprometida, que reconheça a diversidade cultural como elemento constitutivo do currículo e da formação humana, contribuindo para a construção de relações mais justas, solidárias e emancipatórias.

2.2 Relações étnico - raciais e educação brasileira

A lei 10.639, promulgada em janeiro de 2003, marca um momento histórico na luta antirracista da Educação Brasileira, ao modificar a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/1996) para tornar obrigatório o ensino e o estudo da História africana e afro-brasileira nos currículos das instituições públicas e privadas, nos variados níveis e modalidades da educação brasileira. Essa medida normativa reflete o reconhecimento da importância das relações sociais e étnico-raciais nos processos educativos, conforme destacam Petronilha Gonçalves e Silva e Douglas Verrangia (2003), ao afirmarem que tais relações devem ser consideradas pela legislação educacional brasileira com vistas à formação para a cidadania. Nessa mesma direção, o Parecer CNE/CP nº 003/2004, elaborado por Petronilha Beatriz Gonçalves e Silva, estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação das Relações Étnico-Raciais, defendendo que “a educação das relações étnico-raciais é compromisso de todo o sistema de ensino e deve orientar a prática pedagógica em todas as disciplinas” (BRASIL, 2004, p. 12), de modo a promover o reconhecimento, a valorização e o respeito à diversidade cultural brasileira.

Contudo, é fundamental voltarmos o olhar para o processo histórico da educação do povo negro no Brasil, especialmente ao período anterior à promulgação dessa lei. Analisar a trajetória da educação brasileira desde o período colonial, com ênfase na realidade da Bahia, é fundamental para compreendermos as raízes das desigualdades educacionais que ainda persistem.

No contexto do ensino educacional na Bahia durante o período colonial, por volta de 1870, Conceição (2007) destaca em sua dissertação a escassez de informações detalhadas disponíveis na literatura acadêmica sobre o tema. De forma semelhante, Pinheiro e Rosa (2018) ressaltam que há poucos estudos acadêmicos sobre a História da educação da população na Bahia colonial, um campo ainda em aberto para investigações de cunho científico, acadêmico, antirracista e voltado à valorização da existência do povo negro. As autoras acrescentam que uma das razões para essa lacuna está na predominância de modelos educacionais europeus como referência, o que dificultou a construção de um acervo que abordasse a realidade educacional local.

O que se sabe com certeza é que, durante o período colonial, a educação no Brasil era predominantemente voltada para o ensino catequético promovido pelos jesuítas, sendo a catequese, segundo Agostinho (1984), um termo que significa a instrução dos convertidos na fé. Pinheiro e Rosa (2018), ao citarem a pesquisadora baiana Ana Palmira Bitencourt Santos Casimiro (2009) em sua obra *Descolonizando saberes – A Lei 10.639/2003 no Ensino de Ciências*, destacam que os colonizadores desenvolveram práticas pedagógicas voltadas para a educação e evangelização dos escravizados. Além disso, promoveram campanhas que visavam à "humanização" da escravidão e participaram da formulação de leis canônicas que asseguravam tanto a evangelização dos negros escravizados quanto as normas que deveriam orientar o modo de tratar seus senhores.

A Constituição Imperial de 1824 representou o primeiro marco legal brasileiro ao mencionar o direito à educação, ao estabelecer, em seu artigo 179, a garantia da instrução primária gratuita aos cidadãos do Império. Posteriormente, a Lei de 15 de outubro de 1827, conhecida como Lei das Escolas de Primeiras Letras, buscou regulamentar essa determinação constitucional, instituindo a criação de escolas públicas de ensino primário em diferentes localidades do país. A educação no sistema escravocrata com suas escolas de "primeiras letras", diferenciadas por gênero e disciplinas, não permitia a presença dos escravizados já que, por lei (art. 6º da Constituição de 1824) era reservada aos cidadãos brasileiros (GARCIA, 2007; SILVA; ARAÚJO, 2005, p.36).

Antes do processo de abolição da escravidão em 1888, foram criadas outras leis abolicionistas, como a Lei do Ventre Livre (nº 2.040/1871). Essa norma determinava que, a partir de 28 de setembro de 1871, os filhos de mulheres escravizadas nasceriam livres. No entanto, na prática, essas crianças continuavam sob o controle dos senhores até completarem oito anos de idade. Ao atingir essa idade, caberia ao senhor decidir se libertaria a criança mediante uma indenização paga pelo Estado ou se manteria sob sua tutela até os 21 anos, período em que o jovem continuaria prestando serviços. A maioria dos proprietários preferiu manter os filhos de escravizados ao invés de entregá-los ao Estado. Em 1882, o Relatório do Ministério da Agricultura registrava apenas 58 renúncias ao serviço de ingênuos (Costa, 2008). Dessa forma, embora representasse um avanço legal, a lei ainda mantinha mecanismos que prolongavam a exploração da população negra, dificultando o acesso pleno à liberdade e à cidadania.

Outra Lei anterior à abolição foi Lei dos Sexagenários em 1885, que concedia liberdade aos escravizados com 60 anos ou mais, a realidade dessas pessoas era marcada por sérias limitações. Muitos dos que alcançavam essa idade já apresentavam um quadro de saúde extremamente debilitado, resultado de décadas de trabalho forçado, maus-tratos, alimentação inadequada e falta de acesso a cuidados médicos e muito menos a escolarização durante esse processo. Assim, a “liberdade” concedida por essa lei frequentemente chegava tarde demais, quando já não tinham forças para trabalhar, garantir sua subsistência ou usufruir de uma vida digna. Na prática, a medida beneficiava mais os senhores de escravizados, que se livravam da responsabilidade de sustentar indivíduos idosos e doentes, do que os próprios libertos.

A criação das leis abolicionistas citadas refletia a crescente insustentabilidade do sistema escravocrata, que já não podia mais se manter devido às rebeliões dos negros em todo o território nacional representavam movimentos de resistência e de exaltação pela liberdade, revelando o protagonismo do próprio negro no processo de abolição. Nesse contexto, destacam-se importantes levantes ocorridos na Bahia desde o ano de 1807. Em 1814, ocorreu a Revolução de Santo Amaro do Ipitanga. Esse levante envolveu escravizados que lutavam pela liberdade e foi marcada pelo conflito sangrento entre as forças policiais e moradores. Já em 1816, nos engenhos do Recôncavo baiano, teve início um dos mais significativos levantes da região, que se alastrou e causou grande apreensão, especialmente entre as famílias dos senhores de engenho.

Entre os anos de 1826 e 1829, as rebeliões foram retomadas, ocorrendo motins de engenho. A maioria dos rebeldes foi morta e o restante foi preso e torturado, a título de exemplo

aos demais. Entretanto, o exemplo não surtiu o efeito desejado, pois na terceira década do século XIX, 20 negros saíram pelas ruas, realizando tropelias e assaltando armazéns de lojas de ferramentas, de onde levaram espadas e facões (Marinho e Lucena, 2024).

A Revolta dos Malês, ocorrida em 1835, também se destaca como um marco histórico protagonizado por escravizados que lutavam por sua liberdade. Entre os comportamentos dos escravizados que denotam a sua luta contra a opressão sofrida, pode-se citar, também, a capoeira. Até o século XIX, os negros eram excluídos da representação cultural do país, o que tornava, a princípio, impossível o reconhecimento da capoeira como expressão da cultura africana e afro-brasileira. Conforme apontam Marinho e Lucena (2024):

Organizada em grupos de dois ou três indivíduos, causa temor aos transeuntes e dor de cabeça à polícia. Ela pode ser entendida como mais uma das formas de resistência utilizadas pelo negro, que, nas cidades, transformou-se num meio de congregar, para reconhecer-se como pertencente a um grupo, ou até mesmo, numa maneira de sair da realidade difícil da escravidão e de tornar-se, ele, o praticante, vencedor “nas disputas da capoeira. (p.13)

Esse trecho evidencia como a capoeira, além de uma prática corporal, assumiu um papel social, político, cultural fundamental para resistência dos negros escravizados e seus descendentes. Os escravizados do Brasil, além da capoeira, como forma de defesa, também tinham os quilombos (Simões, 2000). Para além dos movimentos abolicionistas ocorridos na Bahia, outras mobilizações pela abolição da escravidão emergiam em diversas regiões do território nacional. No início da década de 1880, o movimento abolicionista adentrou uma fase insurrecional, marcada pelo surgimento de sociedades secretas cujo propósito era incitar a rebelião nas senzalas e favorecer a fuga de pessoas escravizadas. Entre essas organizações, destacam-se o Clube do Cupim, em Recife, e os Cafezais, em São Paulo (Costa, 2008). O suicídio, também percebido como um meio de resistência dos escravos, ocorria com frequência e se fundamentava na crença da imortalidade da alma (Marinho e Lucena, 2024).

Eis que chega o ano de 1888 e se fundamenta, por uma vez, a Lei Áurea, assinada em 13 de maio, pondo fim oficialmente à escravidão no Brasil. A abolição representou um marco simbólico de liberdade, no entanto, a assinatura da lei não foi acompanhada de políticas de inclusão, reparação ou garantia de direitos para os libertos, o que perpetuou desigualdades. A discriminação racial, que antes estava imbricada no sistema escravocrata, ressurgiu com força após a abolição, ocupando o centro da opressão contra a população negra, como bem aponta Santos (2005) em um dos capítulos do livro Educação antirracista: caminhos abertos pela Lei

Federal 10.639/2003. O autor faz referência à ideia de uma "segunda abolição", destacando que os negros perceberam a necessidade de desenvolver técnicas sociais para melhorar sua posição social e superar a condição de exclusão e miséria a que continuavam submetidos. Dentre essas estratégias, a valorização da educação formal ocupou lugar de destaque, sendo compreendida como um caminho possível para a ascensão social e cidadã. Como ressalta o autor:

A valorização da educação formal foi uma das várias técnicas sociais empregadas pelos negros para ascender de *status*. Houve uma propensão dos negros em valorizar a escola e a aprendizagem escolar como um “bem supremo” e uma espécie de “abre-te sésamo” da sociedade moderna. (SANTOS, 2005, p. 22).

Essa valorização da educação como ferramenta de emancipação revela não apenas um desejo de mobilidade social, mas também uma estratégia de resistência frente às estruturas históricas de exclusão. A aposta no conhecimento escolarizado representava, para muitos negros, uma forma de contestar os estigmas impostos pelo racismo e conquistar espaços historicamente negados, como destaca Pinheiro e Rosa (2018):

A escolarização também é importante para a população negra porque também pode colocá-la mais próxima da possibilidade de alcançar lugares sociais equivalentes à de outros sujeitos escolarizados que partem de outras realidades. Claro que, dentro da lógica racista, muitas vezes ou quase sempre, negro(a) no Brasil precisa percorrer um “caminho” mais longo que pessoas de outra condição quase sempre também porque tem negação de acesso e elementos essenciais para sobrevivência desde o início da vida (p.26).

Essa desigualdade influencia diretamente as oportunidades que uma pessoa tem ao longo da vida, mas, graças à luta dos movimentos negros (movimento quilombista, abolicionista, Movimento negro unificado - MNU, marcha Zumbi dos Palmares, entre outros), foram conquistados importantes direitos, como o sistema de cotas, que busca garantir o acesso da população negra à universidade. Cotas raciais são políticas de ações afirmativas para reparação histórica de grupos socialmente destituídos de direitos em razão de suas características coletivas, conforme destaca Pinheiro (2023). Mas a autora também destaca que pouco adianta ter as cotas se ações afirmativas não alcançam a permanência. Por isso, a importância de bolsas de estudo que custeiem o transporte, a alimentação e a moradia, uma vez que muitos jovens precisam sair de suas cidades para estudar em centros urbanos onde estão localizadas as instituições de ensino. Sem esse suporte, o acesso garantido pelas cotas pode se tornar insuficiente, pois a permanência e o sucesso acadêmico desses estudantes dependem de condições materiais mínimas.

A própria autora do livro *Como ser um educador antirracista*, Bárbara Carine (2023), referenciada em diversos trechos desta dissertação, compartilha um relato pessoal sobre sua trajetória acadêmica. Ela descreve sua realidade como mulher negra e moradora de favela, enfrentando inúmeras dificuldades, como a falta de recursos para transporte, alimentação e até mesmo para itens básicos exigidos em seu curso de graduação, como o jaleco, a calculadora científica e os óculos que utilizava foram doações de colegas de classe. As adversidades se prolongaram até o mestrado, período em que o *notebook* utilizado para escrever sua dissertação foi emprestado por seu orientador. Infelizmente, esse não é um caso isolado, mas sim a realidade de muitos homens e mulheres negros que almejam uma trajetória escolar, mas não dispõem dos recursos básicos para isso.

Esse resgate histórico nos permite refletir criticamente sobre os desafios contemporâneos e reforçar a urgência de políticas educacionais comprometidas com a equidade racial e com a reparação histórica da população negra revela um contexto marcado pela exclusão, pelo silenciamento e pela negação do direito à educação para a população negra. Compreender esse passado é essencial para refletirmos sobre os desafios atuais e reforçarmos a importância de políticas educacionais que promovam a equidade racial e a reparação histórica.

2.3 Contribuições africanas e afro-brasileiras na ciência

A ciência, historicamente, tem sido construída dentro de uma lógica de hierarquização que privilegia as contribuições de pessoas brancas, enquanto silencia ou apaga o saber de outros povos e culturas, como a africana, afro-brasileira e indígena. Esse processo se manifesta tanto na seleção dos conteúdos ensinados nas escolas quanto na forma como a produção do conhecimento é reconhecida e legitimada. Como destacam Pinheiro e Rosa (2018), mecanismos de normalização constroem identidades de maneira discursiva, elegendo determinados grupos como centrais no exercício do poder e, simultaneamente, marginalizando outros grupos socioculturais.

O pensamento decolonial é colocado por Pinheiro e Rosa (2018) como subsídio para denunciar a predominância de um tipo de pensamento e atores – homens brancos, europeus, heterossexuais, e que instituem narrativas e trajetórias hegemônicas que negam, excluem e marginalizam outras vozes, subjetividades e formas de saber e conhecer o mundo.

Nesse contexto, é essencial ressaltar a contribuição do intelectual africano do século XX, Cheikh Anta Diop, nascido em uma aldeia no interior do Senegal (advém de uma família nobre islâmica, possibilitando acesso a excelentes espaços educacionais), que se destacou como

um dos primeiros cientistas negros a combater de forma contundente o racismo científico. Diop empregou toda disciplina e rigor científico para demonstrar e provar suas principais conclusões, mesmo vivendo em um contexto extremamente hostil às suas ideias de reavaliar e reconstruir o passado africano de modo a produzir uma visão mais ampla sobre a contribuição e protagonismo da população negra (DIAS; SEPULVEGA; ARTEAGA, 2018).

Diop especializou-se em Física Nuclear (Graduou-se diploma em matemática e filosofia, estudioso da química, antropologia e física) para desenvolver uma técnica baseada em datação do carbono 14 (radiocarbono), como método específico para determinação de melanina em múmias. Essa técnica era importante para o desenvolvimento de sua tese de que o Egito Antigo era, essencialmente, negro (ALVES-BRITO; MASSONI; GUERRA; MACEDO, 2020). Como os estudos linguísticos e historiográficos não foram suficientes para convencer a comunidade científica dessa ideia, Diop criou o primeiro laboratório de radiocarbono na África.

Entre os diversos métodos desenvolvidos nesse laboratório, destacou-se a dosagem de melanina em tecidos mumificados, o que permitiu confirmar cientificamente a presença de características fenotípicas negras nos antigos egípcios. Esse avanço colocou fim à controvérsia sobre as origens do Egito e da África, ao demonstrar, de forma objetiva, que os egípcios antigos eram negros (ALVES-BRITO; MASSONI; GUERRA; MACEDO, 2020).

Diop questionou a visão eurocêntrica da história e das ciências humanas, desafiando as narrativas coloniais que negavam a centralidade da África na origem da civilização e do saber. Suas pesquisas buscaram demonstrar, com base em evidências históricas, arqueológicas e linguísticas, a importância das civilizações africanas para a humanidade, contribuindo para a valorização de uma epistemologia negra e para a desconstrução das hierarquias raciais impostas pelo pensamento ocidental.

Essas contribuições de Cheikh Anta Diop possibilitaram não apenas uma visão menos eurocêntrica da história, mas também abriram espaço para uma reflexão profunda sobre o poder da branquitude dentro da sociedade. A branquitude não é necessariamente sobre a cor da pele, mas sobre os acessos sociais que a cor da pele garante (PINHEIRO 2023). Rosa, Pinheiro e Brito (2020), afirmam:

A branquitude europeia, em um dos variados mitos da modernidade, inventou a noção de raças, criando graus hierárquicos entre elas e, inclusive, retirando a humanidade desse "outro" forjado no caldeirão colonial moderno. Criou-se não só a noção de raça negra como aquela atrasada, isenta de características humanas, sexualizada e animalizada, apagando toda a memória desses povos de grandes inventos e grandes

impérios, sendo eles reduzidos a esse lugar, ou melhor, a esse não-lugar (p.10).

Apesar de toda essa invisibilidade imposta ao avanço e ao desenvolvimento científico da população negra, é importante destacar que há inúmeras contribuições relevantes que precisam ser reconhecidas e valorizadas. Inclusive, iremos citar aqui, de acordo com o livro *História Preta das Coisas – 50 invenções Científicas-Tecnológicas de pessoas negras*, de Bárbara Carine (2023), algumas dessas importantes invenções e descobertas protagonizadas por pessoas negras ao longo da história.

Um dos avanços mais importantes para o cinema foi o desenvolvimento dos óculos 3D, resultado das descobertas, de uma mulher negra, a Dra. Valerie Thomas em 1976, ela percebeu que espelhos côncavos podiam criar ilusões tridimensionais e passou a realizar experimentos com a transmissão de imagens em 3D, o que a levou a patentear sua invenção em 1980. Outra grande contribuição de uma mulher negra foi feita por Katherine Johnson, matemática, física e cientista espacial, responsável pelos cálculos de aterrissagem da nave Apollo 11 da NASA, em 1969.

Os resistores elétricos foram inventados pelo cientista e engenheiro afro-estadunidense Otis Frank Boykin, inicialmente, eles foram utilizados em computadores, rádios, televisores e outros aparelhos eletrônicos. Boykin é também responsável por mais de 25 invenções na área da eletrônica. Já o semáforo foi inventado pelo cientista afro-americano Garrett Morgan. Em 1923, sua invenção permitiu que os pedestres atravessassem as ruas com mais segurança, contribuindo significativamente para a organização do trânsito.

O telégrafo multiplex foi uma invenção do engenheiro mecânico e eletricista norte-americano Granville Tailer Woods, que registrou mais de 50 patentes ao longo de sua carreira. Em tempos mais recentes, outra importante contribuição para a humanidade ocorreu durante a pandemia de COVID-19, com a vacina da Pfizer, que apresentou 95% de eficácia e teve como um dos principais responsáveis o médico nigeriano Dr. Onyema Ogbuagu.

Podemos ainda destacar o jogo de raciocínio lógico Mancala, tradicionalmente cultivado em diversas regiões do continente africano; o relógio de sol, instrumento milenar utilizado para medir a passagem do tempo por meio da observação da sombra solar, e que ainda é empregado em algumas culturas; bem como as belas peças de cerâmica produzidas desde 9 mil a.C. pelos povos africanos que habitam o cinturão do Sahel. Essas invenções científicas e tecnológicas são apenas algumas das cinquenta abordadas no livro *História Preta das Coisas*, utilizado como referência nesta proposta, cujo objetivo é evidenciar e valorizar as inúmeras contribuições do

povo negro ao longo da história. Contribuições estas que, muitas vezes, foram invisibilizadas, subjugadas e desvalorizadas pela narrativa histórica tradicional.

No cenário brasileiro, podemos citar Sônia Guimaraes que, em 1989, se tornou a primeira mulher negra a obter o título de doutora em Física no Brasil, área historicamente marcada pela presença masculina e pela falta de representatividade de pessoas negras. Sua conquista representa um marco ao ser a primeira mulher negra a ingressar como professora do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), uma das instituições mais renomadas do país na área de ciência e tecnologia. Sua trajetória vai além da pesquisa em Física, Sônia também se dedica à defesa da equidade de gênero e raça na ciência, buscando incentivar jovens, especialmente meninas negras, a ingressarem nas áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM). Participa de projetos, palestras e movimentos que visam valorizar o protagonismo negro na produção científica e combater o racismo científico presente no meio acadêmico.

Outra grande mulher a ser mencionada é Jaqueline Góes de Jesus, pesquisadora, professora e palestrante, que ganhou reconhecimento nacional e internacional por sua atuação durante a pandemia de Covid-19. Jaqueline integrou a equipe que sequenciou, em tempo recorde, o genoma do coronavírus no Brasil, um passo fundamental para compreender o vírus e auxiliar no desenvolvimento de estratégias de enfrentamento e vacinas. Sua contribuição foi essencial para acelerar o combate à pandemia e reforça a importância da ciência brasileira conduzida por mulheres negras.

Juliano Moreira foi um dos primeiros médicos negros do Brasil e se destacou como uma das maiores referências na área da psiquiatria. Formado em Medicina pela Faculdade da Bahia em 1891, revolucionou o entendimento das doenças mentais ao combater preconceitos científicos da época, que relacionavam a loucura à cor da pele ou à inferioridade racial. Introduziu no país métodos modernos de tratamento psiquiátrico, humanizando o cuidado com os pacientes e afastando práticas desumanas que eram comuns. Sua atuação científica contribuiu para consolidar a psiquiatria como campo de estudo sério e respeitado no Brasil.

É fundamental que o processo escolar valorize e divulgue as invenções e contribuições científicas de pessoas negras, permitindo que os estudantes, especialmente os negros, reconheçam-se como sujeitos históricos e produtores de saberes, fortalecendo o senso de pertencimento e interesse pelas áreas científicas. A não identificação dos estudantes com a ciência a eles apresentada acaba por afastá-los do conhecimento científico, seja como possíveis produtores de ciência, seja como aprendizes da mesma (ALVES-BRITO; MASSONI;

GUERRA; MACEDO, 2020). Essa valorização é essencial para a construção de uma educação mais equitativa, que respeite a diversidade e promova a inclusão, contribuindo para a formação de uma sociedade mais justa e representativa no campo científico.

2.4 Som, resistência e identidade: o berimbau como expressão afro-brasileira na acústica

Anteriormente, citamos as leis que antecederam a abolição, como a Lei do Ventre Livre e a Lei dos Sexagenários, mas é importante destacar que os negros escravizados já resistiam de diversas formas à condição desumana que eram submetidos. Essa resistência se manifestava por meio de rebeliões, fugas e também pela criação de estratégias de proteção e autodefesa. Um dos maiores símbolos dessa resistência foi a capoeira que, disfarçada de dança, servia como uma poderosa ferramenta de luta e defesa contra a opressão imposta, inclusive, pelos capatazes que vigiavam e controlavam seus corpos e suas ações. A própria palavra capoeira tem origem não muito clara, para alguns tem origem Tupi/Guarani, onde o termo caá-puêra significa lugar onde existiu mato virgem, mas onde não há mais (KANDUS, GUTMANN, CASTILHO, 2006). Os autores ainda citam outra possibilidade da origem localizado na região Bantu de Angola, a palavra ka/pwe/re é um verbo na língua Um-bundu cujo significado é “bater as mãos”.

Embora não se tenha, com exatidão, a origem etimológica da palavra *capoeira*, reconhece-se sua relevância histórica, cultural e seu pleno pertencimento à população negra, de matriz africana e afro-brasileira. De acordo com Rego (1968), levando em consideração fatores colhidos em documentos escritos, diálogos e convívio com antigos capoeiras, tudo leva a crer que a capoeira seja uma invenção dos negros africanos no Brasil. Analisando também as circunstâncias do surgimento da capoeira, Areias (1984, p. 156) afirma que os negros, por não possuírem armas suficientes para se defender, quase nem mesmo armas convencionais da época, precisaram adquirir uma forma de enfrentar as armas inimigas assim “utilizando se das estruturas das manifestações culturais trazidas da África como brincadeiras, competições, etc. que lá praticavam em momentos cerimoniais e ritualísticos (...) os negros criam e praticam uma luta de autodefesa para enfrentar o inimigo.

No entanto, antes da abolição da escravatura, o código penal da república dos estados unidos do Brasil emitiu um decreto de número 847, de 11 de outubro de 1890, que punia os praticantes de capoeira.

Seguem a qualificação oficial do crime de “capoeiragem” segundo os artigos 402, 403 e 404.

Art. 402. Fazer nas ruas e praças publicas exercicios de agilidade e destreza corporal conhecidos pela denominação capoeiragem; andar em

correrias, com armas ou instrumentos capazes de produzir uma lesão corporal, provocando tumultos ou desordens, ameaçando pessoa certa ou incerta, ou incutindo temor de algum mal:

Pena - de prisão cellualar por dous a seis mezes.

Paragrapho unico. E' considerado circunstancia agravante pertencer o capoeira a alguma banda ou malta.

Aos chefes, ou cabeças, se imporá a pena em dobro.

Art. 403. No caso de reincidencia, será applicada ao capoeira, no gráo maximo, a pena do art. 400.

Paragrapho unico. Si for estrangeiro, será deportado depois de cumprida a pena.

Art. 404. Si nesses exercicios de capoeiragem perpetrar homicidio, praticar alguma lesão corporal, ultrajar o pudor publico e particular, perturbar a ordem, a tranquillidade ou segurança publica, ou for encontrado com armas, incorrerá cumulativamente nas penas comminadas para taes crimes.

E a punição continuou mesmo após a Lei áurea de 1889 a 1937, a capoeira era crime e a mínima demonstração rendia seis meses de cadeia. Evidenciando a continuidade de ações discriminatórias, opressoras e controladoras para manter os negros subjugados e impedindo a preservação de suas tradições.

Mesmo durante o período em que a capoeira era criminalizada no Brasil, figuras como Besouro Mangangá (Manoel Henrique Pereira), Mestre Bimba (Manoel dos Reis Machado) e Mestre Pastinha (Vicente Ferreira Pastinha), resistiram bravamente para manter viva a prática da capoeira. Eles reafirmaram sua importância não apenas como luta e dança, mas também como uma forma de resistência cultural, preservação da identidade e dos saberes ancestrais.

Besouro Mangangá, também conhecido como Besouro Cordão de Ouro, nasceu em Santo Amaro, na Bahia, e é uma figura lendária, reconhecida como um dos maiores nomes da capoeira. Sua fama de lendário se deve, em grande parte, à forma como era conhecido pelo povo. Aprendeu capoeira com um escravizado chamado Tio Alípio e recebeu o apelido de "Besouro" por causa de uma crença popular: dizia-se que, ao se ver em apuros, cercado por inimigos em número muito superior ao que podia enfrentar, ele se transformava em um besouro e escapava voando (Senzala, 2013).

Embora Besouro seja uma figura amplamente reconhecida no universo da capoeira, seu nome passou a ganhar maior visibilidade fora desse círculo apenas após a apresentação do musical *Cordão de Ouro*, dirigido por João Neves. A peça foi encenada durante a 4ª edição do FAN (Festival Internacional de Arte Negra), realizada em 2007, na cidade de Belo Horizonte (MG), e posteriormente levada a outras regiões do país (ver Figura 1).

Figura 1: Atores do musical “Besouro Cordão-de-ouro”



Fonte: Alta Cultura, 2010. Disponível em: <https://altacultura.wordpress.com/2010/09/17/%E2%80%9Cbesouro-cordao-de-ouro%E2%80%9D-conta-a-historia-do-mestre-de-capoeira/>. Acesso em: 23 maio. 2025.

A pedagoga intelectual Nilma Lino Gomes compartilha, em seu artigo intitulado *Relações Étnico-Raciais, Educação e Descolonização dos Currículos*, sua experiência ao assistir à referida obra. Ela destaca como o espetáculo retrata a trajetória de Besouro, suas vivências, desafios, luta por justiça, contradições e coragem nos anos 1920. A autora ressalta ainda que, para além de sua proposta artística, o musical proporcionou ao público uma verdadeira “aula”, ao enfatizar a relação entre conhecimento, cultura e ação política.

Nilma também chama atenção para o fato de que o desconhecimento, por parte de muitos presentes, sobre a história de Besouro revela a invisibilidade da história negra nos currículos escolares, evidenciando a persistente negligência em relação à valorização da cultura afro-brasileira.

Besouro era conhecido como um justiceiro, envolvido em diversas confusões e confrontos corporais. Foi assassinado em uma emboscada armada por seu patrão, após um desentendimento com o filho dele. O conflito teve início quando Besouro cobrou o pagamento por um serviço prestado, o que desagradou o coronel. Ciente da fama de “corpo fechado” de Besouro, o capataz foi encarregado de atacá-lo pelas costas com uma faca de tucum, material conhecido por quebrar feitiços de proteção. Traído, Besouro foi mortalmente ferido e faleceu no dia 8 de julho de 1924.

Foi também graças à resistência de Mestre Bimba que a capoeira deixou de ser proibida pelo código penal, após uma apresentação no palácio governamental para o então presidente Getúlio Vargas, em 1937, que buscava apoio popular, e por isso, a capoeira passou a ser legalizada. Mestre Bimba é o grande nome da capoeira regional, na qual ele adaptou a prática

aos tempos modernos, incorporando elementos de outras artes marciais (ver Figura 2). A roda de Capoeira Regional costuma ser mais dinâmica, com variações de ritmo que acompanham tanto a música quanto a energia dos jogadores e usando apenas um berimbau. Mestre Bimba, nascido em 23 de novembro de 1900, e Mestre Pastinha, em 5 de abril de 1889, viveram em um período próximo à Abolição da Escravatura, que ocorreu em 1888, e ajudaram a consolidar essa prática como uma expressão de resistência e identidade cultural afro-brasileira.

Figura 2: Academia de Mestre Bimba é reconhecida. Salvador, 1937



Fonte: Disponível em: <https://memorialdademocracia.com.br/card/academia-de-mestre-bimba-e-reconhecida>. Acesso em: 24 maio 2025.

Mestre Pastinha, grande pioneiro da capoeira de Angola que se destaca por ter sido o primeiro capoeirista de sua época a desenvolver um sistema de ensino e, também, o primeiro a dar aulas em ambiente fechado, mesmo com a proibição da capoeira no código penal brasileiro, com penalidade de seis a dois anos de prisão, resistindo a opressão e racismo da época. Os seus ensinamentos sobre a capoeira Angola são mais lentos, estratégicos, rasteiros e ritualísticos, acompanhados por uma música mais cadenciada e a presença de três berimbaus.

Embora atualmente existem diferentes tipos de berimbaus utilizados tanto na capoeira regional quanto na capoeira Angola, é importante destacar que nem sempre esse instrumento esteve presente na prática da capoeira, no entanto, hoje ele se tornou o principal elemento que conduz a roda. Percebemos que o berimbau ainda não aparecia associado à capoeira, especialmente no período escravocrata (ver Figura 3). Conforme ressalta Mota (2013), embora ainda não seja possível precisar em que momento esse instrumento passou a fazer parte da capoeira, torna-se extremamente difícil falar sobre essa prática sem mencionar o berimbau e os diversos significados que lhe são atribuídos. Isso reforça a compreensão de que não sabemos ao certo em que momento histórico o berimbau foi incorporado à capoeira.

Figura 3: Negros lutando, Brasis, c. 1822. Augustus Earle



Fonte: CAPOEIRA HISTORY, 2023. Disponível em: <https://capoeirahistory.com/pt-br/augustus-earle-um-artista-global-no-rio-de-janeiro/>. Acesso em: 23 maio 2025.

As manifestações culturais negras, principalmente no que se refere à capoeira, até então negadas e perseguidas, passam a ser incorporadas como contribuição para a cultura brasileira a partir do século XX. Deixam, assim, de fazer parte de um grupo étnico específico e de espaços delimitados para fazer parte do patrimônio cultural brasileiro e se espalhar pelos cinco continentes. No ano de 2008, a capoeira foi reconhecida como Patrimônio cultural da Humanidade pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a cultura (UNESCO). O documento é uma afirmação da resistência de um povo, que já sofreu discriminação, mas continua a perpetuar suas tradições culturais em meio a uma sociedade racista.

Como afirmam Faria e Araújo (2018), Mesmo sob condições subumanas, os africanos e afro-brasileiros não perderam sua identidade e deixaram registradas manifestações culturais que são muito importantes para a história brasileira. Durante o processo de escravidão, sua cultura negada e suprimida mantivera vivas suas tradições, chegando a reproduzir e deixar marcas, e uma delas é a capoeira. Por isso, é fundamental romper com a lógica de um currículo eurocêntrico e ampliar o olhar para outras epistemologias, reconhecendo e valorizando saberes e práticas culturais historicamente marginalizadas. Inserir o berimbau no ensino de Física, nesse sentido, não apenas potencializa a aprendizagem de conceitos científicos, mas também contribui para a construção de uma educação antirracista, plural e comprometida com a valorização da cultura afro-brasileira, em consonância com o que propõe a Lei 10.639/2003.

O uso do berimbau no ensino de Física é importante para enriquecer o estudo de temas como acústica e ondulatória, pois permite explorar, de forma prática e significativa conceitos físicos (frequência, ressonância e propagação do som), além de valorizar e dar visibilidade à

cultura africana e afro-brasileira rompendo com a visão tradicional de que as ciências exatas não dialogam com a diversidade cultural. Nota-se com raras exceções os poucos materiais disponíveis sobre temáticas étnico-raciais nas ciências exatas especialmente na Física, sendo restritos a artigos técnicos e científicos que, em sua maioria, não chegam aos professores da educação básica ou são de difícil compreensão, o que dificulta a criação de conteúdos didáticos adaptados à realidade dos alunos e ao contexto do Ensino Básico (ALVES-BRITO, BOOTZ, MASSONI, 2018).

2.5 Acústica no ensino de física

Com o objetivo de identificar produções científicas que abordam temas relacionados à acústica, ao ensino de Física e aos instrumentos musicais, realizamos um levantamento de dissertações e teses abrangendo o período de 2000 a 2023. Para isso, foram consultadas as bases de dados BDTD, SciELO, CAPES, além das revistas *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* e *A Física na Escola*. A palavra-chave "acústica", foi usada como principal, devendo aparecer no título das dissertações e artigos, "ensino de física" e "instrumentos musicais" também foram aplicadas no campo de busca, respeitando os mecanismos de pesquisa de cada base, conforme apresentavam relação com nosso recorte temático.

Cada produção científica encontrada foi selecionada e inserida em uma pasta documental eletrônica intitulada "*Levantamento bibliográfico*". Como a leitura apenas dos títulos, palavras-chave e resumos não foi suficiente para determinar se os artigos e dissertações atendiam aos critérios de inclusão, voltados para o uso de instrumentos musicais no ensino de acústica, foi necessário ler os textos completos. Os critérios de inclusão adotados para a seleção das produções científicas estão apresentados a seguir (ver Quadro 1).

Quadro 1: Mecanismos de busca e critérios de inclusão para produções científicas selecionados.

BASES DE DADOS	ESTRATÉGIAS UTILIZADAS
Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações – BDTD	Busca avançada Limitar idioma: Português Tipo de documento: Dissertação Ano da publicação: 2000 – 2023 (acústica) OR (ensino de física) OR (instrumentos)
Catálogo de Tese & Dissertações da Capes	Tipo: Dissertação Idioma: Português Ano da publicação: 2000 – 2012 Grande área do conhecimento: Ciências Exatas e da Terra “Área conhecimento”: Física “Área concentração”: Ensino de Física “Nome do programa” (acústica) OR (ensino de física) OR (instrumentos)
Portal SciELO	Busca avançada Filtrar por “Coleções” Brasil; “Idioma”: Português “Ano de publicação”: 2002 até 2023 “Área Temática”: Física “Tipo de literatura”: “Artigos” + Todos os índices (acústica) OR (ensino de física) OR (instrumentos)
Portal de periódicos da Capes 3	Busca avançada “Tipo de material”: Artigo “Idioma”: Português De 2012 até 2020 “Revisado por pares”: Sim “Área”: Ciências Humanas OR Ciências Exatas e da Terra (acústica) OR (ensino de física) OR (instrumentos)
<i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i>	Buscar – acústica Filtros avançados 2000 até 2023
<i>A Física na Escola</i>	Buscar – acústica Filtros avançados 2000 até 2023

Fonte: Elaborado pela autora em 2024

Ao todo, foram encontradas 13 produções dentro dos nossos critérios de busca, sendo 6 artigos e 7 dissertações. Dentre as dissertações, 5 foram desenvolvidas no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). O Quadro 2, a seguir, apresenta os levantamentos bibliográficos organizados por código, título, autores/ano, instituições vinculadas ao MNPEF e instituição. Os códigos fazem referência ao tipo de documento, mais especificamente “AR” – artigo e “DE” – dissertação, enumerados a partir do número 1, segundo a ordem do mais antigo para o mais recente.

Quadro 2: Identificação dos artigos e dissertações selecionados que tratam sobre acústica no Ensino de física com uso de instrumentos musicais de acordo com os periódicos nacionais on-line.

CÓDIGO	TÍTULO	AUTORES ANO	INSTITUIÇÃO (VÍNCULO COM MNPEF?)	INSTITUIÇÃO
AR1	O USO DE INSTRUMENTOS MÚSICAIS COMO FERRAMENTA MOTIVADORA PARA O ENSINO DE ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO	KRUMMENAUER; PASQUALETTO; COSTA (2009)	FÍSICA NA ESCOLA (NÃO)	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul Estância Velha
AR2	ACÚSTICA E MÚSICA: UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA EXPLORAR SONS PRODUZIDOS POR TUBOS SONOROS	COELHO; MACHADO (2015)	CADERNO BRASILEIRO DO ENSINO DE FÍSICA (NÃO)	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul Porto Alegre
DE1	A FÍSICA E OS INSTRUMENTOS MÚSICAIS CONSTRUINDO SIGNIFICADOS EM UMA AULA DE ACÚSTICA	SILVA (2017)	UFRGS (SIM)	MNPEF – Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre
DE2	O ENSINO DE ACÚSTICA ATRAVÉS DO USO DE INSTRUMENTOS MÚSICAIS: UMA PROPOSTA DE ENSINO UTILIZANDO OS 3 MOMENTOS PEDAGÓGICOS	SOARES (2018)	IFES (SIM)	MNPEF - Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Espírito Santo Cariacica
AR3	O ENSINO DE ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO DA REDE PÚBLICA POR MEIO DE INSTRUMENTOS MÚSICAIS DE BAIXO CUSTO	(2019)	IFCE (NÃO)	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE Fortaleza
DE3	IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS ATIVAS: APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS EM AULAS DE FÍSICA SOBRE ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO À LUZ DOS CAMPOS CONCEITUAIS	ARAÚJO (2019)	UFRGS (SIM)	MNPEF – Universidade Federal do Rio Grande do Sul Tramandaí
AR4	O VIOLÃO NO ENSINO DE ACÚSTICA: UMA PROPOSTA COM ENFOQUE HISTÓRICO - EPISTEMOLÓGICO EM	LIMA; DAMASIO (2019)	CADERNO BRASILEIRO DO ENSINO DE FÍSICA (NÃO)	Instituto Federal de Santa Catarina Araranguá

	UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA			
DE4	A INTERDISCIPLINARIDADE E A UTILIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS MUSICAIS COMO INCENTIVO PARA O ENSINO DE ACÚSTICA: ESTUDO DE CASO DO VIOLÃO E DO CAVAQUINHO	BARBOSA (2020)	UFERSA (SIM)	MNPEF – Universidade Federal Rural do Semi Árido Mossoró
DE5	O ESTUDO DA ACÚSTICA PARTIR DE UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS: CONTRIBUIÇÕES PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	DECIAN 2020	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E ENSINO DE FÍSICA (SIM)	Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física – UFSM Santa Maria
DE6	INSTRUMENTOS MUSICAIS: CONTEXTUALIZANDO O ENSINO DE ACÚSTICA	CANTO (2022)	PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA (SIM)	MNPEF – Universidade Federal de Santa Catarina Araranguá
AR5	USO DE FERRAMENTAS MIDIÁTICAS E PRÁTICAS NO ENSINO DE ACÚSTICA	NETTO; SANTOS; JÚNIOR (2023)	REVISTA DO PROFESSOR DE FÍSICA (NÃO)	Faculdade de Física, Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua.
AR6	ACÚSTICA: SINTONIZANDO ARTES E FÍSICA POR MEIO DA CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS MUSICAIS	ALVES; CORREIA (2023)	A FÍSICA NA ESCOLA (NÃO)	Instituto Federal Catarinense Campus Brusque
DE7	ANALISE DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA A PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA, NO QUE TANGE O ENSINO DA FÍSICA ACÚSTICA	ANDRÉ 2023	UFRPE (NÃO)	Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências – UFRPE Recife

Fonte: Elaborado pela autora em 2024

Ao analisar as dissertações e artigos mencionados na tabela 2, que efetivamente contribuíram para nossa pesquisa, constatamos que as produções AR1, DE1, AR2, DE2, AR3, AR4, DE4, DE5, DE6, AR5, AR6 e DE7 utilizaram o violão como instrumento musical principal para desenvolver o trabalho em sala de aula (algumas delas, além do violão, também usaram guitarra, flauta, chocalho, xilofone, etc.), evidenciando um padrão tradicional e pouco diversificado culturalmente quando se pensa no estudo de acústica. Já a dissertação DE3 não especifica claramente o experimento realizado, mencionando apenas o uso de canos de PVC na construção de um instrumento musical.

Não encontramos nenhuma produção referente ao instrumento musical Berimbau voltado para o Ensino de Física em ambiente escolar. No entanto, o artigo intitulado como: “A física das oscilações mecânicas em instrumentos musicais: Exemplo do Berimbau” autoria de Kandus et al (2006), apesar de não atender aos nossos critérios de busca, em especial, é válido para fundamentação teórica sobre acústica, inspiração e adaptação voltadas para propostas em sala de aula com uso de instrumentos musicais.

As treze produções científicas selecionadas conforme os critérios estabelecidos para esta pesquisa foram lidas de maneira minuciosa, com atenção especial aos objetivos, metodologias, resultados e contribuições de cada estudo. Essa leitura criteriosa permitiu uma compreensão aprofundada dos temas abordados e das abordagens teóricas e metodológicas adotadas pelos autores. A seguir, apresenta-se um breve resumo de cada uma dessas produções, destacando os principais pontos relevantes para a construção desta dissertação.

Em sua dissertação, Silva (2017) objetivou abordar conteúdos de acústica utilizando instrumentos musicais (guitarra, flauta, xilofone, lita, entre outros) para as turmas do 9º ano do Ensino Fundamental II, no Colégio particular Marista Pio XII. Inicialmente, o autor dividiu os alunos em grupos para desenvolver protótipos de instrumentos musicais, entretanto, devido ao que creditou como sendo imaturidade e falta de empenho dos grupos, não alcançou êxito. Dessa forma, optou por modificar a proposta aplicando uma ferramenta analítica desenvolvida por Mortimer e Scott (2002) baseada em atividades dialógicas, interativas ou não-interativas. A partir dessas interações, os significados são construídos entre alunos e professores na finalidade de formar um cidadão de caráter crítico, que mais tarde passará a agir ativamente para modificação da realidade social. Essa abordagem, conforme descrito pelo autor, proporcionou um espaço positivo para questionários e discussões, ampliando as interações entre os alunos e, conseqüentemente, com o professor.

Krummenauer et al. (2009) relatam atividades desenvolvidas na 3ª série do Ensino Médio de uma escola privada em Estância Velha - RS, com o intuito de despertar o interesse dos alunos utilizando seus conhecimentos prévios sobre instrumentos musicais, a fim de criar uma conexão entre o conhecimento científico e o cotidiano. Ao perceberem por meio de um questionário aplicado que alguns termos utilizados pelos alunos, como "fino" e "grosso" (grave e agudo), embora não científicos, demonstravam noções básicas de acústica, os autores trouxeram violão, um dispositivo gerador de onda estacionária e um brinquedo conhecido como “mola maluca” para discutir ondas longitudinais, transversais e o estudo do som. Conceitos de frequência, período, velocidade de propagação e comprimento de ondas, também foram abordados nas discussões. O questionário aplicado revelou que a proposta atingiu o objetivo esperado, pois a maioria dos alunos aprendeu com prazer, considerou as aulas atrativas e expressou o desejo de que mais conteúdos fossem abordados da mesma forma.

Buscando uma proposta didática para articular o conhecimento de física e música, Coelho e Machado (2015) realizaram uma oficina intitulada "Ciência e Música: explorando sons e aguçando a percepção musical" na Faculdade de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, destinada a alunos do curso de física como atividade complementar. Os alunos foram divididos em grupos e questionados sobre seus conhecimentos prévios sobre música. A partir dessas informações, foram disponibilizados materiais para a construção de um móbile, bem como modelos para facilitar a escolha, já que não havia um roteiro específico. Os autores consideram válida a experiência do processo de construção do instrumento musical pelos licenciandos, para que compreendam a importância das práticas no desenvolvimento de habilidades motoras de seus futuros alunos. Para caracterizar os sons emitidos pelos tubos do móbile, inicialmente foi realizada uma percepção auditiva, permitindo aos participantes comparar os sons emitidos pelos tubos com notas de violão, teclado e diapasão. Coelho e Machado (2015) concluíram que esse tipo de abordagem cria motivação e interesse pelo estudo de outros campos do conhecimento além do saber científico.

Soares (2018) apresenta uma proposta para o ensino de física, focada no uso de instrumentos musicais como tema central nas aulas de acústica para turma da 2º série do Ensino Médio no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES). Primeiramente, foi realizado uma entrevista ao professor efetivo da turma na qual o produto educacional foi desenvolvido e aplicado, cujo objetivo era averiguar as dificuldades encontradas pelos alunos ao aprender física, e em contrapartida as dificuldades em ensinar física. Com base nessas informações, a proposta começou a ser desenvolvida utilizando

questionários para avaliar a familiaridade inicial dos estudantes com instrumentos musicais, a plataforma PhET para estudo do espectro sonoro, uso de sete violões como instrumento central, o aplicativo Pitchlab para afinar instrumentos e um experimento de harmônicos em uma corda. Todos esses recursos possibilitaram o estudo do som, timbre, ondas estacionárias em uma corda, frequência, harmônicos, entre outros. O autor concluiu que a proposta foi satisfatória, pois foi bem recebida pela maioria dos alunos da turma na qual foi aplicada, além de motivá-los a aprender mais sobre acústica, a dinâmica de aulas mais práticas e participativas agradou a grande parte desses estudantes.

Moura e Neto (2019) elaboraram uma proposta para o ensino de acústica, utilizando os conhecimentos musicais dos alunos como ponto de partida, a fim de criar uma conexão entre o conhecimento científico e o cotidiano. É descrito no artigo que a proposta foi implementada em duas turmas da 2^o série do Ensino Médio, da Escola Professora Adalgisa Bonfim Soares, em Fortaleza-Ceará. O intuito foi comparar uma aula de física tradicional (chamando de turma A) e uma aula de física com prática experimental (chamada de turma B). Em ambas as turmas, foram abordados os conteúdos de acústica, como: propagação do som, qualidades fisiológicas do som e espectro sonoro, com ênfase na relação desses conceitos com os instrumentos musicais. A turma B foi dividida em grupos para construir um violão utilizando materiais de baixo custo (caixa de sapato, ripas, ganchos e cordas de nylon, etc). Após a montagem, os alunos foram incentivados a observar a relação entre o comprimento da corda e a altura do som produzido, permitindo discutir a questão histórica por trás da formação das notas em cordas, conforme desenvolvido por Pitágoras. Por fim, Moura e Netto relatam que as duas turmas tiveram bons resultados na avaliação escrita que aplicaram, no entanto os alunos que praticaram a aula prática mostraram-se muito mais motivados.

Uma sequência didática foi desenvolvida por Araújo (2019) em duas turmas da 3^a série do Ensino Médio de colégios na região metropolitana de Porto Alegre, após perceber pela sua experiência profissional as dificuldades dos estudantes com os conteúdos de acústica, especialmente sobre tubos sonoros. Inicialmente, os alunos responderam a um questionário para levantar suas concepções prévias sobre o assunto a ser estudado. Em seguida, construíram um instrumento musical utilizando canos de PVC, explorando as possibilidades do estudo de acústica em tubos abertos. Durante esse processo, surgiram hipóteses e observações dos estudantes que, posteriormente, foram confrontadas com questões de verificação aplicadas na etapa final, e depois ressignificadas pelo professor quando necessário de acordo aos conceitos científicos validados.

Lima e Damásio (2019) implementaram uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) sobre o ensino de acústica em uma turma da 2^o série do Ensino Médio no município de Criciúma -SC. No primeiro momento, foi apresentado um violão como recurso didático, utilizando a noção de organizador prévio e a organização sequencial, com o objetivo de promover uma predisposição para o aprendizado. Em seguida, foi desenvolvida uma sequência de atividades, incluindo um questionário para levantamento de conhecimentos prévios, roteiros experimentais sobre o gerador de ondas estacionárias em uma corda, diário de bordo e avaliação individual dos alunos. Ao passo que as atividades foram sendo desenvolvidas, foi possível discutir o confronto entre teoria corpuscular e ondulatória, questões de veracidade e neutralidade na ciência, bem como conceitos de frequência, comprimento da corda, tensão e densidade da corda.

Uma proposta pedagógica foi elaborada e aplicada utilizando o violão e o cavaquinho como ferramentas para o ensino de acústica na dissertação de Barbosa (2020) aos alunos da 2^a série do Ensino Médio da Escola Estadual de Educação Profissional Elsa Maria Porto Costa Lima, em Aracati, Ceará. Como ponto de partida, realizou-se um levantamento da realidade dos estudantes em relação aos instrumentos musicais presentes em seu cotidiano, por meio de um questionário. Constatou-se que o violão e o cavaquinho eram os mais familiares. Por essa razão, esses instrumentos foram escolhidos para desempenharem um papel mais atuante no processo de aprendizagem, devido à sua influência sobre os estudantes. As etapas desenvolvidas, conforme descritas na dissertação, utilizaram diversos recursos tecnológicos e educacionais. A placa de áudio Xenyn foi empregada para explorar a qualidade fisiológica do som e o aplicativo DaTurner, que possui uma funcionalidade de afinador, também foi utilizado. Além disso, foi desenvolvido um jogo que integra física e música, com a finalidade de verificar a definição do som como uma onda, bem como conceituar a frequência, o comprimento de onda, o período, a amplitude e, por fim, a velocidade de uma onda. A autora enfatiza que o produto educacional aplicado alcançou seu objetivo de ressaltar os conceitos físicos, destacando a importância desses no cotidiano.

Decian (2020) implementou uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) sobre os conceitos de acústica na Escola Estadual de Educação Básica Augusto Ruschi para turma da 2^o série do Ensino Médio. A UEPS foi dividida em duas etapas. A primeira etapa aborda conceitos relacionados às características e qualidades do som, enquanto a segunda enfatiza as propriedades de propagação do som. Essas etapas incluíram a utilização de diversos recursos, como: um questionário introdutório sobre os conhecimentos prévios associados ao

som, a construção de uma flauta d'água, um violão e um móbile conforme as instruções recebidas, além da criação de mapas mentais e conceituais, culminando com a avaliação somativa individual. Na dissertação, valoriza-se o uso dessas estratégias didáticas para incentivar os estudantes a terem uma aprendizagem significativa, aprimorando e modificando suas concepções iniciais.

O ensino de Física enfrenta desafios, especialmente devido à frequente falta de interesse dos estudantes, além disso, é importante considerar que os conteúdos são frequentemente apresentados de forma distante da realidade dos alunos, de maneira mecânica, focando na memorização de definições, fórmulas, e na repetição de exercícios, conforme relatado por Canto (2022) em sua dissertação. Nesse contexto, Canto (2022) propõe uma possível solução ao desenvolver um ensino contextualizado para a 2ª série do Ensino Médio Integrado à Educação Profissional, na cidade de Imbituba – SC, abordando conceitos de ondulatória e acústica utilizando elementos do cotidiano dos alunos, como a música e instrumentos musicais. Recursos tecnológicos, como formulários virtuais, simulações computacionais, vídeos, além de atividades práticas com instrumentos musicais (violão, flauta transversal e violino) foram alguns dos métodos utilizados.

Netto et al. (2023) propõe uma abordagem didática em que professores e alunos possam construir significado sobre os conceitos de acústica, utilizando ferramentas midiáticas, como vídeos, simulações, equipamentos de medição e instrumentos musicais em sala de aula. Esses recursos didáticos foram aplicados em 5 turmas de 2º série do Ensino Médio da Escola de Aplicação da UFPA, após o consentimento da escola e do professor titular das turmas. Entre os recursos utilizados, os autores destacam o violão como o principal instrumento empregado, devido à sua popularidade entre os estudantes e à ampla possibilidade de explorar diversos conceitos físicos (frequência, amplitude, comprimento e velocidade da onda, entre outros). Verificaram que o emprego de ferramentas midiáticas e práticas experimentais, combinado com uma aula bem contextualizada sobre o tema de acústica, desperta um maior interesse dos alunos pelo conteúdo abordado.

Um trabalho interdisciplinar entre física e artes, integrado através do estudo da acústica, foi desenvolvido por Alves e Correia (2023) em parceria com os professores de artes e física do Instituto Federal Catarinense (IFC). Juntos, tiveram a ideia de construir um instrumento musical, que chamaram de "sinopet", utilizando garrafas PET reutilizadas. Esse instrumento tocado como percussão possui sons associados a notas musicais e melodias, sendo ótimo para articular as aulas lúdicas. Outros instrumentos musicais feitos com materiais recicláveis

também foram construídos em oficinas pelos alunos da 2ª série do Ensino Médio. Entre eles, destacam-se o chocalho de grãos, que permitiu discutir a diferença entre ruídos, notas musicais e timbre, e o violão de lata (feito com um pedaço de cabo de vassoura e uma lata de leite em pó), utilizado para explorar o conceito de ondas estacionárias. Além disso, flautas doce e transversal feitas de tubos abertos foram criadas para complementar essas discussões. Após a construção dos instrumentos e o estudo dos conceitos de acústica, os estudantes organizaram oficinas de extensão voltadas para um público externo, composto por crianças de escolas infantis e usuários da APAE, que estão localizados nas proximidades do campus.

De acordo com André (2023), as investigações sobre o ensino das ciências, especialmente da física, têm se caracterizado pela transmissão de informações e pela memorização de fórmulas. Por esse motivo, André utilizou a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para desenvolver sua dissertação, pois esta metodologia se baseia nos conhecimentos prévios dos alunos e busca estimular sua criticidade. As etapas da UEPS foram aplicadas a turma da 3ª série do Ensino Médio de uma escola estadual da região metropolitana de Recife. Com o objetivo de investigar as contribuições e limitações da UEPS, foi trabalhado com os estudantes o conceito e definição de timbre e som, elaboração de mapas conceituais, identificação dos conhecimentos prévios por meio do violão e da flauta doce, aprofundamento teórico dos fenômenos de superposição e interferência, e aplicação de um questionário aberto sobre o conteúdo abordado.

As produções científicas relacionadas ao ensino de Física na abordagem da acústica descrita acima, frequentemente destacam ideias práticas que buscam engajar os alunos no processo de aprendizagem. Grande parte dessas iniciativas utiliza instrumentos musicais, como violão, flauta, xilofone, guitarra e outros, como meios para contextualizar os conceitos físicos e torná-los mais acessíveis e interessantes. No entanto, é notável que, apesar da riqueza cultural e do potencial pedagógico do berimbau, nenhum desses trabalhos explorou seu uso como elemento didático. Essa lacuna evidencia a necessidade de incorporar instrumentos associados à cultura africana e afro-brasileira, como o berimbau, no ensino de Física, não apenas para diversificar as abordagens, mas também para valorizar a história e a cultura que enriquecem nosso patrimônio.

Tanto no currículo quanto na prática em sala de aula, a Física, muitas vezes, é tratada de forma desconectada da realidade cotidiana e das culturas populares, o que pode comprometer o interesse e a participação dos estudantes. Diante disso, é fundamental repensar as práticas pedagógicas, buscando integrar a cultura africana e afro-brasileira ao ensino de Física, tornando

o aprendizado mais significativo, inclusivo e contextualizado. Essa integração não se justifica apenas pelo cumprimento da Lei 10.639/2003, mas também pela consciência histórica da necessidade de reparação social com o povo negro.

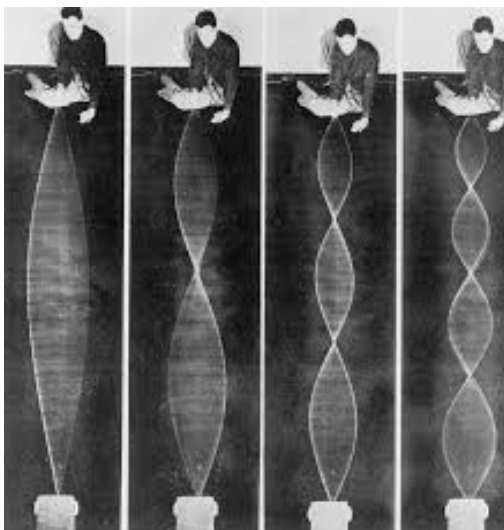
3. O ENSINO DE ACÚSTICA POR MEIO DE INSTRUMENTOS MUSICAIS E A FÍSICA DO BERIMBAU

A música tem sido produzida pela humanidade desde a Pré-História, mas foi apenas durante a era de ouro da Grécia Antiga (500 – 300 a.C.) que os princípios físicos relacionados à produção de sons harmônicos, especialmente frequência e altura, começaram a ser compreendidos. A primeira abordagem científica para entender esses aspectos fundamentais da música é frequentemente atribuída ao filósofo Grego Pitágoras.

Pitágoras, além de filósofo, foi matemático, astrônomo e líder religioso. Muitas de suas criações foram atribuídas ao seu nome, como o famoso teorema dos triângulos retângulos. No entanto, uma de suas contribuições mais importantes foi a descoberta do princípio da vibração dos corpos. Ele percebeu que havia uma relação matemática entre as notas das escalas musicais gregas e os comprimentos de uma corda vibrante ou de uma coluna de ar, como em uma lira ou flauta.

De acordo com Rocha et al. (2015), Pitágoras estabeleceu que uma corda vibrante de determinado comprimento, em sua forma mais simples, produz uma nota específica. Quando esse comprimento é reduzido à metade (como ao pressionar uma corda no braço de um violão), a frequência do som dobra, resultando em uma nota uma oitava acima. Já se a corda for dividida em três partes iguais e fizermos vibrar, obteremos o que em música chamamos de quinta, e caso dividirmos em quatro partes iguais produzirá um intervalo de duas oitavas acima do som fundamental (ver Figura 4).

Figura 4: O princípio dos corpos

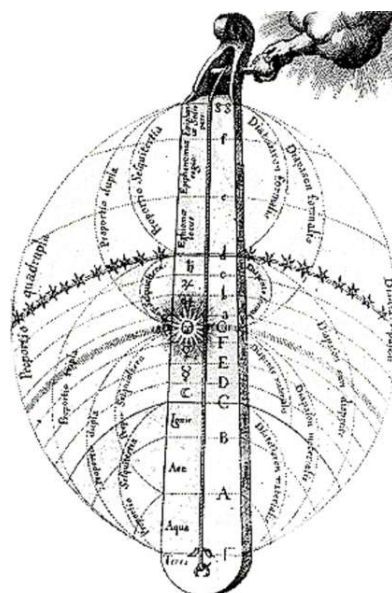


Fonte – Rocha et al. (2015).

Por meio do entendimento do princípio de corpos vibrantes, conforme demonstra a figura 4, Pitágoras percebeu então que esses corpos obedecem a um princípio de números inteiros, ou

seja, a razão entre a frequência entre duas notas na escala natural é descrita por uma razão de pequenos números 1/1 representando o unísono 2/1, a oitava (de um dó a outro mais agudo) 3/2, a quinta (dó-sol) 4/3 a quarta (dó – fá) 5/4 a terça maior (dó - mi). Pitágoras ficou fascinado ao perceber que, quanto menor for o valor do número da fração, mais agradável será o intervalo musical. Com essa descoberta, ele passou a acreditar que todas as coisas no universo estavam relacionadas a números inteiros, estendendo esse princípio aos planetas e estrelas. Segundo essa visão, os períodos planetários deveriam manter entre si uma relação baseada em pequenos números inteiros, resultando em uma magnífica harmonia cósmica, que ele denominou música das esferas (ver Figura 5).

Figura 5: A harmonia musical do universo



Fonte – Rocha et al. (2015).

Rocha et al. (2015) destacam que Pitágoras, ao estender seu modelo musical para a geometria, observou que uma corda com 12 unidades apresenta vibrações mais harmônicas quando dividida em segmentos de 8 e 6 unidades. Essa relação está em progressão harmônica e pode ser associada ao cubo, uma figura geometricamente harmônica, que possui 12 arestas, 8 vértices e 6 faces, a condição de uma figura geometricamente harmônica.

No entanto, ao formular o que conhecemos hoje como o teorema de Pitágoras, ele percebeu que as diagonais das faces do cubo não mantêm, em relação aos seus lados, uma proporção baseada em números inteiros, assim como ocorre com a relação entre o perímetro de um círculo e seu diâmetro. Esse fato surpreendeu profundamente os pitagóricos, pois abalava a crença de que a geometria e a música poderiam descrever todas as coisas de maneira harmônica.

A busca pela simetria e pelas relações numéricas levou ao desenvolvimento de importantes teorias sobre o universo. Entre elas, surgiu a ideia de que os planetas e as estrelas deveriam girar regularmente ao redor da Terra, seguindo a mais perfeita das curvas: o círculo. Além disso, acreditava-se que tanto o céu quanto a Terra deveriam ter a forma esférica. Essas concepções influenciaram profundamente a Física, a Mecânica e a Astronomia, moldando o pensamento científico até o Renascimento.

Nesse contexto, a preocupação com a regularidade dos movimentos e a natureza das ondas também contribuiu para o desenvolvimento da acústica, ramo da Física dedicado ao estudo do som, suas propriedades e os fenômenos relacionados à sua propagação. Inicialmente, a acústica investiga como o som é produzido por vibrações de objetos materiais, como as cordas vocais, instrumentos musicais e dispositivos como alto-falantes.

A acústica também possui diversas aplicações práticas, como o design de ambientes acústicos (teatros e estúdios), o uso de ultrassons na medicina, a análise de ruídos ambientais, o estudo de ondas sísmicas na geofísica e o desenvolvimento de tecnologias em engenharia de som.

Portanto, a acústica é uma área interdisciplinar que combina a Física com outras áreas do conhecimento para compreender e solucionar problemas relacionados ao som e à audição. Nas seções seguintes, serão abordados o contexto histórico do estudo da acústica, conceito de ondas mecânicas e suas características, som do berimbau e as vibrações na corda e cabaça.

3.1 Ondas mecânicas

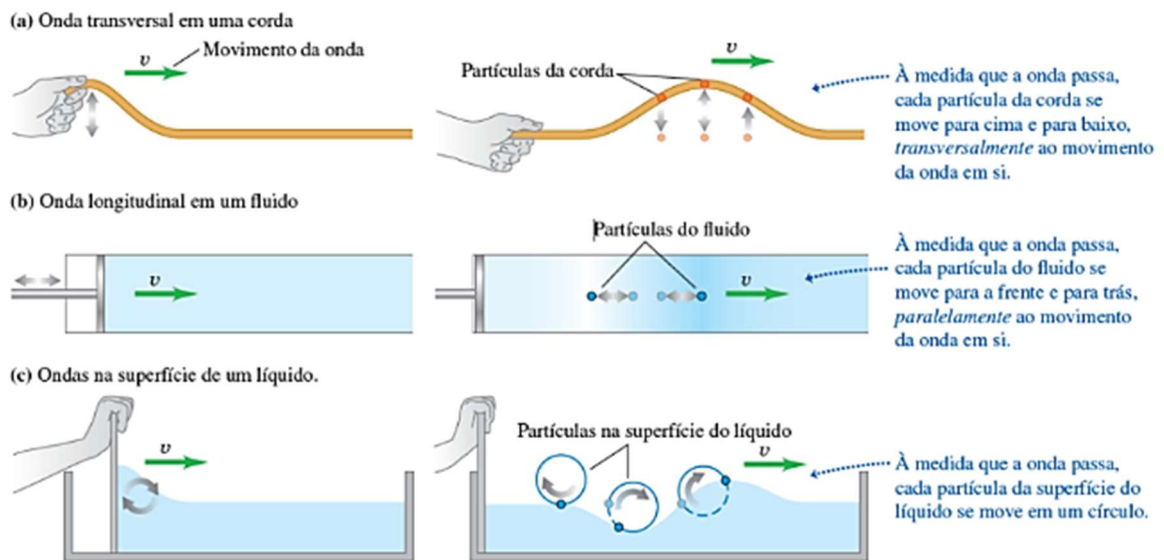
De acordo com NUSSENZVEIG (2003), uma onda pode ser definida como qualquer sinal que se propaga de um ponto a outro de um meio com uma determinada velocidade. Contudo, essa propagação de sinais entre dois pontos distantes ocorre sem que haja transporte direto de matéria de um ponto ao outro. Similarmente, Young e Freedman (2008) explicam que uma onda se forma quando um sistema é afastado de sua posição de equilíbrio, resultando em uma perturbação que se desloca ou se propaga de uma parte para outra do sistema, transportando energia durante esse processo.

Quanto a natureza, as ondas são classificadas em mecânicas e eletromagnéticas. Uma onda mecânica é conceituada por Young e Freedman (2008), como uma perturbação que se desloca através de um material chamada de meio, no qual a onda se propaga. No entanto, nem todas as ondas são mecânicas; algumas são eletromagnéticas, como a luz, que pode se propagar até mesmo no vácuo, onde não há nenhum meio material.

De acordo com Young e Freedman (2008), as ondas podem ser classificadas pelo seu sentido de propagação em longitudinal, transversal ou mista. A Figura 6(a) abaixo apresenta um exemplo de onda transversal, onde a direção de propagação é perpendicular à direção de vibração (o movimento da mão ocorre na vertical, enquanto a propagação ocorre ao longo de toda a extensão da corda, na horizontal).

Já na Figura 6(b), a direção de propagação da onda coincide com a direção de vibração; na ilustração, observa-se que, à medida que o pistão é movimentado, há um deslocamento do fluido na mesma direção, com cada partícula se movendo para frente e para trás. Por fim, a Figura 6(c) demonstra um exemplo de onda mista, gerada em um líquido de um canal, em que as partículas se deslocam de forma circular.

Figura 6: Classificação das ondas quanto à direção de propagação
(a) Onda transversal; (b) Onda longitudinal; (c) Onda mista.

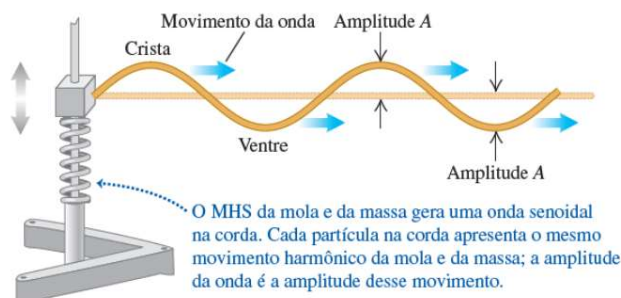


Fonte: Young e Freedman (2008)

3.2 Ondas periódicas

Uma onda periódica é uma perturbação que se repete de forma regular ao longo do tempo. Esse tipo de onda está presente em diversos fenômenos físicos, como as ondas sonoras, as ondas em cordas e as ondas eletromagnéticas. Para descrever esse tipo de perturbação, consideremos o exemplo de uma onda que se propaga em uma corda, cuja extremidade está fixada a um bloco conectado a uma mola, oscilando conforme ilustrado na Figura 7, a seguir.

Figura 7: Propagação de uma onda transversal senoidal ao longo de uma corda.



Fonte: Young e Freedman (2008)

A imagem ilustra a geração de uma onda senoidal em uma corda a partir do movimento harmônico simples (MHS) de uma mola com uma massa acoplada. A mola oscila verticalmente, fazendo com que a onda se propague ao longo da corda. Os principais elementos destacados na imagem são:

- **Crista:** O ponto mais alto da onda.
- **Ventre:** O ponto mais baixo da onda.
- **Amplitude (A):** A distância máxima entre a posição de equilíbrio da corda e a crista ou o ventre, que é medida em metros.

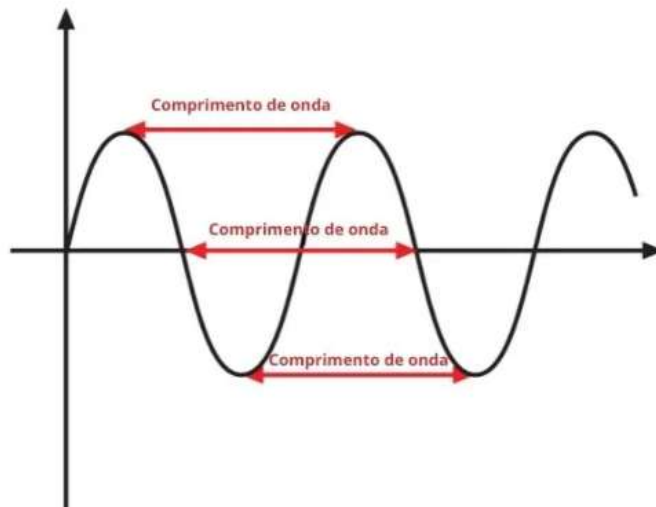
O número de oscilações, vibrações ou ciclos por unidade de tempo define a frequência (f), que é medida em hertz (oscilações por segundo). A frequência, por definição é o inverso do período T e está vinculada com a frequência angular ω por:

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \quad (2)$$

Em uma onda periódica, a forma apresentada em uma corda em um dado instante é uma configuração que se repete continuamente. O comprimento de uma dessas configurações completas corresponde à distância entre duas cristas sucessivas ou entre dois ventres consecutivos (Young e Freedman, 2008) (ver Figura 8).

Figura 8: Comprimento de onda



Fonte: Disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/ondas-periodicas.htm>. Acesso em janeiro, 2025.

A configuração da onda se desloca com velocidade v avançando o comprimento de onda λ no intervalo do período T . Assim a velocidade $v = \frac{\lambda}{T}$ mas como $f = \frac{1}{T}$,

$$v = \lambda f \quad (3)$$

3.3 Equação de uma onda

A equação de uma onda pode ser deduzida a partir da descrição matemática do movimento ondulatório, sendo uma perturbação que se propaga no espaço e no tempo. Para descrevê-la, é necessária uma função y que dependa da coordenada x e do tempo t :

$$y = y(x, t) \quad (4)$$

Supondo uma partícula localizada em $x = 0$ (onde a corda começa), executando um MHS com amplitude A e frequência angular ω , seu deslocamento é dado por

$$y(0, t) = A \cos \omega t \quad (5)$$

A onda se propaga de $x = 0$ até um ponto x à direita em um intervalo $\Delta t = \frac{x}{v}$, substituindo t por $(t - \frac{x}{v})$ obtemos:

$$y(x, t) = A \cos [\omega (t - \frac{x}{v})] \quad (6)$$

Como $\cos(-\theta) = \cos \theta$ podemos reescrever

$$y(x, t) = A \cos [\omega (\frac{x}{v} - t)] \quad (7)$$

Escrevendo a função de onda em termos do comprimento de onda λ e do período $T = \frac{1}{f}$ usamos as relações $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, $\omega = \frac{2\pi}{T}$, $v = \lambda \cdot f = \frac{\lambda}{T}$ substituindo essas relações em (7), obtemos:

$$y(x, t) = A \cos \left[2\pi \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} \right) \right] \quad (8)$$

Segundo Young e Freedman (2015), é conveniente definir uma grandeza k , em unidade de comprimento, denominada número de onda:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (9)$$

Substituindo $\lambda = \frac{2\pi}{k}$ e $\omega = 2\pi f$, colocaremos a função de onda na forma mais conhecida:

$$y(x, t) = A \cos \omega t (kx - \omega t) \quad (10)$$

Para obter a velocidade transversal v_y de uma partícula em uma onda senoidal em um ponto x , como em uma corda, derivamos a função de onda $y(x, t)$ em relação a t , então

$$v_y(x, t) = \frac{\partial y(x, t)}{\partial t} \quad (11)$$

$$v_y(x, t) = \omega A \sin(kx - \omega t) \quad (12)$$

A aceleração transversal é a derivada de segunda ordem de $y(x, t)$ em relação ao tempo:

$$a_y(x, t) = \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} = -\omega^2 A \cos(kx - \omega t) = -\omega^2 y(x, t) \quad (13)$$

Também é possível calcular a derivada parcial da função de onda x em função de x . De acordo com Yong e Freedman (2008), a primeira derivada $\frac{\partial y}{\partial t}$ fornece a inclinação da corda e a segunda derivada $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$ fornece a curva da corda, assim:

$$\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial x^2} = -k^2 A \cos(kx - \omega t) = -k^2 y(x, t) \quad (14)$$

Dividindo a (13) por (14) e sabendo que $v = \frac{\omega}{k}$, temos:

$$v^2 = \frac{\omega^2}{k^2} = \frac{\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}}{\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}} \quad (15)$$

$$\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} = \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (16)$$

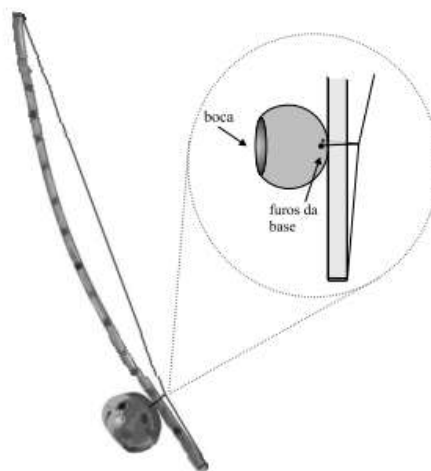
A equação (16) é conhecida como equação de onda.

3.4 Física do berimbau

O berimbau é um instrumento musical essencial nas rodas de capoeira. Ele é constituído por uma vara de madeira com comprimento entre aproximadamente 1,5 e 2 metros, na qual é preso um arame fixado nas extremidades, de maneira a curvar a vara até formar um arco. Para que as vibrações provocadas no arame sejam ressoadas, coloca-se presa ao berimbau uma cabaça que funciona como uma caixa de ressonância, o comportamento do arame se assemelha ao de uma corda presa em ambas as extremidades. Quando o arame é colocado em vibração por meio de um puxão ou perturbação, nota-se que essa vibração se dissipa rapidamente. Isso ocorre devido à atuação de forças dissipativas, como o atrito interno do próprio material (atrito elástico) e as forças que induzem pequenos movimentos vibratórios nos suportes onde o arame está fixado. Por isso, instrumentos como o violão e piano, também usam uma caixa de ressonância, pois boa parte dessa energia produzida nas cordas serão convertidas em energia sonora ondulatória.

A cabaça acoplada ao berimbau possui duas aberturas: a principal, conhecida como “boca”, e duas pequenas perfurações utilizadas para fixá-la à vara e ao arame (ver Figura 9). Dessa forma, a cabaça apresenta aberturas em ambas as extremidades. Kandus et al. (2006) afirmam que, embora os furos sejam pequenos, seu diâmetro é suficiente para garantir que a pressão do ar dentro da cabaça e na região em frente aos furos seja igual à pressão atmosférica externa.

Figura 9: Representação de um berimbau e os furos por onde passam um cordão que fixa a cabaça a verga.



Fonte: Kandus et al. (2006)

Considerando essas aberturas, a cabaça pode se comportar como um tubo fechado ao ser encostada na barriga e como um tubo aberto ao ser mantida afastada. No entanto, o som produzido varia de acordo com o tamanho da cabaça. Nesse caso, temos a cabaça conhecida como *gunga*, a maior, que emite um som grave; a cabaça média, que produz um som intermediário; e, por fim, a *viola*, menor, que gera o som mais agudo (ver Figura 10).

Figura 10: Representação dos três tamanhos diferentes das cabaças.



Fonte: Google Imagens. Acessado em 22 de março de 2025.

Os diferentes tamanhos dos tubos estão diretamente relacionados às suas diferentes sonoridades devido ao fato de que os comprimentos de onda dos modos possíveis de vibração do ar dependem do comprimento do tubo. Segundo NUSSENZVEIG (2003), a entrada de ar em um tubo de órgão gera um antinodo, ou seja, um ponto de máxima amplitude de uma onda estacionária em relação ao deslocamento. Para tubos com uma extremidade fechada, o deslocamento do ar é nulo nessa extremidade. Em contraste, em tubos abertos, a pressão total deve permanecer aproximadamente constante e igual à pressão atmosférica. Kandus et al. (2006) explicam que as vibrações do ar no interior de um tubo aberto correspondem à variação de pressão em relação à pressão externa. Para essas vibrações formam-se harmônicos conforme a especificidade do tubo, sendo aberto ou fechado, nesse aspecto segue abaixo as especificações com equações e ilustrações de alguns harmônicos destinados a tubos abertos e fechados.

3.5 Tubos abertos:

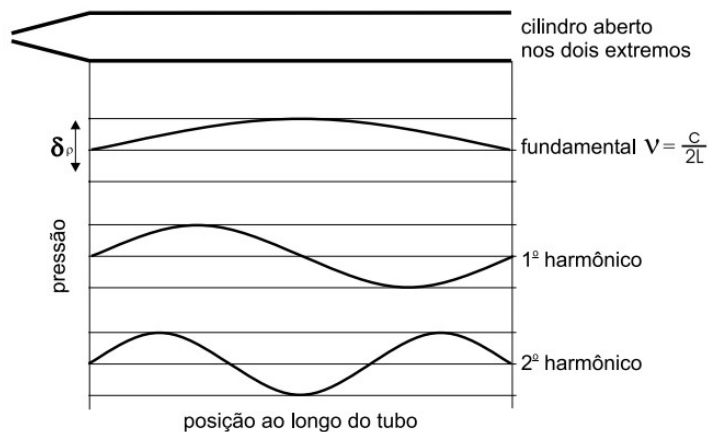
Kandus et al (2006) explicam que para um cilindro de ar com os dois extremos abertos existe um nodo de pressão, pois o ar dentro do tubo está em contato com o ar exterior, nesse caso o ar atmosférico. Logo, as vibrações produzidas no ar que está no interior do cilindro corresponderão a variações de pressão em relação à pressão externa. Ressaltam também que a amplitude de vibração, pelo contrário, apresenta ventres nesses pontos extremos, como as moléculas de ar não tem nenhum obstáculo no seu caminho, elas podem se deslocar livremente para dentro e para fora do cilindro, vibrando com máximas amplitudes.

O comprimento de onda dos possíveis modos de vibração do ar se relaciona com o comprimento do tubo l , segundo:

$$\lambda_m = \frac{2l}{m} \quad m = 1, 2, 3 \dots \quad (17)$$

Portanto, a vibração fundamental corresponde ao caso em que o comprimento do cilindro é igual a meio comprimento de onda. Na Figura 11, estão esquematizados alguns dos possíveis modos de vibração do ar em um cilindro aberto em ambas as extremidades.

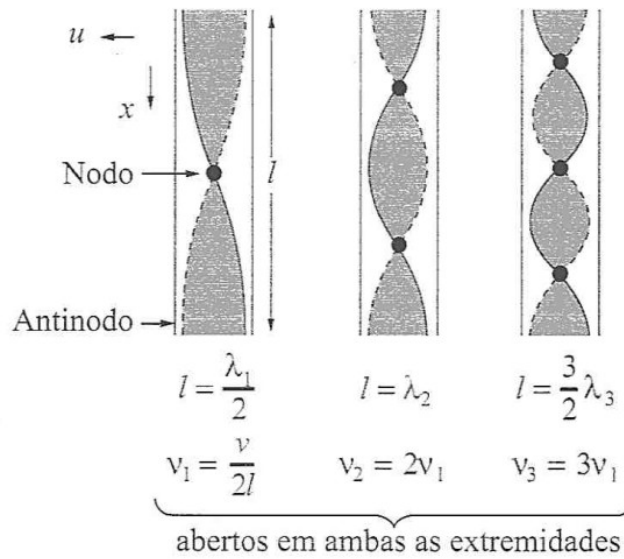
Figura 11: Representação dos modos de vibração de pressão correspondente aos três primeiros harmônicos de um cilindro aberto nos dois extremos.



Fonte: Fonte: Kandus et al. (2006)

Vamos utilizar também como referência a figura apresentada por Nussenzveig (2003) para detalhar os nodos de vibração (não demarcados por Kandus et al.), que apresenta um ventre em ambas as extremidades. O modo mais simples de vibração corresponde a um nó no ponto central; entretanto, a cada novo modo de vibração, surge um nó intermediário adicional (ver Figura 12).

Figura 12: Tubos sonoros aberto nas duas extremidades.



Fonte: NUSSENZVEIG (2003).

A distância entre dois ventres consecutivos é igual a meio comprimento de onda, ou seja, $(\frac{\lambda}{2})$, temos que a frequência é dada por $f = \frac{v}{\lambda}$. Na equação, v é a velocidade da onda dentro do tubo. Desta forma, podemos estabelecer que:

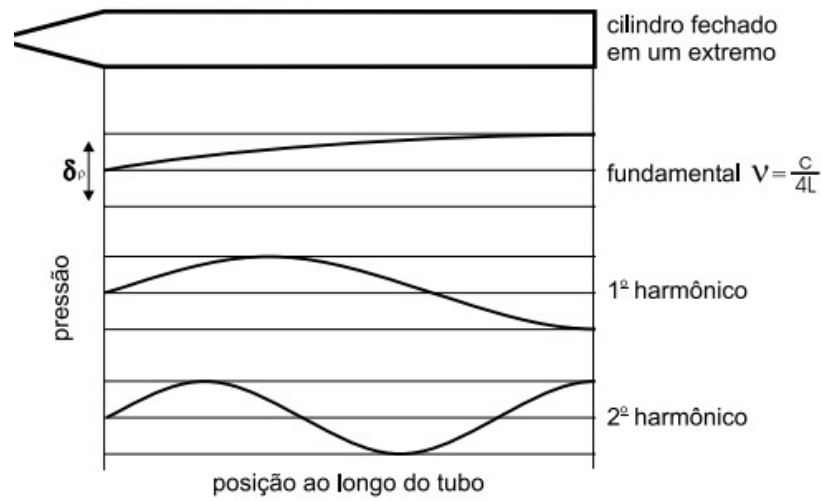
$$f = \frac{N \cdot v}{2L} \quad (18)$$

Para $N = 1$ temos a frequência fundamental, para $N = 2$ temos o segundo harmônico, para $N = 3$ temos o terceiro harmônico, e assim por diante.

3.6 Tubos fechados

A cabaça pode ser modelada como um tubo sonoro fechado em uma extremidade e aberto na outra. Quando a boca maior da cabaça é apoiada contra a barriga do tocador, ela se comporta como uma extremidade fechada, onde se forma um ventre de pressão. A outra extremidade, correspondente aos pequenos furinhos por onde passa o barbante, funciona como uma extremidade aberta, na qual se estabelece um nó de pressão. Em tubos desse tipo, os modos de vibração permitidos correspondem apenas a múltiplos ímpares de um quarto do comprimento de onda, o que determina os harmônicos que podem ser produzidos, conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13: Representação dos modos de vibração de pressão correspondente aos três primeiros harmônicos de um cilindro fechado em um dos extremos

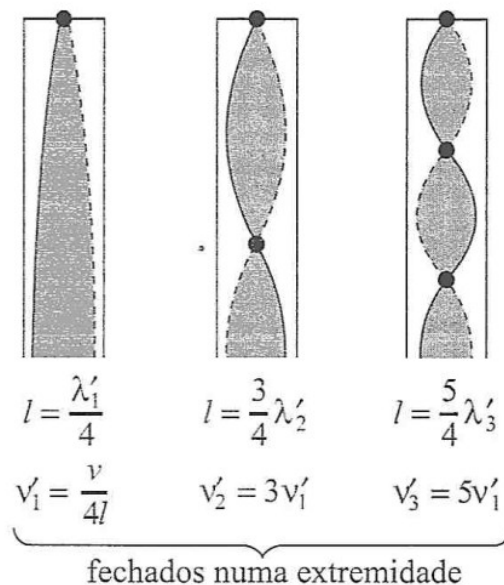


Fonte: Fonte: Kandus et al. (2006)

$$\lambda_n = \frac{4l}{2p+1} \quad p = 0,1,2,3,4 \dots$$

Vale destacar que os possíveis valores do denominador são: 1 para p igual a 0, 3 para p igual a 1 e 5 para p igual a 2, sempre números inteiros ímpares, como mostra detalhadamente a Figura 14 abaixo.

Figura 14: Tubos sonoros aberto nas duas extremidades.



Fonte: NUSSENZVEIG (2003).

NUSSENZVEIG (2003), a coluna de ar aberta em uma extremidade e fechada na outra, de modo que produzem ressonâncias quando $l = \frac{\lambda}{4}$, $l = \frac{3\lambda}{4}$, $l = \frac{5\lambda}{4}$, onde $\lambda = \frac{v}{\nu}$ e v é a velocidade do som no ar. A ressonância é detectada pelo reforço considerável produzido na intensidade sonora. Medindo l , pode-se determinar λ e por consequência v . O som que se origina de cordas vibrantes de um instrumento musical tal como o violino ou o piano é profundamente influenciado pela “caixa de som” do instrumento, constituída das partes de madeira.

3.7 Arame

Para compreender melhor o som ressoado pela cabaça, é necessário estudar as vibrações geradas no arame fixo em seus extremos. Vamos supor que a corda (aramé) tenha um comprimento total L , uma densidade linear μ , e esteja esticada sob a ação de uma força de tração T . Essa configuração pode sofrer alterações quando o arame é apertado ou afrouxado, devido a ajustes realizados na verga. Esses ajustes modificam a velocidade de propagação dos pulsos elásticos na corda, que depende diretamente da tensão aplicada e da densidade linear, conforme indicado pela equação (19).

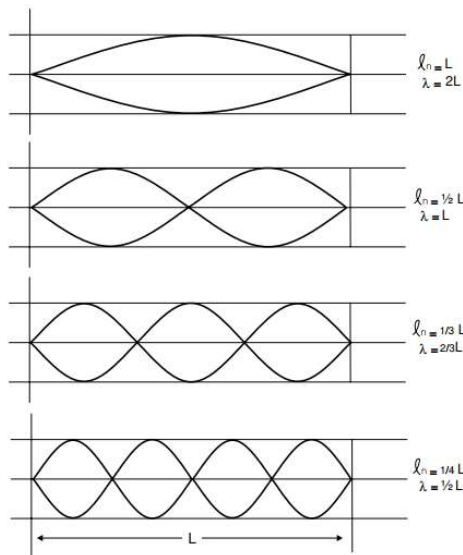
$$v_T = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (19)$$

Para amplificar diferentes tipos de sonoridades por meio da cabaça, é comum o uso de arames retirados de rodas de carros ou tratores. A especificidade desse tipo de arame é descrita por Kandus et al. (2006) é que o arame possui um comprimento L e massa por unidade de comprimento μ e sendo mantida esticada por uma certa força T , que pode ser variada.

Para exemplificar a formação de harmônicos, Kandus et al. (2006) recorrem ao caso de uma corda fixada em ambas as extremidades, na qual ondas se propagam em direções opostas (ver Figura 15). Ao atingirem os pontos fixos, essas ondas são refletidas e passam a interferir entre si, produzindo uma onda estacionária. Como resultado dessa interferência, formam-se pontos que permanecem imóveis — os nodos — devido ao cancelamento das amplitudes das ondas incidentes e refletidas. Entre esses nodos, surgem regiões onde a amplitude é máxima, chamadas ventres. Nessa configuração, não há sentido único de propagação da perturbação ao longo da corda; o padrão resultante aparece como uma vibração fixa no espaço. Kandus et al. (2006) destacam que tais ondas estacionárias constituem as únicas formas de vibração estáveis possíveis para uma corda com extremidades fixas, uma vez que esses pontos fixos impõem a condição de deslocamento nulo, caracterizando-os como nodos permanentes.

Portanto, as ondas estacionárias senoidais apresentam uma distância entre os nodos (l) que deve se ajustar a um número inteiro de vezes no intervalo entre os pontos A e B. Nesse caso, l corresponde a meio comprimento de onda. No exemplo apresentado por Kandus et al. (2006) e ilustrado na Figura 15, essa configuração representa o primeiro harmônico. O caso seguinte, mostrado na mesma figura, refere-se à situação em que há um nodo adicional, posicionado a meia distância entre os extremos. Nessa condição, l equivale à metade do comprimento da corda, o que significa que o comprimento de onda é igual à distância entre os extremos. A Figura 15 apresenta esses dois primeiros casos, além de mais dois, entre os diversos possíveis.

Figura 15: Representação dos quatro primeiros harmônicos de uma corda fixa nos extremo



Fonte: Fonte: Kandus et al. (2006)

$$l_n = \frac{\lambda}{2}$$

$$L = nl_n = n \frac{\lambda}{2}$$

Onde n é um número natural qualquer, 1,2,3 ... Isso nos diz que são permitidos apenas os seguintes comprimentos de onda

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \quad (20)$$

A velocidade v_T de uma onda está relacionada com a sua frequência f e o seu comprimento de onda segundo

$$v_T = \lambda f$$

Assim, usando a relação

$$\lambda = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (21)$$

Verificamos, então, que em uma corda só pode vibrar com frequência que seja múltipla de uma frequência natural

$$f_n = \frac{1}{\lambda_n} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = n f_1 \quad (22)$$

A frequência mais baixa possível obtida para $n=1$

$$f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (23)$$

Para estabelecer uma relação entre a dimensão característica do meio vibrante e os possíveis comprimentos de onda, equivalente ao que ocorre com vibrações na corda fixa em ambos os extremos.

3.8 Interferência

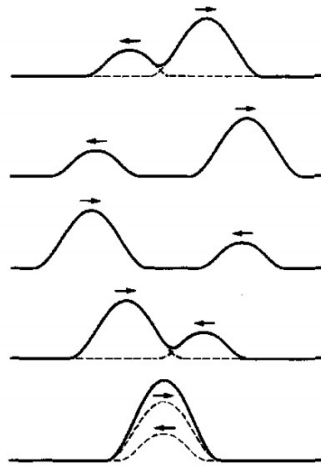
Segundo, Young e Freedman (2008), o termo interferência agrupa os fenômenos ondulatórios que ocorrem quando duas ou mais ondas se superpõem na mesma região do espaço. Halliday (2010), apresenta um exemplo de duas ondas se propagando simultaneamente ao longo de uma corda esticada, considerando $y_1(x,t)$ e $y_2(x,t)$ os deslocamentos que a corda sofreria se cada onda agisse sozinha. Logo, teríamos uma soma algébrica:

$$y(x, t) = y_1(x,t) + y_2(x,t) \quad (24)$$

Esse é um exemplo de superposição, que ocorre quando diversos efeitos acontecem simultaneamente, o efeito resultante é a soma dos efeitos individuais. Para ondas em uma corda esticada, isso quer dizer que o deslocamento resultante da corda, em qualquer ponto ao longo de seu comprimento, corresponde a soma dos deslocamentos que ondas teriam produzido individualmente.

A figura mostra uma sequência cronológica de dois pulsos com amplitudes diferentes que se propagam em sentidos opostos, na mesma corda esticada (ver Figura 16).

Figura 16: Fonte: Fonte: Kandus et al. (2006)



Fonte: HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. (1996).

No entanto, as ondas podem se propagar de maneira diferente da representada na figura, estando em fase, mas com amplitudes distintas. Segundo os autores, se ondas senoidais forem geradas com o mesmo comprimento de onda e amplitude, propagando-se na mesma direção ao longo de uma corda esticada, o princípio da superposição será aplicável. Contudo, o resultado dependerá do grau de fase entre as ondas. Se estiverem em fase, seus deslocamentos se somarão, dobrando a perturbação gerada por cada uma individualmente. Por outro lado, se estiverem completamente fora de fase, ocorrerá um cancelamento total, resultando na ausência de perturbação. Esse fenômeno de reforço e cancelamento é denominado interferência e pode ser observado em diversos tipos de ondas.

$$y_1(x, t) = y_m \text{sen}(kx - \omega t + \phi) \quad (25)$$

$$y_2(x, t) = y_m \text{sen}(kx - \omega t)$$

Observem duas ondas propagando-se ao longo de uma corda esticada em (2) e (3). Ambas possuem a mesma frequência angular ω , o mesmo número de onda angular k e a mesma amplitude y_m . Dessa forma, deslocam-se na mesma direção de crescimento de x e com a mesma velocidade, diferenciando-se apenas por um ângulo conhecido como diferença de fase.

Pelo princípio da superposição a onda combinada (3.16) tem um deslocamento de:

$$y(x, t) = y_1 + y_2 = y_m [\text{sen}(kx - \omega t + \phi) + \text{sen}(kx - \omega t)] \quad (26)$$

Escrevendo a soma dos senos, de dois ângulos, como:

$$\text{sen}\alpha + \text{sen}\beta = 2 \text{sen} \left(\frac{\alpha + \beta}{2} \right) \cos \left(\frac{\alpha - \beta}{2} \right) \quad (27)$$

$$y(x, t) = [2y_m \text{coss} \left(\frac{\phi}{2} \right) \text{sen}(kx - \omega t + \frac{\phi}{2})]$$

A onda resultante é também uma onda senoidal, diferindo das ondas originais somente pela sua fase inicial, que é $\frac{\phi}{2}$ e sua amplitude que é a quantidade entre colchetes, isto é

$2y_m \cos(\frac{\phi}{2})$ se $\phi = 0$, as duas ondas estão exatamente em fase. Então a equação reduz a :

$$y(x, t) = 2y_m \text{sen}(kx - \omega t) \quad (\phi = 0) \quad (28)$$

Se $\phi = \pi \text{rad}$ (ou 180°) as duas ondas estão exatamente em oposição de fase. Então $\cos(\frac{\phi}{2})$ se reduz a $\cos \frac{\pi}{2} = 0$ e a amplitude da onda resultante é zero. Assim, quando a componente de onda está exatamente em oposição de fase, sua interferência é totalmente destrutiva.

3.9 Ressonância

Um fenômeno importante abordado em acústica é o da ressonância, ocorrendo, quando um sistema vibratório é excitado por uma frequência externa que coincide com sua frequência natural de vibração, resultando em um aumento significativo na amplitude do som. Esse efeito é fundamental em diversos contextos da acústica, como na produção musical, na construção de instrumentos e até em aplicações tecnológicas.

Equação diferencial que rege o movimento de um oscilador harmônico forçado é:

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = F_0 \cos(\omega t) \quad (29)$$

- m é a massa do sistema vibrante,
- b é o coeficiente de amortecimento,
- k é a constante elástica do sistema,
- F_0 é a amplitude da força externa,
- ω é a frequência da força externa,
- $x(t)$ é a posição da massa em função do tempo.

Escrevendo a equação na forma usual:

$$\ddot{x} + 2\zeta\omega_0\dot{x} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m} \cos \omega t \quad (30)$$

Onde definimos:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ como frequência natural do sistema}$$

$$\zeta = \frac{b}{2\sqrt{mk}} \text{ como fator de amortecimento adimensional (31)}$$

Solução da Equação Diferencial. A solução geral é composta por duas partes:

1. **Solução homogênea**, correspondente ao sistema sem força externa e que decai ao longo do tempo devido ao amortecimento.
2. **Solução particular**, que representa a resposta forçada do sistema no regime permanente.

$$x_p(t) = A \cos(\omega t - \phi) \quad (32)$$

Substituindo na equação diferencial e encontramos

$$A = \frac{\frac{F_0}{m}}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2\zeta\omega_0\omega)^2}} \quad (33)$$

E o fator de fase:

$$\tan\phi = \frac{2\omega_0\omega}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad (34)$$

A ressonância ocorre quando a amplitude A atinge seu valor máximo. Para isso, vamos derivamos A em relação a ω e igualamos a zero. O máximo ocorre quando:

- Se $\zeta = 0$ (sistema não amortecido), então $\omega_{resp} = \omega_0$.
- Para pequenos valores de ζ , a frequência de ressonância é muito próxima de ω_0 .

A amplitude máxima ocorre aproximadamente em $\omega \approx \omega_0$, e pode ser expressa como:

$$A_{m\acute{a}x} = \frac{\frac{F_0}{m}}{2\zeta\omega_0} \quad (\text{para pequenos valores de } \zeta) \quad (35)$$

4. METODOLOGIA

4.1 Estudo de caso

A metodologia adotada nesta pesquisa é de natureza exploratória. Como principal embasamento teórico-metodológico para a condução e análise dos resultados, foram utilizadas as técnicas de pesquisa social conforme descritas por Antônio Carlos Gil (2008).

Gil (2008) cita que as pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar uma visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis.

Nossa sequência didática ³foi desenvolvida com 30 alunos do 2º ano do Ensino Médio no Centro Educacional Opção, uma instituição de ensino particular localizada em Vitória da Conquista – BA. Fundado em 1977, o colégio atende do 6º ano do Ensino Fundamental ao 3º ano do Ensino Médio, consolidando-se como uma escola tradicional e recebendo alunos de diversas cidades vizinhas.

O corpo discente do Colégio Opção é constituído, majoritariamente, por estudantes provenientes de famílias formadas por trabalhadores que, embora não pertençam a grupos economicamente privilegiados, investem significativamente na educação dos filhos como estratégia de ascensão social e ampliação de oportunidades futuras. Trata-se de um público cujas famílias reconhecem o valor da escolarização e enfrentam, cotidianamente, desafios sociais e econômicos, o que contribui para a formação de estudantes sensíveis às desigualdades e às diferentes realidades sociais. Esse perfil favoreceu a implementação do produto educacional voltado às questões étnico-raciais, uma vez que os estudantes demonstraram abertura ao diálogo, reflexão crítica e identificação com as discussões propostas. Além disso, a própria instituição escolar apresentou receptividade e apoio à proposta pedagógica, evidenciando consonância entre o projeto educativo da escola e iniciativas que promovem a valorização da diversidade, o respeito às diferenças e a construção de uma educação socialmente comprometida.

Os estudantes do Ensino Médio da instituição têm uma rotina de período semi-integral. De segunda a sexta-feira, assistem às aulas no turno da manhã, das 7h10 às 12h30 e nas terças e quintas-feiras, também têm aulas no turno da tarde, das 14h às 17h40.

³ Conforme Zabala (1998), no Capítulo 3 - *As sequências didáticas e as sequências de conteúdo*, a sequência didática constitui a forma de organização das atividades pedagógicas, compreendida como um conjunto articulado de ações de ensino e aprendizagem que orienta a construção progressiva do conhecimento escolar.

A escola dispõe de um laboratório de ciências, laboratório de informática (robótica), sala de artes, biblioteca e quadra esportiva. Esses recursos são fundamentais para a realização de diversas atividades.

As atividades foram realizadas em um total de dezoito horas aulas, ocorridos entre os meses de agosto e outubro de 2024, às quintas e sextas-feiras, com carga de 4 horas-aula semanais. Cada aula teve duração de 50 minutos, sendo que alguns encontros compreenderam mais de uma aula consecutiva.

Para garantir aspectos éticos aos participantes da pesquisa, apresentamos à direção da escola e aos responsáveis legais dos estudantes os documentos de Autorização para a coleta de informações e Termo de consentimento informado e esclarecido (os modelos dos termos no apêndice desta dissertação). A fim de preservar a privacidade e o sigilo dos participantes desta pesquisa de mestrado, suas identidades não serão reveladas; assim, os estudantes serão identificados apenas como Estudante E1, E2, E3 e assim por diante, seguindo a ordem alfabética de seus nomes.

Para a obtenção dos dados desta pesquisa, foram utilizados diversos recursos metodológicos, os quais serão detalhados a seguir, com o objetivo de analisar e registrar as atividades realizadas. O diário de bordo foi um instrumento essencial para descrever, com riqueza de detalhes, o andamento de cada aula. Como bem colocado por Batista (2019), a escrita dos diários facilita o exercício de reflexão do professor que deseja investigar sua própria prática pedagógica, permitindo, assim, uma certa evolução em seus planejamentos e, conseqüentemente, tornando as aulas mais significativas para os alunos e para o próprio professor. Nele, foram registrados comentários dos estudantes, interações, perguntas, contribuições, motivação demonstrada pela turma, dificuldades encontradas e reflexões sobre o processo de ensino-aprendizagem que chamaram a atenção da professora.

Outro recurso importante foram as fotografias que documentaram as atividades realizadas durante as aulas, especialmente aquelas de caráter experimental e artístico. Além disso, as gravações permitiram capturar os gestos, expressões, interações no processo de produção dos aparatos experimentais e as encenações teatrais, ampliando as possibilidades de análise posterior.

Uso da plataforma de simulação interativa Phet foi utilizado para a demonstração de fenômenos físicos relacionados a nossa temática de estudo (acústica e ondulatória). Esses parâmetros, embora também possam ser abordados por meio de práticas experimentais com instrumentos como o berimbau ou a corda de um violão, seriam de difícil visualização e

mensuração com exatidão em um experimento real. Dessa forma, a simulação contribuiu significativamente para a compreensão dos conceitos físicos envolvidos. Sempre que as atividades eram realizadas, em aulas anteriores a implementação do produto educacional o uso dos computadores sempre despertou grande interesse, envolvimento, interação ativa com as simulações propostas. Complementarmente, fez-se uso de plataformas online para projeção de vídeos e músicas, integrando diferentes mídias ao processo de ensino.

Para atividades relacionadas à música, foi utilizado o aplicativo *Cifraclub* de afinação de instrumentos musicais com auxílio do smartphone, visando alinhar a prática e a compreensão de conceitos físicos e sonoros. As atividades impressas entregues, foram realizadas de forma alinhada ao conteúdo de Física, histórica e cultural do berimbau, com o objetivo de fundamentar os tópicos propostos, promover debates e discussões, esclarecer dúvidas e observar as contribuições dos estudantes ao longo do processo.

As atividades foram distribuídas ao longo de dezoito horas-aula semanais: uma hora/aula nas quintas-feiras pela manhã, duas horas/aula nas quintas-feiras à tarde e uma hora/aula nas sextas-feiras pela manhã. Foram realizadas algumas atividades em grupo, totalizando cinco, cada um composto por seis integrantes e identificados como A, B, C, D e E. A seguir, apresenta-se, no Quadro 3, a síntese da sequência didática aplicada.

Quadro 3: Síntese das atividades desenvolvidas da sequência didática.

MOMENTOS	DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES
<p>PRIMEIRO 1 aula (50 minutos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apresentação com o berimbau; ✓ Projeção da Cantiga “O QUE É O BERIMBAU”; ✓ Apresentação no Power point, com os seguintes tópicos: <ul style="list-style-type: none"> • Origem do berimbau (ilustrações); • Sua manifestação na cultura (nomes dos mestres de capoeira: Bimba, Pastinha e Besouro); • Que tipo de instrumento é o berimbau? (tipos diferentes: Gunga, médio e viola); • Vídeo do Berimbau na orquestra – Domingo no Parque por Gilberto Gil.; • Documentário: Roda de capoeira – Patrimônio cultural e imaterial da humanidade.

Fonte: Elaborado pela autora em 2025

<p>SEGUNDO</p> <p>1 aula (50 minutos)</p> <p>2 aulas (100 minutos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ O que são ondas? ✓ Natureza da onda – Mecânica e eletromagnética; ✓ Construção da máquina de ondas – tarefa solicitada ao GRUPO A. ✓ Demonstração da máquina de ondas (fizemos filmagens e fotos); ✓ Demonstração com brinquedo conhecida como “Mola maluca” para observarem a direção de uma onda de modo longitudinal e transversal; ✓ Atividade de estudo hiper midiática no laboratório de informática (simulação Phet); ✓ Atividade de estudo sobre os conteúdos abordados na aula entrega impressa aos alunos;
<p>TERCEIRO</p> <p>1 aula (50 minutos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Atividade de estudo da mola entrega impressa aos alunos; ✓ Discussões e correções.
<p>QUARTO e QUINTO</p> <p>3 aulas (150 minutos)</p> <p>3 aulas (150 minutos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Entrega dos materiais para construção do berimbau – tarefa solicitada do GRUPO B. ✓ Discussão com a turma sobre todos os elementos que compõem o berimbau; <p style="padding-left: 40px;">Início da construção do instrumento – tarefa solicitada do GRUPO B;</p>
<p>SEXTO</p> <p>1 aula (50 minutos)</p> <p>2 aulas (100 minutos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estudo da cabaça enquanto caixa de ressonância; ✓ Estudo de tubos sonoros abertos e fechados; ✓ Abordagem do som produzido por um berimbau médio e viola; <p style="padding-left: 40px;">Destaque sobre o Berimbau e sua importância na cultura e capoeira.</p>
<p>SÉTIMO</p> <p>1 aula (50 minutos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Continuação sobre tubos sonoros e seus respectivos harmônicos; ✓ Demonstração do experimento ondas estacionárias em uma corda – tarefa responsável do GRUPO C; ✓ Apresentação de uma encenação teatral sobre o filme BESOURO – tarefa responsável do GRUPO D;

OITAVO

1 aula (50 minutos)

2 aulas (100 minutos)

- ✓ Experimento com dois tubos de PVC com tamanhos diferentes – tarefa responsável do **GRUPO E**;
- ✓ Atividade de estudo sobre as questões culturais do berimbau e física do berimbau.

Iniciamos a implementação do produto educacional no dia 30/08 em uma hora-aula tocando o berimbau (de forma amadora, pois ainda estava no processo de aprendizagem). Na sequência, colocamos a música "O QUE É O BERIMBAU" e projetamos a melodia e a letra por meio da plataforma *YouTube*. Buscamos ampliar a compreensão dos alunos sobre o tema, estabelecendo uma conexão afetiva e cognitiva que serviu de base para as discussões físicas e culturais desenvolvidas ao longo da sequência didática. Após esse momento, projetamos no *PowerPoint* os seguintes tópicos: a origem do berimbau, suas manifestações culturais, a capoeira de angola e regional e os principais mestres da capoeira (Bimba, Pastinha e Besouro Mangangá).

Demonstramos a gravura *Jogo de Capoeira*, do pintor alemão Johann Moritz Rugendas, produzida durante sua passagem pelo Brasil (ver Figura 17), e solicitamos que os estudantes a observassem, descrevendo o que mais lhes despertava atenção. Como o tempo de aula se encerrou, o vídeo *Domingo no Parque – Concertos de corda e máquinas de ritmo*, previsto no planejamento, foi adiado para a aula seguinte.

Figura 17: Jogo de Capoeira. Gravura de Johann Moritz Rugendas.



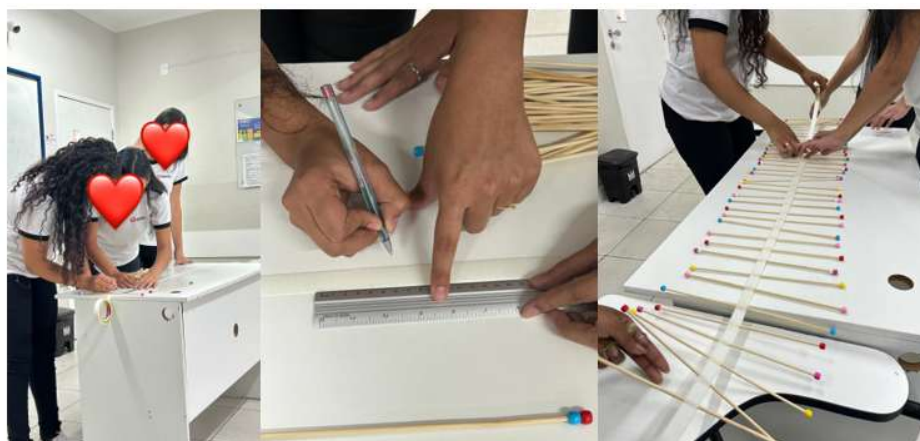
Fonte: CAPOEIRA HISTORY, 2023. Disponível em: <https://capoeirahistory.com/pt-br/augustus-earle-um-artista-global-no-rio-de-janeiro/>. Acesso em: 23 maio 2025.

Momento 02

Na aula do dia 5 de setembro, realizada no turno matutino, com duração de uma hora-aula, iniciamos a exibição do vídeo *Domingo no Parque – Concerto de cordas e máquinas de ritmo* (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=x4C46PGp6yA>), que apresenta o berimbau em um concerto musical com o cantor Gilberto Gil, com o intuito de evidenciar a versatilidade do instrumento na música brasileira. Além de destacar essa versatilidade, a escolha do vídeo teve como objetivo ressaltar a presença e a valorização de instrumentos de matriz africana em grandes produções culturais nacionais, promovendo o reconhecimento da importância histórica e simbólica do berimbau.

Em seguida, iniciamos uma discussão sobre a natureza das ondas, diferenciando-as entre mecânicas e eletromagnéticas, com o propósito de esclarecer que as ondas transportam energia, mas não matéria. Solicitei ao Grupo A a construção de um experimento conhecido como “máquina de ondas”, conforme ilustram as fotos apresentadas na Figura 18, a seguir.

Figura 18: Construção de uma “máquina de ondas”.



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

Utilizamos 40 palitos de churrasco e 80 miçangas de cores variadas, que foram coladas nas extremidades de cada palito. Em seguida, os palitos foram dispostos com um espaçamento de 4 centímetros entre si sobre uma fita crepe, colocada na superfície da mesa.

Nesse mesmo dia, 5 de setembro, tivemos mais duas horas-aulas no turno vespertino. Discutimos a direção de propagação das ondas, classificando-as como longitudinais e transversais. Para ilustrar esses conceitos, foram distribuídas molas do tipo “Mola Maluca” para cada grupo de alunos, orientando-os a estendê-las sobre as mesas disponíveis na sala e aplicar um pulso (pequena perturbação), a fim de observar o comportamento das ondas mecânicas longitudinais, nas quais a oscilação das partículas do meio ocorre na mesma direção da

propagação da onda. A seguir, apresentamos um registro fotográfico dessa atividade na Figura 19.

Figura 19: Demonstração de onda longitudinal por meio da Mola



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

Em seguida, utilizamos a mesma mola, mas desta vez sem uma superfície de apoio. Dois alunos seguraram a mola por suas extremidades, e apenas um deles realizou o movimento, levantando o braço verticalmente, enquanto o outro manteve a extremidade fixa (como mostra a Figura 20), verificando o comportamento de ondas mecânicas transversais, em que a oscilação das partículas do meio ocorre perpendicularmente à direção de propagação da onda. Repetimos o procedimento utilizando uma corda, com o objetivo de demonstrar uma onda transversal. A escolha da corda visa tornar a propagação da onda mais nítida, pois ela é menos rígida do que a mola. Em uma mola, a resistência à deformação pode dificultar a observação clara do movimento das partículas, enquanto a corda, sendo mais flexível, permite um movimento mais perceptível das partículas e torna mais fácil visualizar a propagação da onda transversal. Tanto a corda quanto a mola mostraram-se adequadas para a demonstração.

Figura 20: Demonstração de onda transversal por meio da mola e corda



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

Como nesse dia tínhamos duas horas-aulas (05/09) para realizar as atividades mencionadas, utilizamos a primeira aula de 50 minutos para expor os conceitos principais, os quais foram escritos no quadro. Na aula seguinte, os alunos foram levados ao laboratório de informática da instituição para acessar a plataforma *PhET*, da Universidade do Colorado, e manipularam a simulação intitulada “Onda em corda” (https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_all.html?locale=pt_BR) (ver Figura 21). A atividade teve como objetivo promover a análise e interpretação de diversos parâmetros físicos, como tensão, energia, amplitude e frequência, bem como sua influência na velocidade e no comportamento das ondas em cordas, relacionando esses fenômenos a instrumentos musicais, especialmente o berimbau.

Figura 21: Experimento virtual de onda em uma corda.



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

Os estudantes foram organizados em grupos com acesso aos computadores. À medida que apresentávamos o passo a passo na plataforma e o projetado no quadro (ver figura 5), eles

acompanhavam e repetiam o procedimento. A seguir, apresentamos detalhadamente os procedimentos que adotamos para realizar a simulação.

Operações iniciais:

- 1- Utilizei a opção “oscilador”
- 2- Utilizei a opção “extremidade fixa”
- 3- Utilizei a opção “lento”
- 4- Valores utilizados para as grandezas:
 - Amplitude - 0,33cm
 - Frequência – 1,99Hz
 - Amortecimento – nenhum
 - Tensão – Alta

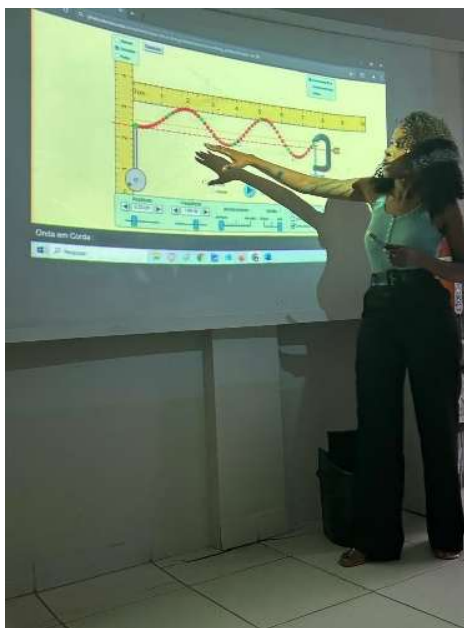
- 5- Régua para verificar o comprimento de onda

Após concluirmos os itens 1 a 3, especificamos os valores das grandezas de acordo com o item 4, como mostrado na figura abaixo.

- 6- Régua para verificar o comprimento de onda

Após concluirmos os itens 1 a 3, especificamos os valores das grandezas de acordo com o item 4, como mostrado na Figura 22.

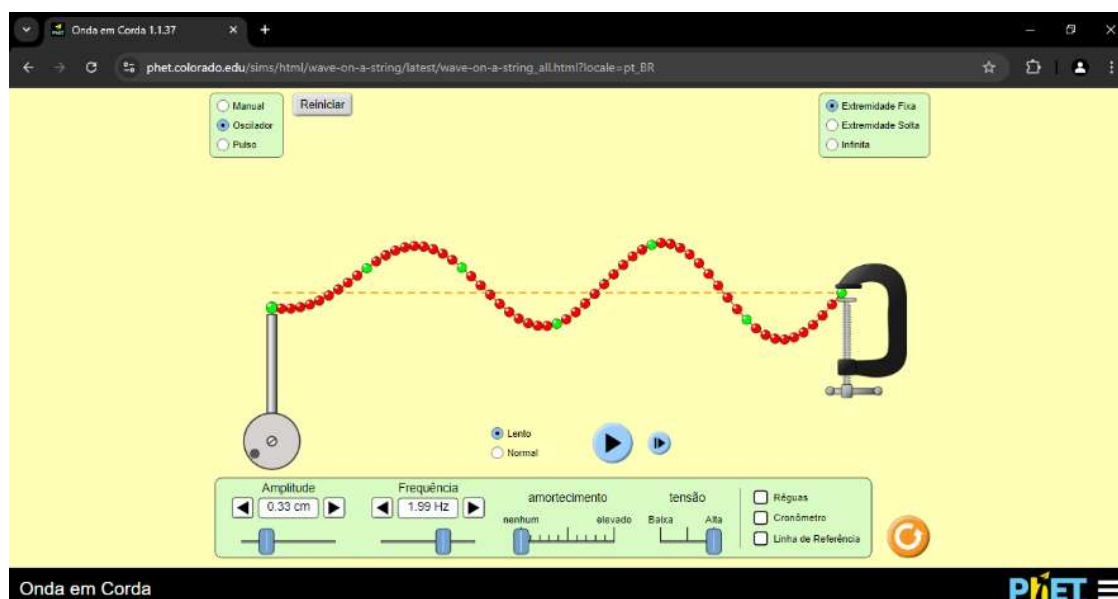
Figura 22: Experimento virtual de onda em uma corda



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

Para abordar as características da onda, é importante começar explicando o conceito de pulso e comprimento de onda. Na simulação, ajustamos o movimento de oscilação para observar dois pulsos consecutivos, seja de crista a crista ou de vale a vale. Em seguida, posicionamos a régua (item 5) para determinar com mais precisão o valor numérico do comprimento de onda, conforme mostra a Figura 23.

Figura 23: Experimento virtual de ondas em uma corda



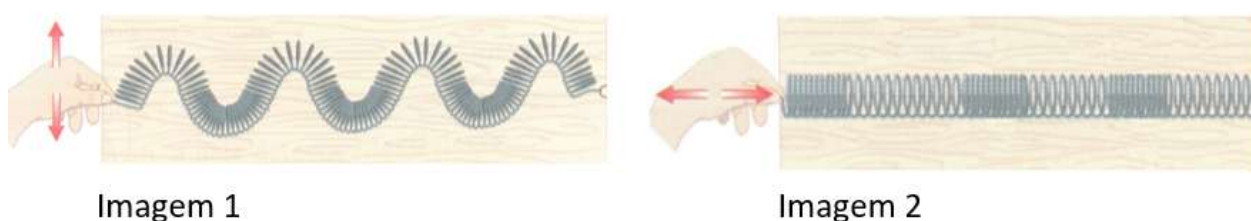
Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

Como comprimento de onda e frequência são grandezas inversamente proporcionais, utilizamos o berimbau para demonstrar essa relação de maneira prática. Quando posicionamos o dobrão ao longo da corda do berimbau, estamos, na prática, alterando o comprimento efetivo da corda que pode vibrar. Ao encurtar a corda com o dobrão, o comprimento de onda diminui, o que faz a frequência aumentar e o som produzido se tornar mais agudo. Por outro lado, ao permitir que a corda vibre em seu comprimento total, o comprimento de onda aumenta, reduzindo a frequência, e o som se torna -se mais grave. Essa relação entre frequência, comprimento de onda e som ficou mais clara aos estudantes à medida que eles experimentaram diferentes posições do dobrão e observaram as mudanças no timbre do instrumento. Dessa forma, concluímos a aula reforçando a importância de entender conceitos como frequência e comprimento de onda para a compreensão prática do som e de fenômenos físicos que fazem parte do nosso cotidiano.

Momento 03

No dia seguinte (06/09), retomamos a aula com breves comentários sobre as ondas longitudinais e transversais, além dos conceitos de amplitude e tensão discutidos anteriormente. Em seguida, distribuímos uma atividade impressa sobre esses conteúdos. Após o tempo destinado para que os alunos respondessem, realizamos a correção com participação voluntária em cada questão. As perguntas elaboradas e as imagens utilizadas encontram-se a seguir (ver Figura 24).

Figura 24: Onda transversal e longitudinal



Fonte – A física através de Experimentos (Peruzzo, 2013).

1. O que você espera observar ao gerar uma onda na mola como mostra a imagem 1 e 2?
2. Como a amplitude do movimento influencia a altura da onda formada?
3. Como as ondas que você criou na mola se assemelham ou diferem das ondas sonoras que se propagam no ar?
4. Como a rigidez da mola (ou a tensão aplicada) influencia a velocidade das ondas nos dois casos?
5. Compare o comportamento da corda do berimbau com o de uma mola quando ambas são tensionadas e depois soltas.

Momento 04

No dia 12/09 em um hora-aula matutino e duas horas-aulas no vespertino, o **Grupo** denominado **B** ficou responsável pela construção de um berimbau. Entregamos todo o material necessário duas semanas antes, bem como um roteiro e indicação de vídeo de construção disponibilizado pelo *YouTube* (<https://www.youtube.com/watch?v=3D5jDYdgK5E>). Thiago, mestre de capoeira, forneceu três cabaças de tamanhos variados e três vergas da árvore Pereira, comumente usada na confecção do berimbau. Todos esses materiais foram retirados do sítio do mestre. Na oportunidade ele instruiu no manuseio de todos os itens que compõem o instrumento. O arame (corda do berimbau) foi fornecido pelo artesão Terlino. Além disso, ele também me orientou sobre como construir o instrumento com os alunos.

O primeiro passo foi preparar a verga, que mede 1,45 metro e é originária da árvore pereira, ideal por sua flexibilidade ao formar o arco. Os alunos descascaram a verga antes da aula para otimizar o tempo (ver Figura 25), e todos os outros itens necessários foram levados para a sala.

Figura 25: Preparação da verga do berimbau.



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

O grupo começou a aula apresentando todos os elementos necessários para a construção do instrumento: cabaça, verga, arame, couro e utensílios para o preparo, como lixas, estiletes, pregos, martelo, barbante, pincel e verniz. Com a verga já descascada, iniciou-se o processo de lixamento, enquanto duas integrantes do grupo ficaram responsáveis pela cabaça, realizando o corte (retirando e guardando as sementes para replantio) e depois lixando-a (ver figura 26).

Figura 26: Preparação da cabaça do berimbau



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

Com o término da aula, planejamos retomar a construção do instrumento na aula seguinte dia 13/09. No entanto, uma palestra sobre o setembro Amarelo, dedicada à prevenção do suicídio, foi realizada para todos os alunos e a equipe da escola, o que inviabilizou a realização das aulas nos horários finais nesse dia.

Momento 05

Retomamos o processo de construção do berimbau no dia 19/09, durante uma hora-aula pela manhã e duas horas-aulas a tarde, com a cabaça e a verga já finalizadas (a equipe havia adiantado o lixamento). Começamos cortando um pedaço de couro para fixar em uma das extremidades da verga, que serviria como suporte para o arame. Na outra extremidade, realizamos um corte para o encaixe do arame. Em seguida, começamos a colocá-lo, mas enfrentamos dificuldade ao tentar tensionar o arame e curvar a verga. Nesse momento, solicitamos a ajuda do porteiro da escola para concluir essa etapa. Posteriormente, colocamos a cabaça, após realizar dois furos para passar o barbante e prendê-la à verga, e aplicamos verniz para dar o acabamento final. Com o berimbau já finalizado (ver Figura 27), seria possível o aprofundamento do seu estudo na aula seguinte.

Figura 27: Processo de finalização do berimbau.



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

Momento 06

No dia 20/09, não tivemos aula devido aos jogos internos de interclasse e só retomamos no dia 26/09. Após a construção do nosso berimbau, foi possível aprofundar a física envolvida, principalmente para detalhar mais o papel da cabaça.

Iniciamos a aula explicando que a cabaça atua como uma caixa de ressonância para o som gerado ao vibrarmos o arame. Sem a cabaça, seria difícil ouvir o som, pois a energia seria

rapidamente dissipada, como por exemplo, pelo próprio atrito elástico dentro do arame. Por essa razão, o violão e piano também possuem uma caixa de ressonância, para uma maior eficiência da conversão da energia em ondulatória sonora.

Ao comparar a cabaça com um cilindro, iniciamos o estudo sobre tubos sonoros abertos e fechados. Para isso, utilizamos como exemplos a flauta transversal, que representa um tubo aberto, e a flauta doce, que corresponde a um tubo fechado. Posteriormente, analisamos o berimbau, buscando relacionar a cabaça ao conceito de tubo aberto ou fechado.

Neste momento, aprofundamos nossa discussão sobre as cabaças e suas diferentes sonoridades, uma vez que já havíamos mencionado em aulas anteriores que os berimbaus podem ser classificados de acordo com o tamanho da cabaça: gunga, médio e viola. O gunga, por utilizar a maior cabaça, emite o som mais grave; o médio, com uma cabaça de tamanho intermediário, produz um som de tonalidade média; já a viola, com a menor cabaça, é responsável pelos sons mais agudos. O berimbau construído pelos alunos foi feito com a cabaça menor, correspondendo à viola, que produz o som mais agudo. Com o término do nosso horário, retomamos as atividades no dia seguinte.

Momento 07

No dia 27/09, retomamos a aula de duração de uma hora-aula, após apresentar no quadro os desenhos de um tubo aberto e de um tubo fechado, junto com seus respectivos harmônicos, utilizamos o experimento realizado pelo **grupo C** sobre o gerador de ondas estacionárias em uma corda.

Para demonstrar esse fenômeno, a equipe utilizou dois motores elétricos de corrente contínua, reaproveitados de uma impressora em desuso, fixados nas extremidades de um suporte de madeira flexível. Os motores foram conectados por fios a um circuito elétrico alimentado por uma pilha de 9 volts, e um barbante foi esticado de uma extremidade à outra, preso aos motores (ver figura 28).

Figura 28: Experimento sobre ondas estacionárias



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

Nesse mesmo dia, o **Grupo D** realizou uma pequena encenação sobre a vida de Manoel Henrique Pereira, conhecido como Besouro Mangangá. A equipe inspirou-se no filme intitulado *Besouro* e escolheu o trecho que retrata a emboscada sofrida por ele, com o objetivo de resgatar a memória desse importante capoeirista e símbolo de resistência negra. Após a encenação, foi promovida uma discussão entre os participantes da equipe e demais estudantes sobre a representatividade e a valorização da cultura afro-brasileira no contexto histórico e atual.

Momento 08

Durante nossa aula realizada na manhã do dia 03/10, com duração de uma hora-aula, realizamos a última atividade experimental, conduzida pelo Grupo E. Eles trouxeram dois canos de PVC, um com 60 cm e outro com 26 cm, além de um tampão, para testarmos o experimento tanto com os tubos abertos quanto fechados. Pedimos a um dos membros da equipe que soprasse nos canos de diferentes tamanhos, primeiro com as extremidades abertas e depois com uma das extremidades fechada, para observarmos a possibilidade de variação nas tonalidades. O experimento demonstrou que o cano de 60 cm, por ser mais longo, emitia um som mais grave, enquanto o de 26 cm produzia um som mais agudo (ver figura 29).

Figura 29: Experimento com canos de PVC



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

O objetivo deste experimento foi investigar como tubos de diferentes comprimentos e extremidades (abertos ou fechados) produzem diferentes frequências sonoras e modos de vibração. Analisamos a relação entre o comprimento do tubo, o tipo de extremidade e a frequência do som gerado, comparando os resultados à cabaça do berimbau, potencializando a compreensão sobre os princípios acústicos envolvidos.

Retomamos no mesmo dia, para 2 horas-aulas no turno vespertino. Entregamos uma atividade cujo objetivo foi explorar a física envolvida no funcionamento do berimbau, e demonstrar que conceitos científicos como ondas sonoras, ressonância e tensão podem ser aplicados a elementos culturais. Além disso, a atividade buscou promover a valorização da cultura afro-brasileira no contexto educacional, destacando a importância de uma abordagem inclusiva e contextualizada no ensino de física, conforme preconizado pela Lei 10.639/2003.

1. Qual é a origem do berimbau e em qual contexto cultural ele é mais frequentemente utilizado?
2. Quais são os três principais tipos de berimbau e como eles diferem entre si, relacionado a capoeira de angola e regional?
3. Explique a importância do berimbau na roda de capoeira.
4. Descreva como a tensão do arame do berimbau influencia o som produzido.
5. Explique o papel da cabaça no funcionamento do berimbau e como ela contribui para amplificar o som. Além disso, especifique se a classificação das cabaças em viola, médio e gunga, com base em seus tamanhos, influencia no som produzido.

6. Descreva a função do dobrão (pedra) no berimbau e como ele é utilizado para modificar o som.
7. Como a forma da verga (arco de madeira) contribui para a produção do som no berimbau?

Após o tempo destinado para o cumprimento da atividade, iniciamos as discussões, abordando reflexões ambientais relacionadas à matéria-prima utilizada na confecção do berimbau. Em seguida, exploramos os apontamentos levantados pelos alunos, conectando-os ao contexto cultural e musical, para encerrar a aula de maneira enriquecedora e integrada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão apresentados os resultados e as discussões relacionados ao desenvolvimento da pesquisa. Os resultados correspondem à análise dos dados obtidos por meio da avaliação das atividades impressas respondidas pelos estudantes, do processo de construção do berimbau e outros aparatos experimentais, além das reflexões levantadas em torno das questões culturais africanas e afro-brasileiras. As atividades desenvolvidas ao longo da sequência didática foram elaboradas com o objetivo de: investigar quais possíveis contribuições uma sequência didática pode proporcionar para potencializar a compreensão dos conceitos físicos de acústica presentes no funcionamento do instrumento musical berimbau, amplamente utilizada na capoeira.

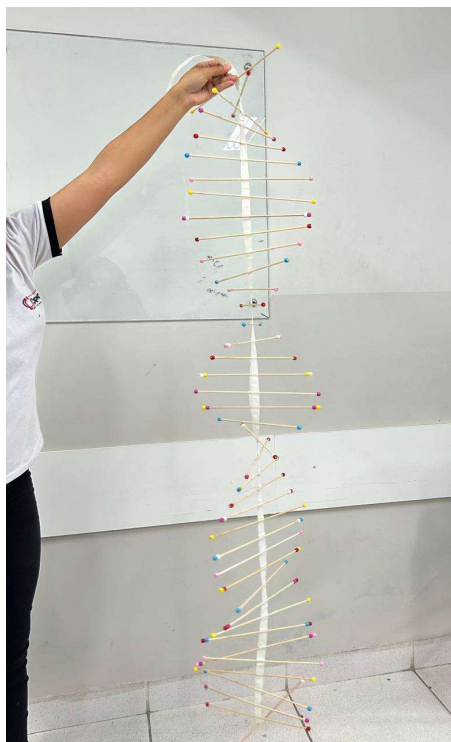
Ao começarmos tocando o berimbau com intuito de chamar a atenção dos estudantes, para nosso instrumento central de desenvolvimento de estudo, verificamos grande entusiasmo, aplaudindo e demonstrando curiosidade para experimentar tocar o instrumento. Para a pergunta "*Quando mencionamos o berimbau, qual é a primeira coisa que vem à sua mente?*" Os estudantes, em sua maioria, associaram o instrumento à capoeira, demonstrando a força histórica e cultural. Esse resultado reforça a importância do berimbau como símbolo da resistência e da herança afro-brasileira, além de destacar o quanto certos elementos culturais permanecem vivos na memória dos jovens, mesmo em contextos escolares onde, muitas vezes, há pouca valorização explícita dessas referências.

Após a apresentação da gravura *Jogo de Capoeira*, do pintor alemão Johann Moritz Rugendas, foi possível aos estudantes identificarem aspectos que despertaram maior interesse, possibilitando a análise tanto das percepções individuais quanto das interpretações coletivas acerca da representação da capoeira na obra. Um destaque relevante foi a observação de uma estudante (nomeamos como E23), que rapidamente notou a ausência do berimbau na pintura, apesar de a cena sugerir uma roda de capoeira, evidenciada pelos movimentos da figura, pela presença de um tambor e pela menção das palmas. Essa constatação deu origem a um debate sobre a evolução histórica da capoeira, abordando o fato de que, em períodos anteriores, o berimbau não ocupava o papel central que exerce nas rodas contemporâneas como apontam Kandus et al. (2006), "*o acompanhamento musical associado à capoeira não era feito como atualmente, isto é, não realizava com o berimbau. As fontes de referência, até cerca de metade do século XIX, não apresentam capoeira e berimbau em conjunto*" (p.6).

Durante o experimento da máquina de ondas, observou-se claramente a propagação de energia por meio da vibração dos palitos, enquanto a ausência de transporte de matéria foi

evidenciada (ver figura 30). A turma interagiu e comentou que achou o efeito bonito e semelhante ao código de DNA (comentário comum todas as vezes que realizamos esse experimento), ao observarmos o efeito ondulatório.

Figura 30: Máquina de ondas



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

Outro recurso utilizado nessa mesma aula foi a "mola maluca", que despertou grande entusiasmo entre os alunos. Muitos compartilharam memórias de infância, comentando que possuíam e brincavam com esse objeto. Embora a turma tenha ficado bastante agitada no início, conseguimos acalmá-la logo depois. A seguir, são apresentadas algumas respostas destacadas da atividade relacionada com a demonstração da mola maluca, utilizada para exemplificar a direção de uma onda nos modos longitudinal e transversal.

1. O que você espera observar ao gerar uma onda na mola?

Estudante 21: "na parte 1, são geradas ondas perpendiculares ao movimento, ou seja, direção da propagação. Na parte 2, são geradas ondas na mesma direção do movimento."

A resposta acima contemplou nosso objetivo de levar o estudante a observar e compreender as características básicas de uma onda mecânica (como direção de propagação,

amplitude, frequência e tipo de onda - transversal ou longitudinal) e desenvolver habilidades de análise ao interpretar diferenças entre ondas geradas na mola em diferentes situações apresentadas. Os demais estudantes realizaram a atividade e demonstraram compreensão sobre o assunto abordado, contribuindo para o alcance dos objetivos pedagógicos propostos.

2. Como a amplitude do movimento influencia a altura da onda formada?

Estudante 10: *“a amplitude está diretamente relacionada à altura da onda. Quanto maior a amplitude, maior será a altura da onda.”*

O estudante 10 mencionou também na aula que a simulação realizada na plataforma *PHET* foi essencial para facilitar seu entendimento sobre a relação de proporcionalidade entre amplitude e altura, destacando a importância dessa ferramenta para a aplicação prática dos conceitos. As simulações interativas permitem aos estudantes explorar conceitos abstratos de maneira prática e dinâmica, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa.

3. Como as ondas que você criou na mola se assemelham ou diferem das ondas sonoras que se propagam no ar?

Estudante 13: *“as ondas longitudinais criadas na mola, são semelhantes as ondas sonoras, pois ambas são mecânicas (precisam de um meio material) e, portanto, longitudinais e mecânica, já as ondas transversais não necessariamente necessitam de um meio material.”*

O objetivo desta pergunta foi analisar e comparar as características das ondas mecânicas criadas em uma mola com as ondas sonoras que se propagam no ar, promovendo o entendimento das semelhanças e diferenças em termos de propagação, tipo de onda e meio utilizado. É importante destacar que os demais estudantes também participaram dessa atividade, muitos contribuíram com análises relevantes, como comparações entre a dependência de um meio material para a propagação das ondas longitudinais e a independência desse meio em fenômenos como as ondas de luz (transversais). Essa troca de perspectivas enriqueceu a discussão, estimulando a reflexão crítica e consolidando conceitos fundamentais sobre o comportamento das ondas.

4. Como a rigidez da mola (ou a tensão aplicada) influencia a velocidade das ondas nos dois casos?

Estudante 8: *“Quanto maior a tensão, maior será a velocidade, já que oferece maior resistência ao ser deformada.”*

A estudante 8 demonstrou êxito em sua resposta, atribuindo seu entendimento às discussões realizadas previamente em aula. Utilizamos exemplos práticos, como o violão, para

ilustrar diferentes densidades lineares em suas cordas, que influenciam as tensões e, conseqüentemente, as velocidades de propagação das ondas.

Zaczésk et al. (2018) explicam que, no violão, o tensionamento das cordas é ajustado por meio das tarraxas, localizadas na extremidade superior do instrumento. Essas tarraxas permitem aumentar ou diminuir a tensão em cada corda individualmente. Dessa forma, a variação da tensão aplicada possibilita fixar diretamente a frequência fundamental da nota emitida pela corda solta, em conformidade com a equação de Taylor.

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Ao discutirmos sobre os ajustes realizados nas cordas do violão, incluindo as contribuições de estudantes que tocam o instrumento, destacamos nossa experiência com o berimbau construído em sala de aula. Observamos que a tensão da corda do berimbau é ajustada manualmente ao curvar mais ou menos o arco, aproximando ou afastando a haste de madeira. Isso ficou evidente em nossa primeira tentativa, na qual deixamos a verga com uma curvatura específica e percebemos a mudança na sonoridade após os ajustes adequados feitos pelo Senhor Terlino. A tensão aplicada ao arame permite alterar a frequência sonora produzida, definindo as notas características do berimbau. Além disso, enfatizamos a importância de selecionar uma espessura adequada para o arame, garantindo que ele ressoe eficientemente por meio da cabaça.

5. Compare o comportamento da corda do berimbau com o de uma mola quando ambas são tensionadas e depois soltas.

Estudante 2: *“Depois de serem tensionadas, geram som e movimento repetitivamente e ambas vibram, mas o berimbau só gera ondas transversais, a mola pode gerar os dois tipos.”*

Para esta pergunta, buscamos promover a compreensão dos alunos sobre os princípios de elasticidade e propagação de ondas ao comparar o comportamento da corda do berimbau e de uma mola, destacando semelhanças e diferenças nos fenômenos físicos envolvidos. A resposta da Estudante 2 enfatiza a importância das atividades experimentais como uma ferramenta essencial para o aprendizado, durante a aula, ela mencionou que se recordou das atividades realizadas de forma prática. Essas práticas tornam os conceitos mais compreensíveis para os estudantes, facilitando uma compreensão mais clara e efetiva dos fenômenos abordados.

As respostas mencionadas acima foram dadas pelos alunos que, no momento da aula, se dispuseram a participar, e com isso debatemos as respostas juntos. Os registros evidenciam que os estudantes demonstraram um conhecimento bem fundamentado sobre os conceitos e definições abordados em aulas anteriores por meio das atividades práticas. Todos os alunos concluíram a atividade, e observamos que a maioria da turma respondeu conforme o esperado.

No nosso 4º momento destinado ao processo de construção do berimbau pelos estudantes do **GRUPO B**, foi conduzido como uma atividade que integrou os conteúdos de Física e a valorização da cultura afro-brasileira, em consonância com os objetivos da Lei 10.639/2003. Durante a atividade, os estudantes participaram ativamente do manuseio dos materiais utilizados, sendo que alguns tiveram a oportunidade de ver uma cabaça pela primeira vez. Destacamos que grande parte dos materiais utilizados é extraída da natureza, reforçando a importância de cuidar e preservar o meio ambiente. Ressaltamos ainda que, embora os elementos do berimbau sejam poucos, seu preparo é detalhado e requer muita atenção. A estudante E21 mencionou que, ao assistir ao vídeo intitulado "Como fazer um berimbau do início ao fim" (<https://www.youtube.com/watch?v=3D5jDYdgK5E>), que havíamos recomendado à equipe no roteiro fornecido, disse: *"o rapaz que estava fazendo o berimbau tinha muito cuidado com os materiais, ele fazia tudo com amor"*. Nessa perspectiva, torna-se evidente a importância de estarmos abertos a enxergar o mundo sob a ótica do outro, alguém totalmente imerso em sua cultura, capaz de nos contagiar e despertar em nós o desejo de pertencimento.

Com a conclusão da construção do berimbau (ver Figura 31), toquei-o, e a sala foi tomada por uma imensa euforia, com aplausos, palmas e expressões de orgulho de todos. Vale destacar que outros alunos, além dos membros da equipe responsável, também contribuíram para a construção do instrumento, movidos pelo desejo de participarem do processo. Comentei com a turma que levaria o berimbau para o senhor Terlino, artesão especializado na confecção desse instrumento, a fim de verificar se o som produzido estava de acordo com o esperado, considerando, por exemplo, o tamanho da cabaça utilizada.

Figura 31: Grupo responsável pela construção do berimbau.



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

Na semana seguinte, levamos o berimbau para que o artesão pudesse avaliar e verificar se havia necessidade de ajustes. Ele ficou impressionado com o trabalho dos adolescentes na construção do instrumento, especialmente considerando que era a primeira vez que eles faziam um berimbau.

Ele observou que a verga deveria ser mais arqueada e conseqüentemente o arame mais tensionado para produzir um som mais agudo, conforme o esperado para o tamanho da nossa cabaça, o viola. Sendo feito isso, o berimbau estava ajustado e pronto para um maior aprofundamento do seu entendimento. Após a visita ao artesão, retornamos à escola com todas as informações coletadas e fizemos questão de transmitir aos estudantes os elogios do artesão sobre o trabalho realizado por eles. Ficaram super felizes ao ouvir as palavras de incentivo, demonstrando ainda mais entusiasmo com nosso projeto.

A cabaça atua como uma caixa de ressonância para o som gerado ao vibrarmos o arame. Sem a cabaça, seria difícil ouvir o som, pois a energia seria rapidamente dissipada, como por exemplo, pelo próprio atrito elástico dentro do arame. Por essa razão, o violão e piano também possuem uma caixa de ressonância, para uma maior eficiência da conversão da energia em ondulatória sonora.

A cabaça, embora se assemelhe geometricamente mais a uma esfera, pode ser considerada semelhante a um cilindro para simplificar o estudo. Trabalhar com uma representação esférica tornaria o contexto matemático mais complexo e distante de nosso objetivo. Ao comparar a cabaça com um cilindro, começamos a estudar tubos sonoros abertos e fechados, utilizamos inicialmente como exemplo a flauta transversal, que é um tubo aberto, e a flauta doce, que é um tubo fechado. Pegamos o berimbau para relacionar esse estudo à prática. Em seguida, fizemos a seguinte pergunta aos meus alunos:

Professora: *E então, pessoal, que tipo de tubo sonoro vocês acham que o berimbau representa?*

Estudantes (em coro, animados): *Um tubo sonoro aberto!*

Professora: *Depende!*

Estudantes: *Como assim, professora?*

Professora: *Quando a cabaça está afastada da barriga, ela realmente se comporta como um tubo aberto. Isso acontece porque temos a abertura principal e também os dois pequenos orifícios por onde passa o barbante e onde ele é amarrado à verga.*

Citamos como referência o artigo "A física das oscilações mecânicas em instrumentos musicais: Exemplo do berimbau", escrito por Kandus et al. (2006), explicam que, embora os furos sejam pequenos, o diâmetro é grande o suficiente para que a pressão no interior da cabaça, e logo em frente aos furos, seja igual à pressão do exterior, ou seja, à pressão atmosférica. Os estudantes notaram que, ao encostar o berimbau na barriga, o som produzido se tornava mais grave; já ao afastar o instrumento do corpo, perceberam que o som ficava mais agudo.

Além disso, verificamos que cabaças de tamanhos distintos também geram sonoridades diferentes. Isso reforça o que já havia sido discutido em aulas anteriores: os berimbaus podem ser classificados conforme o tamanho da cabaça gunga, médio e viola. O gunga utiliza a maior cabaça, produzindo um som mais grave; o médio, com uma cabaça de tamanho intermediário, gera um som com tonalidade média e o viola, associado à menor cabaça, emite um som mais agudo.

O berimbau construído pelos alunos foi feito com a cabaça menor, correspondendo ao viola, que produz o som mais agudo. Já o que compramos é o médio, com um som intermediário. O estudante 7, único da turma que já praticou capoeira e sabe tocar o instrumento, levantou-se e tocou os diferentes berimbaus para que pudéssemos observar a diferença de tonalidade. Outros alunos levantaram a mão naquele momento, perguntando se também poderiam tentar tocar. Um por vez e seguindo a ordem, alguns tocaram o berimbau, ficando

encantados com a experiência. Eles comentaram que a maior dificuldade foi segurar o instrumento.

O **GRUPO C** apresentou o experimento "Corda em uma onda". Na primeira foto da Figura 32, obtivemos a formação de um harmônico ($n=1$) com os extremos mais afastados, enquanto para obter dois harmônicos ($n=2$) aproximamos o suporte de madeira e para o terceiro harmônico aproximaríamos mais ainda ($n=3$), mas infelizmente não conseguimos um registro do mesmo.

Figura 32: Experimento de onda estacionária em corda



Fonte: Produzida pela própria autora (2024).

Após a visualização do experimento, fizemos a seguinte pergunta: ***Explique o que são ondas estacionárias e descreva as condições necessárias para que elas se formem no barbante deste experimento.***

Estudante 1: Ondas estacionárias são vibração que ocorrem quando colocamos uma corda fixa nos dois extremos. Aí geram os nós que não possuem vibrações e surgem os ventres que vibram com máximas amplitudes.

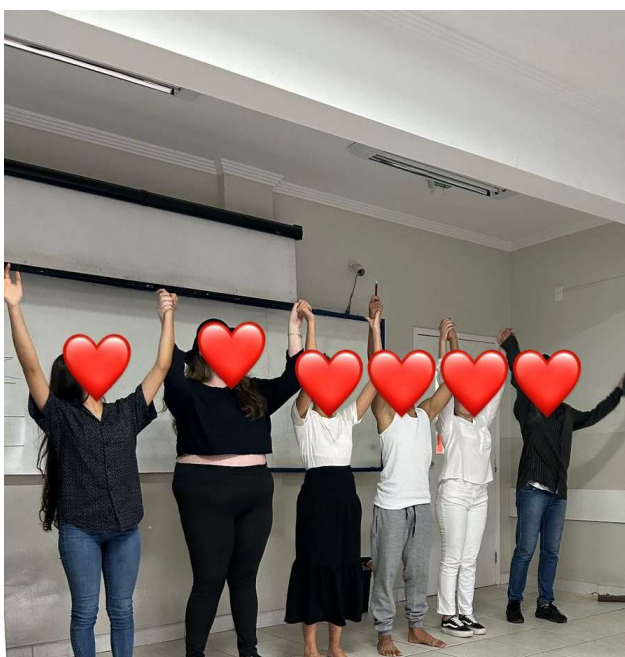
Estudante 2: Ah, mas para ocorrer esses ventres tem que ter ondas sendo refletidas encontrando com outra onda incidente para obter padrões de interferência construtivas e destrutivas.

Esses tópicos vinham sendo discutidos em aulas anteriores, o que permitiu que o conhecimento fosse construído de maneira espontânea e participativa. A prática facilitou o

entendimento da formação de harmônicos e os fatores que influenciam a frequência, o comprimento de onda e a tensão aplicada na corda.

Neste mesmo dia, ocorreu a encenação teatral do Grupo D sobre a vida de Manoel Henrique Pereira, conhecido popularmente como Besouro Mangangá. A equipe inspirou-se no filme intitulado *Besouro*. Besouro tornou-se, no início do século XX, um ícone da capoeira baiana e da resistência aos ideais opressores da época (ver Figura 33).

Figura 33: Encenação teatral sobre Besouro de Mangangá



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

O tema escolhido possui grande relevância educacional e cultural, pois permite uma abordagem de perspectiva interdisciplinar ao tratar da capoeira e da figura de Besouro. A seriedade e a sensibilidade na apresentação dos estudantes reforçam o propósito de valorizar a representatividade da cultura afro-brasileira e sua contribuição histórica. O debate sobre a luta de Besouro pela capoeira, pela cultura afro-brasileira e pelos direitos do povo preto, fortaleceu o entendimento histórico e também inspira reflexões sobre resistência, identidade e ancestralidade. Após a encenação, alguns estudantes fizeram alguns comentários, como segue:

Estudante 13: *encenei Besouro Mangangá, mas não conhecia a trajetória desse capoeirista antes da atividade. A gente escolheu essa cena, por que achamos a parte mais tensa do filme e da história dele.*

Estudante 7: *achei besouro um símbolo de resistência, lutando contra as injustiças, sem medo de quem tinha poder, mas também não o conhecia.*

Estudante 5: fiquei surpresa com a história que ele “virava um besouro” e que também foi vítima de uma emboscada, a qual resultou em sua morte.

A discussão sobre os principais símbolos da capoeira revelou-se de grande importância para reafirmar e manter viva a memória dos grandes nomes que compõem a nossa história e a nossa cultura, mas que, em muitos casos, foram descentralizados e silenciados pela própria construção histórica do país. Os estudantes demonstraram surpresa ao entrarem em contato com essas narrativas, o que os levou a reconhecer não apenas a relevância dessas figuras históricas, mas também a compreender a resistência que elas representam dentro da cultura afro-brasileira.

Os mistérios e o simbolismo em torno de Besouro enriquecem ainda mais a discussão, conectando a história às dimensões do imaginário coletivo e do poder das narrativas culturais (DINIZ,2010). Esses aspectos contribuem para uma leitura mais profunda e multifacetada, criando um espaço onde história, espiritualidade e luta política se entrelaçam. Na capoeira, Besouro é reverenciado como um mestre e herói, que dominava essa arte marcial afro-brasileira, utilizando-a como instrumento de resistência contra a opressão. Sua habilidade, coragem e enfrentamento às autoridades, que criminalizavam a prática da capoeira, o tornaram um símbolo de resistência física e cultural.

A trajetória de Besouro, suas experiências, desafios, luta por justiça, contradições e coragem vividas nos anos 20 do século passado são conhecidas não só dentro do universo da capoeira, mas também por aqueles que vivenciam com orgulho a cultura afro-brasileira (GOMES,2012).

No nosso oitavo momento, entregamos uma atividade relacionada a questões culturais e ao ensino da física do berimbau. Abaixo destacamos algumas respostas dos estudantes.

1. Qual é a origem do berimbau e em qual contexto cultural ele é mais frequentemente utilizado?

Estudante 26: o berimbau é de origem africana e é frequentemente usado na roda de capoeira.

Estudante 2: O berimbau é um instrumento de origem africana trazido no período colonial pelos africanos escravizados e é um instrumento indispensável pela prática da capoeira uma luta/dança historicamente criada para defesa desses escravizados ao som do ritmo e das palmas na roda.

Estudante 10: O berimbau é um instrumento musical afro-brasileiro trazido por africanos escravizados da Angola, especificadamente da região de Bantu. Ele está associado a luta/dança capoeira, sendo o principal instrumento da roda.

A importância dessa pergunta reside no fato de que ela incentiva a valorização e o reconhecimento da história e da cultura afro-brasileira. O berimbau é um instrumento musical tradicionalmente associado à capoeira, uma expressão cultural afro-brasileira que combina luta, dança e música.

Perguntas como essa permitem que os estudantes compreendam a relevância cultural e histórica do berimbau, reconhecendo suas raízes africanas e sua função na resistência e preservação da identidade negra no Brasil. Além disso, essa pergunta ajuda a contextualizar o ensino de disciplinas como Física e História, promovendo uma educação mais inclusiva e diversificada, em conformidade com a Lei 10.639/2003, que regulamenta o ensino da história e cultura afro-brasileira e africana nas escolas. Compreender a origem e o contexto cultural do berimbau contribui para o respeito pela diversidade cultural, além de fortalecer a conexão dos estudantes com as suas próprias raízes culturais ou com culturas diferentes, criando um ambiente mais inclusivo e representativo na sala de aula.

2. Quais são os três principais tipos de berimbau e como eles diferem entre si, relacionado a capoeira de angola e regional?

Estudante 22: O gunga é o mais grave, o médio e o viola mais agudo. Eles se diferem pelo tamanho da cabaça.

Estudante 21: A capoeira de Angola é a mais tradicional e tem uma roda mais ritualista e músicas que contam histórias ou ensinamentos, já a capoeira regional é mais moderna e possui uma roda mais dinâmica e com variedade de ritmos. O gunga é geralmente tocado pelos líderes, e tem como função marcar o toque base e coordenar o ritmo. O médio tem como função marcar e tocar o inverso do gunga. Já o viola, por ele ter um só mais agudo, é responsável por tocar o solo e fazer improvisos.

Estudante 14: Os três tipos são: viola, gunga e médio, se diferem pelo tamanho da cabaça. A capoeira de angola utiliza os três berimbaus, enquanto a regional usa somente um.

Nas respostas observadas, os alunos conseguiram diferenciar corretamente os três tipos de berimbau, com base na comparação de seus tamanhos. Além disso, demonstraram compreensão ao distinguir as características da capoeira regional e da capoeira angola.

3- Descreva a função do berimbau na roda de capoeira.

Estudante 1: O berimbau, segundo o Mestre Pastinha é um elemento indispensável na capoeira. Ele “dita o ritmo da luta, acalma situações exaltadas e da musicalidade ao espírito do capoeirista na roda. Ele inicia a roda e a termina. Ele é fundamental.

Estudante 4: O berimbau é tido como símbolo de respeito. Quando acontece ou não algo na roda, o berimbau é colocado no chão e também é um instrumento musical.

Estudante 28: serve para comandar a roda ditar o ritmo e estilo do jogo

O objetivo desta pergunta foi verificar se os estudantes haviam compreendido que o berimbau é o principal instrumento da roda de capoeira, ditando o ritmo e a energia do jogo. A estudante 4 respondeu que o berimbau é colocado no chão quando algo acontece na roda porque comentamos em sala que meu mestre de capoeira havia explicado que, se os ânimos entre os jogadores se tornarem conflituosos, o mestre abaixa o berimbau como um gesto de encerramento da roda.

4- Descreva como a tensão do arame do berimbau influencia o som produzido.

Estudante 22: Quando percutimos ou puxamos o arame, ele causa uma vibração, que com ajuda da cabaça, o som é produzido e intensificado.

Estudante 11: Segundo a lei de Hooke, pode-se relacionar a força aplicada a um material elástico com a perturbação gerada. Pensando nessa lei com o arame do berimbau, temos que a tensão exercida sobre o arame está diretamente ligada a frequência de vibrações, ou seja, diminuído a tensão, diminuímos a frequência, o que resulta em um som mais grave. O mesmo aconteceria se aumentássemos a tensão, ocasionando em um som mais agudo.

Estudante 13: Se a tensão aplicada na corda for mais “frouxa” o berimbau produz um som mais grave, diferente da corda mais apertada que o som é mais agudo.

Todas as respostas destacam o papel essencial do arame no funcionamento do instrumento. Embora alguns termos não sigam a escrita científica, é possível notar que os alunos compreendem bem a diferença entre sons graves e agudos.

O arame do berimbau precisa ter uma boa capacidade de deformação elástica, ou seja, quando ele é tensionado, ele pode ser esticado e, ao ser tocado, volta à sua posição original sem sofrer deformações permanentes. O arame de roda de carro ou trator é capaz de suportar essa

tensão devido à sua composição metálica e espessura, que proporcionam a rigidez necessária para a produção de vibrações sonoras de baixa frequência quando o arame é percutido.

Mencionamos aos estudantes que o artesão de quem compramos o berimbau utiliza o arame retirado de carro de número 14 e de trator, isso porque a espessura do arame influencia diretamente na frequência do som produzido. Um arame mais grosso, como o de roda de carro ou trator, vibra em frequências mais baixas, produzindo um som grave, característico do berimbau. Além disso, esses arames conseguem manter a tensão adequada para gerar o timbre específico do instrumento, sem romper ou desgastar facilmente.

5- Explique o papel da cabaça no funcionamento do berimbau e como ela contribui para amplificar o som. Além disso, especifique se a classificação das cabaças em viola, médio e gunga, com base em seus tamanhos, influencia no som produzido.

Estudante 3: A cabaça serve como uma caixa de ressonância para as vibrações causadas no arame. O gunga é a cabaça maior e som mais grave, médio tem cabaça de tamanho médio, assim como seu som e o viola corresponde a menor cabaça e som agudo.

Estudante 20: A cabaça funciona como uma caixa ressonância que ecoa um som produzido pela cabaça, maior será o comprimento de onda, formando assim um som mais grave (como caso do gunga) o médio é de tamanho intermediário e o som também, já o viola tem a menor cabaça e som mais agudo.

Estudante 1: A cabaça funciona como uma caixa de ressonância amplificando as vibrações produzidas na corda. Cabaça maior, como no caso do berimbau gunga irá amplificar frequências mais baixas, ou seja, som mais grave, e o berimbau viola com uma cabaça menor irá amplificar frequências mais altas, e, portanto, mais agudo.

Após termos trabalhado de forma prática o som emitido por cabaças de diferentes tamanhos com o uso dos berimbaus (médio e viola), a turma, de modo geral, respondeu de forma satisfatória. Compreenderam que a cabaça atua como uma caixa de ressonância, amplificando as vibrações produzidas pela corda. Sem a cabaça, o som desaparecia rapidamente devido às forças dissipativas. Cabaças maiores amplificam frequências mais baixas, resultando em sons graves, enquanto as menores amplificam frequências mais altas, produzindo sons agudos. Esses sons são fundamentais na roda de capoeira, pois cada berimbau desempenha um papel específico na harmonia musical.

6- Descreva a função do dobrão (pedra) no berimbau e como ele é utilizado para modificar o som.

Estudante 15: A pedra é usada como forma de regular o som a partir de quando ela é encostada no arame. Se a pedra não estiver encostada o som é agudo e sem é grave.

Estudante 8: A pedra é utilizada como uma forma de regular o som a partir de quando ela é encostada no arame. Se encosta é agudo e afasta é grave.

Estudante 29: A pedra serve para encurtar ou alongar o comprimento do arame. Quando utiliza a pedra o comprimento diminui, a frequência aumenta e o som se torna agudo, quando utilizamos o berimbau sem a pedra, sem a pedra, o comprimento aumenta, a frequência diminui e som grave.

O dobrão é utilizado para pressionar o arame do berimbau, modificando sua tensão temporariamente e alterando o tom do som produzido. Ao deslizar o dobrão ao longo do arame, é possível tocar diferentes notas, bem como a altura da cabaça. Quando o dobrão está em contato com o arame, ocorre uma diminuição no comprimento de onda, resultando em um aumento da frequência (som mais agudo). Por outro lado, quando o dobrão não está em contato, o comprimento de onda é maior, o que gera uma frequência menor (som mais grave).

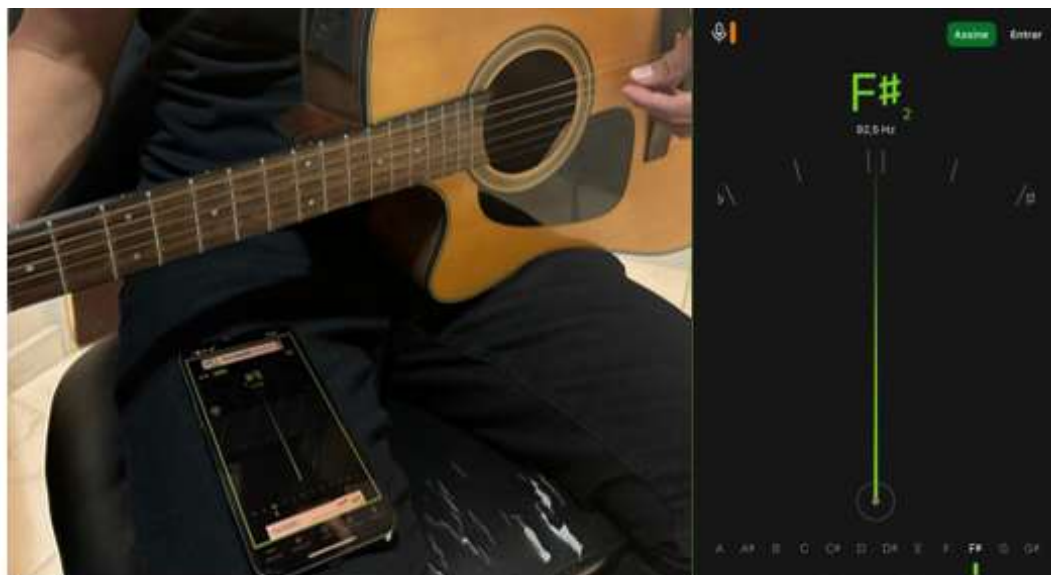
Ao conversar com os alunos sobre as diferentes notas emitidas pelo berimbau, um deles me perguntou se era possível afinar o instrumento. Curiosamente, essa também era uma dúvida que eu tinha durante o processo de compreender o berimbau. Para esclarecer essa questão, buscamos produções científicas, assisti a vídeos e consultei músicos que pudessem me auxiliar nesse assunto.

Na busca por materiais acadêmicos, encontramos uma única produção de iniciação científica intitulada “Capoeira angola, e o berimbau afinado” na qual os autores Rodrigues e Nascimento (2021), buscam respostas para afinação do berimbau por meio de entrevistas realizada com quatro mestres de capoeira referenciados pela experiência na musicalidade capoeirista. Os autores relatam que os mestres entrevistados foram unânimes ao afirmarem que o berimbau é tocado por meio da sensibilidade auditiva do instrumentista, entendendo que não tem tarraxa de afinação, e sua afinação depende de ajustes que o berimbau consegue atingir determinada nota.

Assistimos a alguns vídeos de capoeiristas afinando o berimbau e percebemos que a altura da cabaça também influencia diretamente o som produzido. Com a ajuda de um amigo que toca alguns instrumentos (embora não o berimbau), utilizamos o aplicativo de afinação

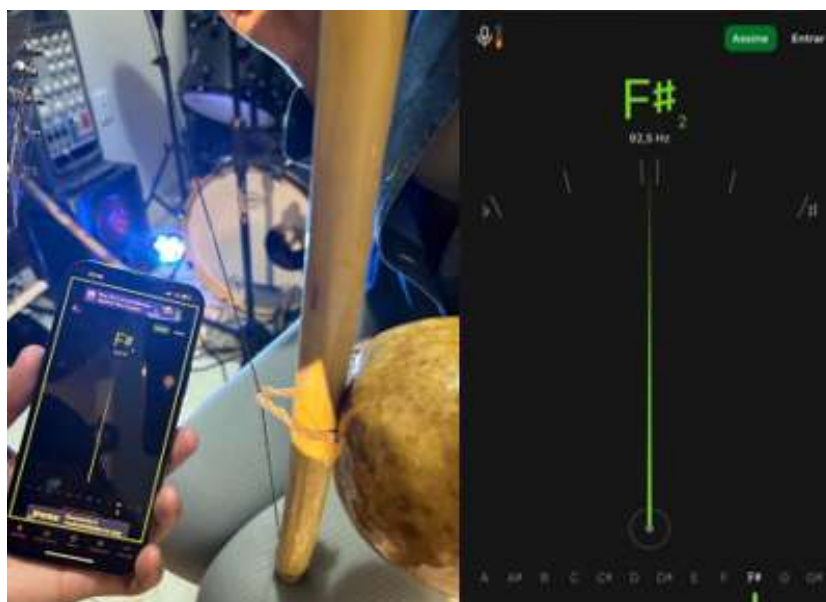
Cifra Club. Enquanto ele tocava a nota Fá no violão, ajustávamos a altura da cabeça até encontrarmos a mesma nota (ver Figuras 34 e 35).

Figura 34: Frequência pelo aplicativo Cifra Club para o violão



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024.

Figura 35: Frequência pelo aplicativo Cifra Club para o berimbau.



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024.

Observa-se que as frequências encontradas tanto para o violão quanto para o berimbau são iguais, confirmando que é possível obter notas musicais compatíveis entre esses

instrumentos. Após essa constatação, comentamos com os estudantes que também é possível obter notas musicais utilizando o berimbau.

O fato de o berimbau não possuir mecanismo de afinação (como as tarraxas de um violão) reflete a resistência cultural e a valorização das tradições afro-brasileiras que foram preservadas, mesmo diante da opressão e das proibições históricas. A afinação continua sendo feita ajustando a altura da cabaça em relação à corda e tensionando manualmente o arame com a vareta, respeitando os processos tradicionais de geração em geração.

7- Como a forma da verga (arco de madeira) contribui para a produção do som no berimbau?

Estudante 4: O arco envergado serve de base para o arame e a cabaça e pela sua forma contribui para o tipo de som produzido.

Estudante 24: A sua forma envergada é necessária para que seja possível esticar ao máximo o arame, já que esse formato se dá por conta dele mesmo. Assim, como o violão, é necessário que a corda esteja perfeitamente esticada, para que possamos provocar as perturbações e produzir o som.

Estudante 7: A verga do berimbau precisa ser com um tipo de madeira fácil para formar uma espécie de arco ao modo que o arame vai sendo tensionado. Se o arame estiver frouxo, o som não sai da maneira adequada, já quando está bem tensionado é necessário para um bom funcionamento do instrumento.

Observa-se que as respostas mencionadas acima contemplam o entendimento da importância da verga adequada para o instrumento, pois influencia diretamente na qualidade do som produzido. A madeira precisa ser resistente, flexível e leve, permitindo que o arco produza sons vibrantes e duradouros. Tradicionalmente, utiliza-se o biriba ou o pau-pereira, madeiras nativas do Brasil, devido à sua durabilidade e características acústicas.

Durante a aula, abordamos o tema do meio ambiente e sua preservação. Compartilhamos com os alunos o cuidado que nosso mestre de capoeira mencionou ao escolher uma vara para produzir o berimbau, sempre garantindo que a árvore permaneça saudável. No entanto, a extração indiscriminada dessas madeiras pode impactar negativamente o meio ambiente, contribuindo para o desmatamento e a perda de biodiversidade. Por isso, é essencial adotar práticas de manejo sustentável, que garantam a preservação das florestas e a continuidade dessas espécies. A conscientização sobre o uso responsável dos recursos naturais e a valorização

de materiais alternativos podem ajudar na preservação da natureza, assegurando que a tradição do berimbau seja mantida de forma ecológica e sustentável.

Após a aplicação do produto educacional relacionado ao berimbau, ocorreu o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) de 2024, cujo tema da redação foi: “**Desafios para valorização da herança africana no Brasil**”. Posteriormente, recebemos mensagens de duas estudantes relatando o quanto foi significativo o entendimento dessa temática trabalhada em sala de aula, pois puderam utilizá-la como embasamento em suas produções textuais durante a prova.

A Figura 36 apresenta uma mensagem originalmente enviada em formato de áudio, transcrita por meio do recurso “traduzir áudio”, possibilitando o relato da estudante acerca do tema trabalhado. A Figura 37 evidencia a manifestação de outra aluna que, ao receber o resultado de sua redação no ENEM, ressaltou a relevância da temática abordada nas atividades desenvolvidas, explicitando de que maneira esse conteúdo foi incorporado ao seu repertório sociocultural e mobilizado em sua produção textual (ver Figuras 36 e 37).

Figura 36: Mensagem da estudante E2 após a prova do ENEM

A minha tese, né, de um dos desenvolvimentos foi a negligência governamental e aí eu falei que o governo..ele deve..tipo assim..fundamentalmente eu disse lá, como repertório que as garantias constitucionais estão restritas ao papel, então está na constituição mas não é de verdade, aí eu coloquei: existem leis que asseguram que a cultura africana e afro-brasileira deve ser apresentada em temas abordados nas escolas por lei, mas infelizmente isso não é uma realidade..e eu só sei disso por causa de você! Porque estava na sua tese do mestrado.

Fonte: Estudante 2. Mensagem recebida via direct do Instagram (captura de tela) 11 de Nov. 2024. Arquivo pessoal da autora.

Figura 37: Relato escrito da estudante E12 após a prova do ENEM

Oii, Thuane! Durante a escrita da minha redação do Enem no ano passado, me lembrei de um dos conhecimentos de mundo que você sempre trazia para a gente em sala de aula. Você nos contou que, por muito tempo, a capoeira não era permitida nas ruas e precisava ser reconhecida oficialmente pelo Estado para que as rodas pudessem acontecer. Esse conhecimento foi essencial para o meu repertório e contribuiu para que eu alcançasse 940 na redação. Sou muito grata a você por isso!

16:11

Fonte: Estudante 2. Mensagem recebida via WhatsApp (captura de tela) 11 de Nov. 2024. Arquivo pessoal da autora.

Cabe destacar que, embora não tenhamos outras mensagens escritas que pudessem ser compartilhadas, durante o ano de 2024 foi possível observar diversas manifestações espontâneas dos estudantes nos espaços da escola. Nos corredores, frequentemente entoavam a cantiga intitulada “*O que é um berimbau*”, além de comentarem sobre os diferentes tamanhos das cabaças Viola, Gunga e Médio. Muitos também relataram que sempre que participavam ou assistiam a uma roda de capoeira, recordavam-se das aulas e das discussões desenvolvidas em sala, evidenciando a permanência e a ressignificação dos conteúdos trabalhados no cotidiano escolar.

Nessa perspectiva, a prática da construção do berimbau, desenvolvida ao longo desta dissertação, constitui-se como uma experiência pedagógica que dialoga diretamente com a abordagem de John Dewey e com os princípios de uma educação antirracista. Ao envolver os estudantes em uma atividade prática, coletiva e culturalmente situada entre conteúdos científicos da Física, especialmente relacionados à acústica e à ondulatória, e saberes historicamente marginalizados, vinculados à cultura africana e afro-brasileira com uma lógica transmissiva de ensino que valoriza e reafirma a centralidade do fazer, do experimentar e do refletir sobre a própria ação, princípios fundamentais da pedagogia deweyana.

Os autores do artigo *Experiência e Democracia: contribuições da filosofia da educação de Dewey para a escola* fundamentam sua compreensão de experiência no pensamento de John Dewey, que segue:

A experiência torna singular quando é vivenciada por inteiro, do começo ao fim, de maneira integral até ser concluída na sua particularidade: “Em uma experiência, coisas e eventos que fazem parte do mundo físico e social são transformados pelo contexto humano em que entram, enquanto a criatura viva se modifica e se desenvolve através da interação com coisas que antes lhe eram externas (ÁVILA; MOURA; SILVA, 2019).

O uso do berimbau favorece a constituição de um ambiente educativo pautado na cooperação, na troca de experiências, no diálogo e no reconhecimento das identidades negras. Esse contexto possibilita aos estudantes refletirem sobre os conceitos físicos envolvidos no instrumento, bem como sobre os aspectos históricos de resistência, exclusão e luta que o atravessam. A atividade se insere como uma prática educativa que articula dimensões conceituais, éticas e sociais, em consonância com as diretrizes legais e pedagógicas da Lei nº 10.639/2003, evidenciando o potencial da escola como espaço de reflexão crítica e de valorização da diversidade étnico-racial.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação buscou refletir sobre a necessidade de integrar a cultura africana e afro-brasileira no ensino de Física, promovendo uma abordagem que reconheça, valorize e legitime saberes historicamente marginalizados. Ao propor o berimbau como elemento central em aulas de acústica, estabelecemos não apenas uma ponte entre cultura e ciência, mas também um caminho pedagógico que torna o ensino mais significativo, inclusivo e contextualizado.

Discutimos ao longo do trabalho a origem do berimbau, seu papel na capoeira e a importância dessa prática cultural como forma de resistência e identidade do povo negro. Ressaltamos que a capoeira não é apenas uma manifestação artística ou esportiva, mas sim um símbolo da luta por liberdade, pertencimento e preservação cultural. Ao inserir esse tema nas aulas de Física, especificamente ao tratar conceitos de som, vibração e ressonância, demonstramos que é possível e necessário desconstruir uma visão eurocêntrica da ciência, que por tanto tempo desconsiderou os saberes oriundos da diáspora africana.

Durante o processo de construção do berimbau, os estudantes tiveram a oportunidade de manusear cada um dos elementos que o compõem. Foi nesse momento que percebemos o quanto essa vivência foi importante e especial para eles: algo curioso, desafiador e, ao mesmo tempo, um mergulho em um universo totalmente novo. E o mais surpreendente é que, mesmo sendo da Bahia Estado onde a capoeira e o berimbau estão culturalmente presentes, essa foi a primeira vez em que eles realmente se viram inseridos de forma tão direta e significativa em uma parte de uma cultura que lhes pertence, mas que até então não havia sido vista com o olhar atento que merece.

Além disso, reforçamos que as disciplinas escolares não devem ser indiferentes ou descoladas das vivências e histórias dos estudantes. Integrar as relações culturais ao currículo, conforme propõe a Lei 10.639/2003, é reconhecer a escola como espaço de transformação social e de combate ao racismo. O ensino de Física, assim como qualquer outra área do conhecimento, deve estar comprometido com a formação cidadã e com a valorização da diversidade.

Pinheiro e Rosa (2018) destacam que, para a efetivação da Lei, é fundamental uma atenção especial à formação continuada dos professores. As autoras reconhecem que trabalhar essa temática não é uma tarefa simples, pois implica lidar com um passado marcado pelo esquecimento, além de exigir a desconstrução de ideias e categorias hierárquicas profundamente enraizadas no imaginário social. No entanto, afirmam ser indispensável a busca

por novas perspectivas antirracistas e a construção de práticas pedagógicas que promovam a igualdade.

Com sensibilidade e acolhimento, a educadora Barbara Carine amplamente referenciada nesta dissertação oferece, em sua obra *Como ser um educador antirracista*, uma mensagem que serve de alento aos professores espalhados pelo mundo, especialmente àqueles comprometidos com uma educação que buscam igualdade. Ela afirma: “A professora e professor, é um portal que une as memórias e os conhecimentos do mundo antigo à construção do mundo que está por vim.”

Espera-se que essa integração proporcione aos estudantes uma vivência mais rica e contextualizada, permitindo-lhes relacionar os conceitos físicos com elementos culturais que lhes são familiares. Dessa forma, além de ampliar o interesse com a disciplina, espera-se também contribuir para uma educação mais plural e respeitosa com a diversidade cultural brasileira.

Entretanto, reconhece-se que essa sequência didática pode apresentar algumas dificuldades e limitações, sobretudo no que se refere à formação docente, já que muitos professores não tiveram em sua trajetória acadêmica preparo para articular os conteúdos de Física com aspectos culturais. Soma-se a isso a escassez de materiais adequados para o desenvolvimento das atividades e, em alguns casos, a falta de reconhecimento ou valorização, por parte dos próprios estudantes, de sua cultura e de suas raízes, o que pode exigir um trabalho mais cuidadoso de sensibilização e valorização cultural.

Minhas perspectivas para essa sequência didática envolvem a possibilidade de tornar o ensino de Física integrado a elementos culturais como o berimbau, e os estudantes possam não apenas compreender conceitos físicos de forma mais concreta, mas também reconhecer a riqueza cultural presente em suas origens. Espero que essa abordagem estimule maior interesse pela disciplina, fortaleça a autoestima cultural dos estudantes e contribua para a construção de uma aprendizagem crítica, contextualizada e diversa.

Também considero que essa proposta se configura como uma estratégia de enfrentamento ao racismo epistêmico, entendido como a desvalorização e o apagamento de saberes, histórias e culturas de determinados grupos sociais em benefício do privilégio epistêmico, cultural, racial e material de outros (LOANGO, 2021). Além disso, a proposta contribui para a promoção de uma educação antirracista, ao valorizar a cultura afro-brasileira e evidenciar sua relevância na constituição da identidade baiana.

7. REFERÊNCIAS

AGOSTINHO (Bispo de Hipona). **A instrução dos catecúmenos: teoria e prática da catequese**. Trad. Maria da Glória Novak; introd. Pe. Hugo Paiva; pref. Almir Guimarães (OFM). Petrópolis: Vozes, 1984. (Fontes da Catequese, 7).

AREIAS, Almir das. **O que é capoeira**. São Paulo: Brasiliense, 1983.

ÁVILA, Pâmela; MOURA, Rosana Silva de; SILVA, Bruno Pedroso Lima. **Experiência e democracia: contribuições da filosofia da educação de Dewey para a escola**. *Educação, Ciência e Cultura*, v. 24, n. 3, 2019. DOI: 10.18316/recc.v24i3.5380.

BATISTA, Tailine Penedo. **O Diário de Bordo: uma forma de refletir sobre a prática pedagógica**. *Revista Insignare Scientia – RIS*, v. 2, n. 3, p. 287–293, 2019

BENTO, Maria Aparecida Silva. **O pacto da branquitude**. 4. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2022.

BERNARDINO-COSTA, Joaze; GROSFÓGUEL, Ramón. **Decolonialidade e perspectiva negra**. *Sociedade e Estado*, Brasília, v. 31, n. 1, p. 15-24, 2016.

BRASIL. Educação antirracista: caminhos abertos pela Lei Federal nº 10.639/03. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade, 2005.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 9.394**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 23 jun. 2024.

BRITO, Alan Alves; BOOTZ, Vitor; MASSONI, Neusa Teresinha. **Uma sequência didática para discutir as relações étnico-raciais (Leis 10.639/03 e 11.645/08) na educação científica**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 35, n. 3, p. 917–955, dez. 2018.

CANTO, Caroline Machado. **Instrumentos musicais: contextualizando o ensino de acústica**. 2022. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/234710>. Acesso em: 23 ago. 2025.

CASIMIRO, Ana Palmira Bittencourt Santos. **Evangelização, catequese e educação no Brasil: uma perspectiva histórica**. *Quaestio – Revista de Estudos em Educação*, v. 11, n. 1, 2009.

COELHO, Suzana Maria; MACHADO, Gisele Ramires. **Acústica e música: uma abordagem metodológica para explorar sons emitidos por tubos sonoros**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 32, n. 1, p. 207–222, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n1p207>. Acesso em: 23 ago. 2025.

CONCEIÇÃO, Miguel Luiz da. **O aprendizado da liberdade: educação de escravos, libertos e ingênuos na Bahia oitocentista**. 2007. Dissertação (Mestrado em História) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

COSTA, Emília Viotti da. **A abolição**. 8. ed. rev. e ampl. São Paulo: Editora Unesp, 2008.

DECIAN, Emanoela. **O estudo da acústica a partir de unidades de ensino potencialmente significativas: contribuições para uma aprendizagem significativa**. 2020. 126 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Ensino de Física) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/2365>. Acesso em: 23 ago. 2025.

DEWEY, John. **Democracia e educação: introdução à filosofia da educação**. Tradução de Godofredo Rangel e Anísio Teixeira. Estudo preliminar de Leonardo Van Acker. 4. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1979.

DIAS, Thiago Leandro da Silva; SERRA E SEPULVEDA, Claudia Alencar; SÁNCHEZ ARTEAGA, Juan Manuel. **O pensamento africano de Cheikh Anta Diop: elementos para incluir o componente histórico nos currículos de ciências e re-educar relações étnico-raciais**. Anais do 16º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: https://www.16snhct.sbhc.org.br/resources/anais/8/1540588659_ARQUIVO_TrabalhocompletoSNHCTDiasetal.pdf.

DINIZ, Flávia Cachinesi. **Capoeira Angola: identidade e trânsito musical**. 2010. Dissertação (Mestrado em Música) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

FARIA, Maressa Carolina Lopes; ARAÚJO, Nayara Cristina Carneiro. **O gingado que vem da África: a capoeira na construção da identidade negra no Brasil**. Periferia, Rio de Janeiro (UERJ), v. 10, n. 1, p. 179–201, jan./jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.12957/periferia.2018.31023>.

FERNANDES, E.; CINEL, N. C. L. B.; LOPES, V. N. **Da África aos indígenas do Brasil: caminhos para o estudo de História e Cultura Afro-brasileira e Indígena**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2016.

GARCIA, Renísia Cristina. **Identidade fragmentada: um estudo sobre a história do negro na educação brasileira: 1993-2005**. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), 2007.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOMES, Nilma Lino. **Relações étnico-raciais, educação e descolonização dos currículos**. Currículo sem Fronteiras, v. 12, n. 1, p. 98-109, jan./abr. 2012. Disponível em: <http://www.curriculosemfronteiras.org>. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

KANDUS, Alejandra; GUTMANN, Friedrich Wolfgang; CASTILHO, Caio Mário Castro de. **A física das oscilações mecânicas em instrumentos musicais: exemplo do berimbau**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 75–80, 2006.

KRUMMENAUER, W. L.; PASQUALETTO, T. I.; COSTA, S. S. C. **O uso de instrumentos musicais como ferramenta motivadora para o ensino de acústica no ensino médio.** Física na Escola, v. 10, n. 2, p. 22–24, 2009. Disponível em: <https://www1.fisica.org.br/fne/edicoes/category/13-volume-10-n-2-outubro>. Acesso em: 23 ago. 2025.

LEAL, Sayonara; PEREIRA, Rosana da Silva. **Por uma educação antirracista nas escolas brasileiras: crítica e pragmatismo em práticas pedagógicas para o ensino de sociologia escolar.** NORUS, v. 12, n. 22, p. 26–59, ago./dez. 2024.

LIMA, Diogo Oliveira; DAMÁSIO, Felipe. **O violão no ensino de acústica: uma proposta com enfoque histórico-epistemológico em uma unidade de ensino potencialmente significativa.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 36, n. 3, p. 818–840, dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2019v36n3p818>. Acesso em: 23 ago. 2025.

LOANGO, Anny Ocoró. **O racismo e a hegemonia do privilégio epistêmico.** Revista Aurora, Curitiba, v. 33, n. 59, 2021. DOI: <https://doi.org/10.7213/1980-5934.33.059.DS05>.

MARINHO, Nilene Matos Trigueiro; LUCENA, Ricardo de Figueiredo. **Perseguição e resistência à capoeira e às práticas corporais de origem negra em Salvador, nos séculos XIX e XX.** Identidade!, São Leopoldo, v. 29, n. 1, p. 111–133, jan./jun. 2024.

MOTA, Patrícia Lemos. **A música na capoeira regional como elemento de construção identitária.** 2013. Dissertação (Mestrado em Antropologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/24591>. Acesso em: 22 ago. 2025.

MOURA, Diego Araújo; NETO, Pedro Bernardes. **O ensino de acústica no ensino médio da rede pública por meio de instrumentos musicais de baixo custo.** Experiências em Ensino de Ciências, v. 14, n. 2, p. 1–10, 2019. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID608/v14_n2_a2019.pdf. Acesso em: 23 ago. 2025.

NETTO, Antônio Mattos; SANTOS, Marcos José Nepomuceno dos; SILVA JÚNIOR, Carlos Alberto Brito. **Uso de ferramentas midiáticas e práticas no ensino de acústica.** Revista do Professor de Física, v. 7, n. 1, p. 1–15, 2023.

PERUZZO, Jucimar. **A física através de experimentos.** 1. ed. São Paulo: Clube de Autores, 2013.

PINHEIRO, Bárbara Carine Soares. **Como ser um educador antirracista: para familiares e professores.** 1. ed. São Paulo: Planeta, 2023.

PINHEIRO, Bárbara Carine. **História preta das coisas: 50 invenções científico-tecnológicas de pessoas negras.** 1. ed. Salvador: Ogum's Toques Negros, 2023.

PINHEIRO, Bárbara Carine Soares; ROSA, Katemari (Orgs.). **Descolonizando saberes: a Lei 10.639/2003 no ensino de ciências.** São Paulo: Livraria da Física, 2018.

PLACIDES, Fernando Mariano; COSTA, Jose Wilson da. **John Dewey e a aprendizagem como experiência.** Nome da Revista, v. 7, n. 2, p. 129–145, out. 2021.

REGO, Waldeloir. **Capoeira Angola: ensaio sócio-etnográfico**. Salvador: Itapuã, 1968.

ROCHA, José Fernando Moura (org.). **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2015.

RODRIGUES, Clara Tomie Yamasaki Heider; NASCIMENTO, Hermilson Garcia do. **Capoeira Angola e o berimbau afinado**. Anais do XXIX Congresso PIBIC da UNICAMP, Campinas, 2021. Disponível em: <https://proceedings.science/unicamp-pibic/pibic-2021/trabalhos/capoeira-angola-e-o-berimbau-afinado?lang=pt-br>. Acesso em: 23 ago. 2025.

ROSA, Katemari; ALVES-BRITO, Alan; PINHEIRO, Bárbara Carine Soares. **Pós-verdade para quem? Fatos produzidos por uma ciência racista**. Revista Perspectiva, v. 37, n. 3, p. 1440–1464, set./dez. 2020.

SANTOS, Josely Alves dos; OLIVEIRA, Guilherme Saramago de; PAIVA, Adriana Borges de. **O pensamento educacional de John Dewey**. *Nome da Revista*, v. 21, n. 52, p. 76–91, 2022.

SANTOS, Sales Augusto dos. A Lei nº 10.639/2003 como fruto da luta antirracista do Movimento Negro. In: BRASIL. SECAD. **Educação antirracista: caminhos abertos pela Lei Federal nº 10.639/2003**. Brasília: MEC/SECAD, 2005. p. 21–34.

SENZALA – Grupo de Capoeira. **Besouro Mangangá. Santo Amaro: Grupo Senzala, s.d.** Disponível em: https://senzala.org.br/documentos/Senzala_-_Besouro_Manganga.pdf. Acesso em: 16 nov. 2025.

SILVA, Douglas Krüger da. **A física e os instrumentos musicais: construindo significados em uma aula de acústica**. 2017. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

SILVA, José Cláudio Amorim da. **Uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) para o ensino de física clássica e moderna por meio da construção de instrumentos musicais**. 2023. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2023.

SIMÕES, Rosa Maria Araújo. **Capoeira e escravidão: movimento de resistência versus submissão**. Revista Movimento, v. 6, n. 13, p. 26–31, 2000.

SOARES, Diego Novaes. **O ensino de acústica através do uso de instrumentos musicais: uma proposta utilizando os 3 momentos pedagógicos**. 2018. 123 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – IFES, 2018.

VERRANGIA, Douglas; SILVA, Petronilha Beatriz Gonçalves e. **Cidadania, relações étnico-raciais e educação: desafios e potencialidades do ensino de Ciências**. Educação e Pesquisa, v. 36, n. 3, p. 705–718, set./dez. 2010.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.; FORD, A. Lewis. *Sears and Zemansky's University Physics: with Modern Physics*. 12. ed. San Francisco: Pearson Addison-Wesley, 2008.

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

ZACZÉSKI, M. E. et al. **Violão: aspectos acústicos, estruturais e históricos**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n. 1, p. e1309, 2018.

8. APÊNDICE

AUTORIZAÇÃO PARA COLETA DE DADOS

Eu, _____, ocupante do cargo de diretora do Colégio Opção de Ensino, AUTORIZO a coleta de dados do projeto **Integrando Cultura Africana e Afro-brasileira no Ensino de Física: O berimbau na aula de acústica** dos pesquisadores Thuane Silva Spínola e Wagner Duarte José.

Vitória da Conquista, ____ de _____ de 2024.

Assinatura da diretora da escola

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO Conforme resoluções nº
466/2012 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde-

CARO(A) SENHOR(A), Este documento é um CONVITE à pessoa pela qual o(a) Sr.(a) é responsável para participar da pesquisa abaixo descrita. Por favor, leia com atenção todas as informações, e se você estiver de acordo, assine a última página, na linha “Assinatura da pessoa responsável pelo participante”.

1. QUEM SÃO AS PESSOAS RESPONSÁVEIS POR ESTA PESQUISA?

1.1. PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Thuane Silva Spínola

1.2. ORIENTADOR: Wagner Duarte José

2. QUAL O NOME DA PESQUISA, POR QUE E PARA QUE ELA ESTÁ SENDO FEITA?

2.1. TÍTULO DA PESQUISA: **Integrando Cultura Africana e Afro-brasileira no Ensino de Física: O berimbau na aula de acústica**

2.2. POR QUE ESTAMOS FAZENDO ESTA PESQUISA:

Ao integrar o berimbau e sua cultura aos conteúdos de física, pretende-se não apenas promover uma maior conexão entre os estudantes e a disciplina, mas também valorizar e resgatar a importância da cultura africana e afro-brasileira no contexto educacional. Essas culturas são ricas em tradições, conhecimentos e expressões artísticas que permeiam diversos aspectos da sociedade, incluindo a educação. No entanto, é comum que essas manifestações sejam marginalizadas ou pouco exploradas no contexto educacional, especialmente nas disciplinas tradicionais como a física. Tanto no currículo quanto na prática em sala de aula, a física muitas vezes é vista como algo distante da realidade cotidiana e das culturas populares, o que pode prejudicar o interesse dos estudantes. Nesse sentido, há uma necessidade de repensar as práticas pedagógicas, buscando integrar a cultura africana e afro-brasileira no ensino de física, de modo a tornar o aprendizado mais significativo e inclusivo. Espera-se que essa

integração proporcione aos estudantes uma vivência mais rica e contextualizada, permitindo-lhes relacionar os conceitos físicos com elementos culturais que lhes são familiares. Dessa forma, além de ampliar o engajamento com a disciplina, espera-se também contribuir para uma educação mais plural e respeitosa com a diversidade cultural brasileira.

2.3. PARA QUE ESTAMOS FAZENDO ESTA PESQUISA:

Investigar que possíveis contribuições uma sequência didática para o ensino de acústica pautada no instrumento musical berimbau pode potencializar a compreensão da física integrada à Cultura Africana e Afro-brasileira.

3. O QUE O INDIVÍDUO SOB A SUA RESPONSABILIDADE TERÁ QUE FAZER? ONDE E QUANDO ISSO ACONTECERÁ? QUANTO TEMPO LEVARÁ

3.1. O QUE SERÁ FEITO: Os alunos serão divididos em grupos, e cada grupo será responsável por uma proposta diferente de construção de aparatos experimentais, mas todos voltados para a temática acústica (assunto presente dentro da grade curricular do aluno da 2º série do Ensino Médio), **acompanhados de heurísticas de atividade de estudo com perguntas relacionadas aos experimentos. Um grupo, em particular, ficará encarregado de uma encenação teatral que retrate aspectos históricos e culturais afro-brasileiros dentro da nossa proposta.**

3.2. ONDE E QUANDO FAREMOS ISSO: Colégio Opção de Ensino entre os dias 30/08/2024 à 19/09/2021

3.3. QUANTO TEMPO DURARÁ CADA SESSÃO: 1h:40min

4. HÁ ALGUM RISCO EM PARTICIPAR DESSA PESQUISA?

Segundo as normas que tratam da ética em pesquisa com seres humanos no Brasil, sempre há riscos em participar de uma pesquisa científica. No caso desta pesquisa, podemos dizer que o risco é MÍNIMO. O que pode acontecer é um desconforto ao responder os roteiros ou constrangimento e vergonha em participar dos diálogos em sala e cansaço durante as atividades. Mas para evitar que isso aconteça, manteremos o sigilo das respostas e buscaremos proporcionar um ambiente respeitoso para todos os alunos.

5. O QUE ESSA PESQUISA TRARÁ DE BOM?

Proporcionará ao aluno compreender e interpretar o mundo natural, social, cultural, artístico e tecnológico, mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais da ciência. Produção de um produto educacional que potencialize o ensino de Física na educação básica e ampare professores.

6. MAIS ALGUMAS COISAS QUE O SENHOR(A) PODE QUERER SABER: você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido (a) em todas as formas que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não causará qualquer punição ou modificação na forma em que é atendido (a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Este estudo apresenta risco mínimo. Apesar disso, você tem assegurado o direito a compensação ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa. Os resultados estarão à sua disposição quando finalizados. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos.

7. CLAUSULA DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO:

Declaro para os devidos fins que estou ciente e concordo com a participação da pessoa pela qual eu sou responsável. Ademais, confirmo ter recebido uma via deste termo de consentimento e asseguro que foi me dado a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

Vitória da Conquista, ____ de _____ de 2024.

Assinatura da pessoa responsável pelo participante

Assinatura do (a) pesquisador (a)

Em caso de dúvidas, entre em contato:

Número de telefone e whatsapp: (77) 98867-8698

Email: thuanespino@gmail.com

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UESB
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO SUDOESTE DA BAHIA



PRODUTO EDUCACIONAL

INTEGRANDO CULTURA AFRICANA E AFRO-BRASILEIRA NO ENSINO DE FÍSICA: O BERIMBAU NA AULA DE ACÚSTICA

O presente produto educacional foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

THUANE SILVA SPÍNOLA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Wagner Duarte José

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

2026

APRESENTAÇÃO

Este produto educacional propõe uma situação de ensino que aborda a temática da acústica por meio do estudo físico e cultural do instrumento musical berimbau. A sequência didática foi planejada e estruturada para ser desenvolvida com turmas da 2ª série do Ensino Médio, distribuída em dezoito horas/aulas e momentos de atividade com a classe.

É importante perceber que não apenas as Artes e ciências humanas e sociais têm missão de formar a cidadania, mas todas as áreas do conhecimento humano, nos seus mais diversos níveis, da Educação Infantil ao Ensino Superior (BRITO; BOOTZ; MASSONI, 2018). Nesse sentido, a lei 10.639, promulgada em janeiro de 2003, marca um momento histórico na luta antirracista da Educação Brasileira, ao modificar a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/1996) para tornar obrigatório o ensino e o estudo da História africana e afro-brasileira nos currículos das instituições públicas e privadas, nos variados níveis e modalidades da educação brasileira. Essa medida normativa reflete o reconhecimento da importância das relações sociais e étnico-raciais nos processos educativos, conforme destaca Petronilha Gonçalves e Silva (2003), ao afirmar que tais relações devem ser consideradas pela legislação educacional brasileira com vistas à formação para a cidadania.

Ao integrar a prática do berimbau com os conteúdos de física, pretende-se não apenas promover uma maior conexão entre os estudantes e a disciplina, mas também valorizar e resgatar a importância da cultura africana e afro-brasileira no contexto educacional. Ao falarmos sobre o berimbau, é inevitável associá-lo à capoeira e suas manifestações culturais, que em 2008 foi reconhecida como Patrimônio cultural da Humanidade pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a cultura (UNESCO).

No entanto, antes da abolição da escravatura, o código penal da república dos estados unidos do Brasil emitiu um decreto de número 847, de 11 de outubro de 1890, que punia os praticantes de capoeira. E a punição continuou mesmo após a Lei Áurea de 1889 a 1937. A capoeira era crime e a mínima demonstração rendia seis meses de cadeia, evidenciando a continuidade de ações discriminatórias, opressoras e controladoras para manter os negros subjugados e impedindo a preservação de suas tradições.

Mesmo durante o período em que a capoeira era criminalizada no Brasil, figuras como Besouro Mangangá (Manoel Henrique Pereira), Mestre Bimba (Manoel dos Reis Machado) e Mestre Pastinha (Vicente Ferreira Pastinha) resistiram bravamente para manter viva a prática da capoeira. Eles reafirmaram sua importância não apenas como luta e dança, mas também como uma forma de resistência cultural, preservação da identidade e dos saberes ancestrais.

Besouro Mangangá, também conhecido como Besouro Cordão de Ouro, nasceu em Santo Amaro, na Bahia, e é uma figura lendária, reconhecida como um dos maiores nomes da capoeira. Sua fama de lendário se deve, em grande parte, à forma como era conhecido pelo povo. Aprendeu capoeira com um escravizado chamado Tio Alípio e recebeu o apelido de "Besouro" por causa de uma crença popular: dizia-se que, ao se ver em apuros, cercado por inimigos em número muito superior ao que podia enfrentar, ele se transformava em um besouro e escapava voando (Senzala, 2013).

Foi também graças à resistência de Mestre Bimba que a capoeira deixou de ser proibida pelo código penal, após uma apresentação no palácio governamental para o então presidente Getúlio Vargas, em 1937, que buscava apoio popular, e por isso, a capoeira passou a ser legalizada. Mestre Bimba é o grande nome da capoeira regional, na qual ele adaptou a prática aos tempos modernos, incorporando elementos de outras artes marciais. A roda de Capoeira Regional costuma ser mais dinâmica, com variações de ritmo que acompanham tanto a música quanto a energia dos jogadores e usando apenas um berimbau. Mestre Bimba, nascido em 23 de novembro de 1900, e Mestre Pastinha, em 5 de abril de 1889, viveram em um período próximo à Abolição da Escravatura, que ocorreu em 1888, e ajudaram a consolidar essa prática como uma expressão de resistência e identidade cultural afro-brasileira.

Mestre Pastinha, grande pioneiro da capoeira de Angola que se destaca por ter sido o primeiro capoeirista de sua época a desenvolver um sistema de ensino e, também, o primeiro a dar aulas em ambiente fechado, mesmo com a proibição da capoeira no código penal brasileiro, com penalidade de seis a dois anos de prisão, resistindo a opressão e racismo da época. Os seus ensinamentos sobre a capoeira Angola são mais lentos, estratégicos, rasteiros e ritualísticos, acompanhados por uma música mais cadenciada e a presença de três berimbaus.

Como afirmam Faria e Araújo (2018), Mesmo sob condições subumanas, os africanos e afro-brasileiros não perderam sua identidade e deixaram registradas manifestações culturais que são muito importantes para a história brasileira. Durante o processo de escravidão, sua cultura negada e suprimida mantivera vivas suas tradições, chegando a reproduzir e deixar marcas, e uma delas é a capoeira. Por isso, é fundamental romper com a lógica de um currículo eurocêntrico e ampliar o olhar para outras epistemologias, reconhecendo e valorizando saberes e práticas culturais historicamente marginalizadas. Inserir o berimbau no ensino de Física, nesse sentido, não apenas potencializa a aprendizagem de conceitos científicos, mas também contribui para a construção de uma educação antirracista, plural e comprometida com a valorização da cultura afro-brasileira, em consonância com o que propõe a Lei 10.639/2003.

O uso do berimbau no ensino de Física é importante para enriquecer o estudo de temas como acústica e ondulatória, pois permite explorar, de forma prática e significativa conceitos físicos (frequência, ressonância e propagação do som), além de valorizar e dar visibilidade à cultura africana e afro-brasileira rompendo com a visão tradicional de que as ciências exatas não dialogam com a diversidade cultural. Nota-se com raras exceções os poucos materiais disponíveis sobre temáticas étnico-raciais nas ciências exatas especialmente na Física, sendo restritos a artigos técnicos e científicos que, em sua maioria, não chegam aos professores da educação básica ou são de difícil compreensão, o que dificulta a criação de conteúdos didáticos adaptados à realidade dos alunos e ao contexto do Ensino Básico (ALVES-BRITO, BOOTZ, MASSONI, 2018).

Tendo em vista as múltiplas possibilidades que o processo de ensino-aprendizagem proporciona, esta sequência didática foi estruturada de forma a integrar diferentes estratégias pedagógicas. Para isso, o berimbau é utilizado como elemento central de estudo, não apenas por seu potencial físico-acústico, mas também por sua relevância histórica e simbólica, resgatando e valorizando a cultura africana e afro-brasileira. Nesse contexto, foram planejadas atividades teóricas, práticas, experimentais, simulações computacionais e uma encenação teatral, promovendo uma abordagem interdisciplinar e valorização do conteúdo.

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1- Jogo de Capoeira. Gravura de Johann Moritz Rugendas.....	132
Imagem 2- Construção de uma “máquina de ondas”.....	135
Imagem 3- Máquina de ondas.....	136
Imagem 4- Experimento visual de ondas em uma corda	137
Imagem 5- Passo a passo da construção do berimbau.	142
Imagem 6- Experimento sobre ondas estacionárias.....	145
Imagem 7- Tubos sonoros de PVC	146

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	126
SEQUÊNCIA DIDÁTICA	128
REFERÊNCIAS	153

INTRODUÇÃO

Com o intuito de articular as discussões étnico-raciais com o ensino de Física, esta sequência didática aborda as contribuições científicas, tecnológicas e culturais dos povos africanos e afro-brasileiros. Isso se faz especialmente necessário considerando que, na maioria das vezes, o ensino, sobretudo nas Ciências da Natureza, como é o caso da Física, não contempla questões culturais e étnico-raciais. É possível afirmar que esse tipo de prática escolar é resultado de um currículo hegemonicamente eurocêntrico, baseado em uma visão positivista e acrítica da ciência, que tende a reforçar os mitos associados à sua neutralidade, concebendo que a construção do conhecimento não seja vista como uma das esferas constituídas social e historicamente da humanidade (OLIVEIRA; VANIEL; CIDADE, 2019).

No planejamento das atividades, buscamos romper com a mera reprodução de saberes pré-estabelecidos, inclusive no uso recorrente dos mesmos instrumentos musicais nas aulas de acústica. Optamos por uma abordagem que resgate e valorize temas culturais, promovendo uma aprendizagem dos estudantes orientada por uma perspectiva que rompe com a centralidade eurocêntrica e abre caminhos para uma educação plural, crítica e comprometida com a valorização das identidades e saberes historicamente marginalizados. Conforme destacam Lima e Damásio (2019):

Apesar de haver inúmeras propostas metodológicas de ensino-aprendizagem, existem evidências de uma grande predominância de um ensino baseado em pressupostos tradicionalistas, que influencia a própria concepção do estudante acerca do estudo de ciências, muitas vezes fazendo com que ele tenha impressões negativas e que tal estudo é irrelevante na sua vida real.

Além de silenciar e não dimensionar os saberes africanos e afro-brasileiros, essa perspectiva contribui para a estereotipação de um perfil eurocentrado de ciência, no qual o conhecimento é historicamente associado às populações brancas, reforçando um racismo que exclui e deslegitima outras formas de saber e produção científica. Nesse contexto, é significativa a importância da educação escolar, em particular do ensino de Física, no combate ao racismo visando formar cidadãos/ãs críticos/as e comprometidos/as com relações sociais étnicas (OLIVEIRA; VANIEL; CIDADE, 2019).

É importante fazer um debate de uma educação antirracista com o objetivo de evidenciar contribuições africanas e afro-brasileira na ciência e no desenvolvimento tecnológico. Sendo assim, há uma necessidade de uma educação com visão multiculturalidade da produção dos saberes.

Toda essa proposta metodológica para o trabalho com o berimbau nas aulas de acústica é constantemente pensada a partir do protagonismo dos estudantes, ressaltando a importância de como esse conteúdo deve ser abordado com eles. No entanto, reconhecemos também a necessidade de uma formação docente comprometida, que inclua a predisposição para enfrentar e trabalhar questões étnico-raciais, compreendendo sua relevância não apenas no ambiente escolar, mas na construção de uma sociedade mais justa e plural.

No artigo de Brito, Bootz e Massoni (2018), intitulado "*Uma sequência didática para discutir as relações étnico-raciais (Leis 10.639/03 e 11.645/08) na educação científica*", os autores destacam dados estatísticos que mesmo na Bahia, estado majoritariamente composto por pessoas negras (pretos e pardos; IBGE, 2017:censo demográfico), muitos professores da educação básica (70% de uma amostra de 52 professores entrevistados) não conhecem as duas leis ou não as mencionam em suas atividades cotidianas.

Os autores ainda destacam que, mesmo entre os poucos professores que conhecem essas leis, muitos enfrentam dificuldades em abordá-las de forma didática em sala de aula. Diante desse cenário, a proposta pedagógica apresentada aqui busca contribuir positivamente para a construção de novas possibilidades e abordagens metodológicas, visando não apenas à divulgação da Lei 10.639/2003, mas também à sua efetivação por meio de uma prática educativa crítica, reflexiva e comprometida com a transformação social.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Sugerimos a sequência em 8 momentos, cada um correspondendo a cinquenta minutos. Apresentamos abaixo um quadro com o resumo das atividades desenvolvidas.

Quadro 1: Síntese da Sequência Didática aplicada.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA: Ensino de Física por meio da integração entre a cultura africana e afro-brasileira, utilizando o berimbau como instrumento musical na abordagem do conteúdo de acústica		
PÚBLICO ALVO: Estudantes da 2º série do Ensino Médio		
MOMENTOS	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	HORAS/AULAS
PRIMEIRO	<ul style="list-style-type: none">✓ Apresentação com o berimbau;✓ Projeção da Cantiga “O QUE É O BERIMBAU”;✓ Apresentação no Power point, com os seguintes tópicos:<ul style="list-style-type: none">• Origem do berimbau (ilustrações);• Sua manifestação na cultura (nomes dos mestres de capoeira: Bimba, Pastinha e Besouro);• Que tipo de instrumento é o berimbau? (tipos diferentes: Gunga, médio e viola);• Vídeo do Berimbau na orquestra – Domingo no Parque por Gilberto Gil.; <p>Documentário: Roda de capoeira – Patrimônio cultural e imaterial da humanidade.</p>	1 hora/aula

SEGUNDO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ O que são ondas? ✓ Natureza da onda – Mecânica e eletromagnética; ✓ Construção da máquina de ondas – tarefa solicitada ao GRUPO A. ✓ Demonstração da máquina de ondas (fizemos filmagens e fotos); ✓ Demonstração com brinquedo conhecida como “Mola maluca” para observarem a direção de uma onda de modo longitudinal e transversal; ✓ Atividade de estudo hipermediática no laboratório de informática (simulação Phet); ✓ Atividade de estudo sobre os conteúdos abordados na aula entrega impressa aos alunos; 	3 horas/aulas
TERCEIRO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Atividade de estudo da mola entrega impressa aos alunos; ✓ Discussões e correções. 	1 hora/aula
QUARTO e QUINTO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Entrega dos materiais para construção do berimbau – tarefa solicitada do GRUPO B. ✓ Discussão com a turma sobre todos os elementos que compõem o berimbau; <p>Início da construção do instrumento – tarefa solicitada do GRUPO B;</p>	6 horas/aulas
SEXTO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estudo da cabaça enquanto caixa de ressonância; ✓ Estudo de tubos sonoros abertos e fechados; ✓ Abordagem do som produzido por um berimbau médio e viola; <p>Destaque sobre o Berimbau e sua importância na cultura e capoeira.</p>	3 horas/aulas
SÉTIMO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Continuação sobre tubos sonoros e seus respectivos harmônicos; ✓ Demonstração do experimento ondas estacionárias em uma corda – tarefa responsável do GRUPO C; <p>Apresentação de uma encenação teatral sobre o filme BESOURO – tarefa responsável do GRUPO D;</p>	1 hora/aula

OITAVO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Experimento com dois tubos de PVC com tamanhos diferentes – tarefa responsável do GRUPO E; ✓ Atividade de estudo sobre as questões culturais do berimbau e física do berimbau. 	3 horas/aulas
---------------	--	----------------------

Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

PRIMEIRO MOMENTO

1º ATIVIDADE

:

Objetivo: Compreender a importância histórica, cultural e musical do berimbau, reconhecendo sua origem africana e afro-brasileira, sua relevância na prática da capoeira e sua presença como instrumento de resistência e expressão da cultura africana e afro-brasileira.

Observação: No primeiro diálogo estabelecido com os estudantes ao abordarmos o uso do berimbau como instrumento musical nas aulas de acústica, enfatizamos a importância da Lei 10.639/2003, que torna obrigatório o ensino da história e da cultura afro-brasileira e africana nas instituições de ensino públicas e privadas do país.

Orientações: O professor pode iniciar essa primeira abordagem trazendo o berimbau em mãos, a fim de despertar a curiosidade, o interesse e promover uma maior aproximação dos estudantes com o instrumento. Se o professor ou algum estudante souber tocar o instrumento, isso pode enriquecer ainda mais essa primeira abordagem.

2º ATIVIDADE:

Indicamos que o professor (a) coloque a cantiga "*O que é um berimbau*", disponível na plataforma *YouTube* (<https://www.youtube.com/watch?v=ECNMPOKMHn4>), com o intuito de observar as reações e envolvimento dos estudantes com a escuta e o canto, ao mesmo tempo em que se promove a familiarização com os sons característicos do berimbau e com os elementos físicos que o compõem, favorecendo a aproximação afetiva e cultural com o instrumento.

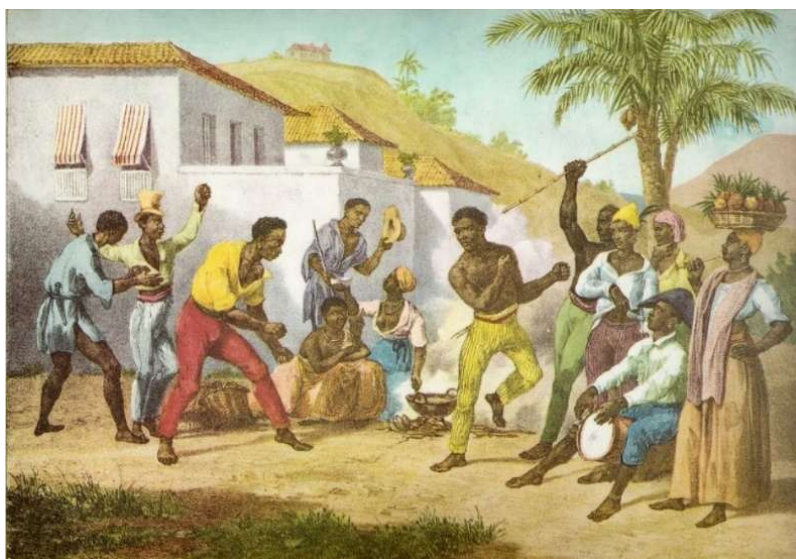
3º ATIVIDADE:

Apresentar por meio do *Power Point* os tópicos descritos abaixo:

- Origem do berimbau e significado da capoeira;
- Sua manifestação na cultura (Ênfase ao capoeirista Besouro Mangangá, Mestre Pastinha e mestre Bimba);
- Que tipo de instrumento é o berimbau;
- O berimbau na orquestra: Gilberto Gil Concerto de cordas e máquina de ritmo disponível no *YouTube* (<https://www.youtube.com/watch?v=x4C46PGp6yA>);
- Vídeo “Formas que fazem o som – Berimbau disponível no *YouTube* (https://www.youtube.com/watch?v=IsVHGEW_nMQ)

Ao abordar esses tópicos o objetivo é proporcionar aos estudantes um momento de conhecimento, valorização e reflexão sobre o berimbau como instrumento musical e símbolo da resistência africana e afro-brasileira. A partir da apresentação em slides, iniciar pela contextualização histórica e cultural do berimbau, compreendendo sua origem e incorporação à capoeira como prática de resistência durante e após o período escravocrata. No entanto, é importante destacar que o berimbau nem sempre esteve presente na capoeira. Por isso, sugerimos a utilização da gravura *Jogo de Capoeira*, do artista alemão, Johann Moritz Rugendas, representada na Imagem 1, e propor aos estudantes a elaboração de uma pergunta que os levasse a descrever ou interpretar a imagem apresentada. Espera-se que eles identifiquem se tratar de uma roda de capoeira, observando elementos como o movimento dos corpos, os gestos com as mãos fazendo menção de palmas. Porém, também é esperado que percebam a ausência do berimbau na cena, o que indica que, no período em que o artista esteve no Brasil, o instrumento ainda não havia sido incorporado à prática da capoeira.

Imagem 1- Jogo de Capoeira. Gravura de Johann Moritz Rugendas



Fonte: <https://jogodavidaweb.wordpress.com/2017/03/29/johann-moritz-rugendas/>

Sugerimos destacar figuras históricas fundamentais como Besouro Mangangá⁴, Mestre Pastinha⁵ e Mestre Bimba,⁶ que contribuíram para a preservação e valorização dessa tradição. Identificar o berimbau como instrumento musical, reconhecer suas propriedades sonoras com base no vídeo “Formas que fazem o som – Berimbau” (https://www.youtube.com/watch?v=5DJ_2REyd8) e ampliar sua compreensão por meio da análise de sua presença em repertórios orquestrais, como no “Concerto de cordas e máquina de ritmo”, de Gilberto Gil (<https://www.youtube.com/watch?v=x4C46PGp6yA>). Ressignificar o uso do berimbau como símbolo de resistência, identidade e valorização da cultura afro-brasileira, reconhecendo sua importância histórica e seu papel na construção de saberes culturais e voltado para uma educação antirracista.

SEGUNDO MOMENTO

1º ATIVIDADE:

Objetivo: Compreender o conceito de ondas e sua importância nos fenômenos físicos, diferenciando suas naturezas em mecânica e eletromagnética.

⁴ Besouro Mangangá (Manoel Henrique Pereira) foi um famoso capoeirista baiano do início do século XX, conhecido por sua habilidade e mistério. Ele é lembrado como um símbolo da capoeira e sua história é repleta de lendas e mitos.

⁵ Mestre Pastinha, figura central na história da capoeira, principalmente na capoeira de Angola.

⁶ Mestre Bimba, importante capoeirista brasileiro conhecido por ser fundador da capoeira regional.

Orientações: Nesse segundo momento da sequência didática, iniciamos a abordagem dos primeiros conceitos físicos que servirão como base fundamental para a compreensão dos fenômenos envolvidos no funcionamento do berimbau. Para isso, registramos no quadro branco os seguintes tópicos:

- O que é uma onda;
- Natureza das ondas: mecânicas e eletromagnéticas.


A partir disso, abrimos espaço para um diálogo com os estudantes, promovendo a construção coletiva dos conceitos. Discutimos exemplos que ajudam a diferenciar os dois tipos de ondas, como o som, que é uma onda mecânica e depende de um meio material para se propagar, e a luz, que é uma onda eletromagnética e pode se propagar no vácuo.

2º ATIVIDADE:

Construção da “máquina de ondas.”

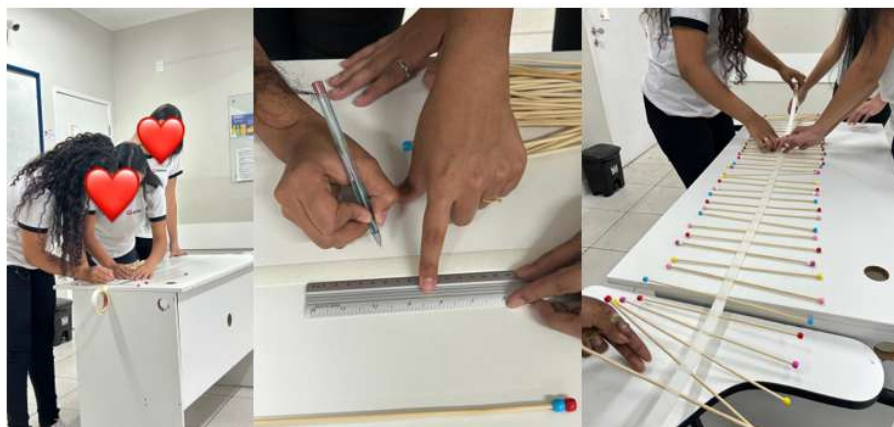
Objetivo: Estimular a aprendizagem por meio da construção de uma máquina de ondas, possibilitando compreensão de forma prática e colaborativa.

Orientações: Para a realização dessa atividade, sugerimos que os estudantes trabalhem em grupo, utilizando os seguintes materiais, além de dicas para preparação do experimento.

Materiais necessários:	Preparação: 
<ul style="list-style-type: none">• 40 palitos de churrasco (com as pontas cortadas previamente);• 80 miçangas (2 para cada extremidade dos palitos);• Fita crepe;• Régua;• Tesoura;• Cola quente (para fixar as miçangas nos palitos).	<ul style="list-style-type: none">• Fixar uma miçanga em cada extremidade do palito usando a cola quente;• Estender a fita crepe sobre uma mesa ou superfície plana;• Colocar os palitos centralizados com espaçamento de 3 cm um do outro;• Passar a fita por cima para que os palitos fiquem fixados em ambos os lados.

Ver Imagem 2 com a preparação da montagem.

Imagem 2- Construção de uma “máquina de ondas”.



Fonte: Imagem criada pela autora em 2024

Indicamos que a “máquina de ondas” seja construída em sala de aula pelo grupo responsável, enquanto os demais estudantes acompanham o processo, uma vez que sua montagem é simples e não demanda muito tempo.

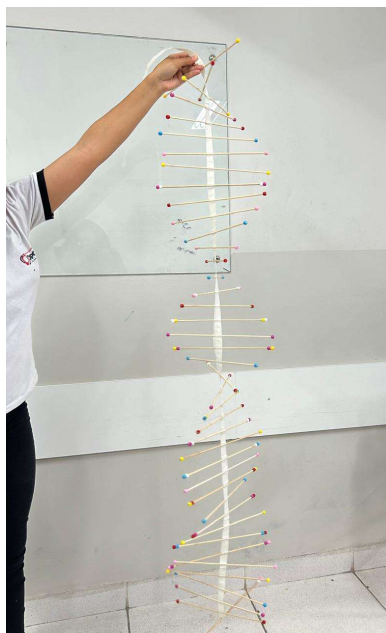
3º ATIVIDADE:

Demonstração da “máquina de ondas”

Objetivo: visualizar e explorar o comportamento das ondas mecânicas

Após a finalização da máquina de ondas, orientamos que um estudante a segure na posição vertical e aplicasse uma pequena perturbação em sua extremidade superior. Esse procedimento permite a observação do movimento vibratório dos demais palitos, ilustrando o conceito de que as ondas transportam energia, mas não matéria. Utilizando um smartphone, registre em vídeo o movimento da máquina de ondas e, em seguida, capture uma imagem (print da tela) em um momento que evidencie o padrão ondulatório, conforme ilustrado na Imagem 3.

Imagem 3- Máquina de ondas



Fonte – Produzida pela própria autora (2024).

4º ATIVIDADE:

Direção de propagação de uma onda

Objetivo: Ilustrar o comportamento da propagação de uma onda nas direções longitudinal e transversal.

Com os estudantes organizados em grupos, distribuídas “molas malucas” com o objetivo de possibilitar a visualização da propagação de diferentes tipos de ondas. Inicialmente, os estudantes devem apoiar as molas sobre a mesa e aplicaram uma pequena perturbação, observando, assim, a propagação de ondas longitudinais. Em seguida, com a mola suspensa e segurada por dois estudantes (um em cada extremidade), indique que um deles provoque uma perturbação, permitindo a observação da propagação de uma onda transversal (Para demonstrar a propagação de uma onda transversal, além da mola, também pode ser utilizada uma corda).

5º ATIVIDADE:

Simulação virtual de onda em uma corda

Objetivo: Explorar, por meio da simulação virtual “*Onda em uma corda*” na plataforma Phet, as características das ondas transversais, identificando a relação entre frequência, amplitude, tensão e energia, a fim de compreender como essas variáveis influenciam a propagação da onda.

O professor orientará os estudantes em grupos e acessarem através de smartphones ou computadores (caso a escola tenha sala de informática) por meio do link https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_all.html?locale=pt_BR o link dará acesso direto a simulação de onda em uma corda.

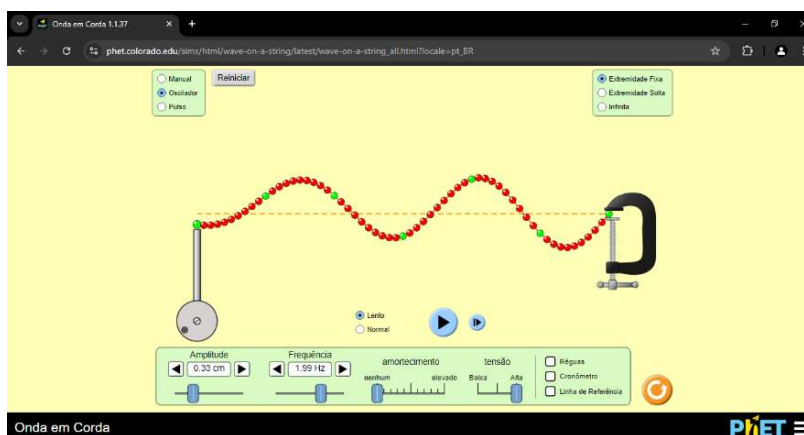
Inicialmente os estudantes podem ser orientados a seguirem os seguintes parâmetros: Utilizar a opção “oscilador”, “extremidade fixa” e “lento”.

Como sugestão podem ser colocados os seguintes valores para as grandezas:

- Amplitude – 0,33cm
- Frequência – 1,99Hz
- Amortecimento – nenhum
- Tensão – Alta
- Régua para medir o comprimento de onda

A Imagem 4 ilustra os procedimentos descritos anteriormente. Após a realização dessas etapas e as discussões sobre cada grandeza física observada, caso haja tempo disponível, é interessante permitir que os estudantes explorem a simulação de forma mais livre, testando outras funcionalidades da plataforma, como a alteração dos valores das grandezas físicas, o tipo de extremidade da corda, entre outros parâmetros.

Imagem 4- Experimento virtual de ondas em uma corda



Fonte – Produzido pela própria autora (2024).

TERCEIRO MOMENTO

1ª ATIVIDADE:

Produzindo ondas em corda e mola

Objetivo: Compreender, por meio da prática experimental, o comportamento das ondas mecânicas transversais e longitudinais, observando a direção de propagação e de oscilação das partículas do meio.

Orientações:

Após a realização da aula experimental, utilizando a mola maluca, a corda e a simulação virtual disponível na plataforma Phet, os estudantes receberão uma atividade impressa com perguntas relacionadas às observações feitas durante a prática.

A seguir, apresenta-se um modelo de atividade teórica com questões-problema que deverão ser respondidas pelos estudantes e posteriormente discutidas com o professor, tendo como base a atividade prática realizada anteriormente. Essa discussão incluirá uma relação com o berimbau, especialmente no que diz respeito à vibração da corda (arame) e aos movimentos ondulatórios observados na mola, na corda e na simulação virtual.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

O QUE SÃO ONDAS TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS?

PARTE 1:

➤ OBJETIVO

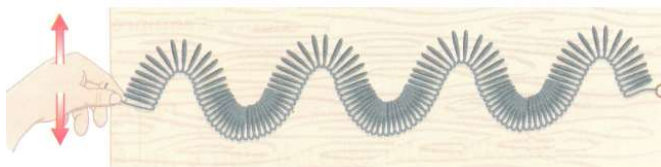
- Verificar o comportamento de ondas mecânicas transversais, onde a oscilação das partículas do meio ocorre perpendicularmente à direção de propagação da onda.

➤ MATERIAIS UTILIZADOS

1 mola e 1 corda

➤ OPERAÇÕES:

1. Estenda a mola em linha reta sobre a superfície.
2. Segure uma das extremidades da mola fixa e mova a outra extremidade para cima e para baixo perpendicularmente à mola, de modo a produzir ondas transversais. (como esquematizado na figura abaixo). É possível verificar uma forma de onda? Como é esta? Pode variar?
3. Observe e registre como a onda se propaga ao longo da mola (filme com o celular).



PARTE 2:

➤ OBJETIVO

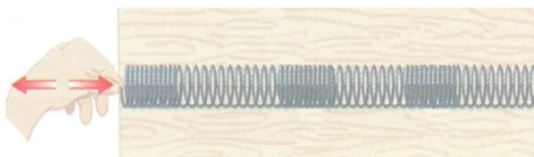
- Verificar o comportamento de ondas mecânicas longitudinais, onde a oscilação das partículas do meio ocorre na mesma direção da propagação da onda.

➤ MATERIAIS UTILIZADOS

1 mola e 1 corda

➤ MONTAGEM E PROCEDIMENTO

1. Estenda novamente a mola em linha reta sobre a superfície.
2. Segure uma das extremidades fixa e comprima ou estique a outra extremidade na direção da mola, soltando em seguida. Como mostra a figura abaixo
3. Observe e registre a propagação da onda de compressão e rarefação ao longo da mola (filme com o celular).



1. O que você observou ao gerar uma onda na mola?

2. Como você acha que a direção do movimento das partículas na mola irá se comportar em relação à direção da propagação da onda?

3. Como a amplitude do movimento influencia a altura da onda formada?

4. Como as ondas que você criou na mola se assemelham ou diferem das ondas sonoras que se propagam no ar?

5. Como a rigidez da mola (ou a tensão aplicada) influencia a velocidade das ondas nos dois casos?

6. Compare o comportamento da corda do berimbau com o de uma mola quando ambas são tensionadas e depois soltas.



QUARTO E QUINTO MOMENTO

ATIVIDADE:

Construção do berimbau

Objetivo: Proporcionar aos estudantes a vivência prática da construção do berimbau, compreendendo seus elementos físicos e sonoros, por meio da divisão de tarefas e do trabalho em equipe, ao mesmo tempo em que se valoriza a importância histórica e cultural do instrumento como símbolo de resistência africana e afro-brasileira.

Organizações:

Recomenda-se que o grupo responsável pela construção do berimbau tenha acesso prévio aos materiais, a fim de adiantar etapas que demandam mais tempo. Por exemplo, é interessante que a verga já esteja parcialmente descascada (mantendo parte para demonstração em sala), e que o arame esteja previamente lixado especialmente se houver ferrugem e cortado no tamanho adequado ao comprimento da verga (geralmente com 1,5 metros). Os integrantes da equipe devem se organizar em funções específicas e iniciar o preparo demonstrando para toda a classe, seguindo as etapas abaixo:

1º passo – Cabaça: Apresentar a cabaça ainda em seu estado bruto. Um dos alunos realiza o corte, retira as sementes (que devem ser guardadas para possível replantio) e faz a limpeza interna, iniciando também o lixamento externo e da borda da abertura.

2º passo – Arame: Outro estudante apresenta o arame já cortado no tamanho ideal e inicia o processo de lixamento, se necessário.

3º passo – Verga: Alunos designados realizam o descasque completo da verga, seguido do lixamento e aplicação de verniz.

4º passo – Montagem: Com a cabaça e a verga preparadas, é feita a colocação do arame e a fixação da cabaça à verga.

5º passo – Finalização: Finalizar com a aplicação de verniz tanto na verga quanto na cabaça, conferindo acabamento e durabilidade ao instrumento.

Segue link de indicação para o processo de construção do berimbau que pode ser disponibilizado aos estudantes <https://www.youtube.com/watch?v=3D5jDYdgK5E&t=986s>. A Imagem abaixo mostra o passo a passo.

Imagem 5- Passo a passo da construção do berimbau.



Fonte: Produzido pela própria autora (2024).

SEXTO MOMENTO

ATIVIDADE

Tubos sonoros

Objetivo: Demonstrar ondas em uma corda

Orientações:

Objetivo: Compreender o papel da cabaça do berimbau como caixa de ressonância, analisando seu funcionamento a partir dos princípios da acústica, em especial a teoria dos tubos sonoros (abertos e fechados), de modo a relacionar o tamanho da cabaça à frequência e altura dos sons produzidos, reconhecendo sua importância na sonoridade do instrumento e nas variações entre os tipos gunga, médio e viola.

Orientações:

Nesta etapa, o foco principal será a cabaça do berimbau, que funciona como uma caixa de ressonância, amplificando o som produzido pela vibração do arame. É importante que os

estudantes compreendam que a cabaça pode ser analisada como um corpo ressonante, com comportamento acústico semelhante ao de tubos sonoros abertos ou fechados conteúdos estudados na área da acústica.

Para isso, o professor pode iniciar a aula falando de tubos sonoros, explicando a diferença entre os tubos abertos nas duas extremidades e os tubos fechados em uma das pontas. Em seguida, pode desenhar no quadro os esquemas dos dois tipos de tubo e descrever os harmônicos que se formam em cada caso. Essa abordagem permitirá uma comparação direta com o funcionamento da cabaça, estimulando o raciocínio dos alunos sobre como o som se comporta dentro dela.

Assim, ao considerar a cabaça como um tubo sonoro (fechado ou aberto, dependendo da forma como está acoplada à verga e ao corpo do berimbau), os estudantes podem entender como o tamanho influencia diretamente a sonoridade do instrumento. O professor deve destacar que existem três tipos principais de cabaça utilizadas no berimbau: gunga (**maior**), médio (**intermediário**) e viola (menor), cada uma responsável por produzir sons com diferentes alturas mais graves ou mais agudos de acordo com seu tamanho.

SÉTIMO MOMENTO

ATIVIDADE

Objetivo: Demonstrar ondas em uma corda

Orientações:

Para exemplificar a formação de harmônicos, sugerimos a realização do experimento "Onda em uma corda". Abaixo, disponibilizamos um link em vídeo com o passo a passo para a construção do experimento, disponível na plataforma: *YouTube* <https://www.youtube.com/watch?v=84wkaaAf5j8&t=29s>

O ideal é que o grupo responsável por esse experimento já o tenha construído previamente e, no dia da apresentação, apenas explique o processo de montagem e faça a demonstração para a turma, considerando que sua construção demanda tempo. Segue os materiais utilizados, processo de montagem e funcionamento.



Materiais utilizados	Montagem	Funcionamento
<ul style="list-style-type: none">• 2 motores elétricos de corrente contínua (retirados de impressoras em desuso).• Suporte de madeira fino e flexível (funcionando como uma “viga” que pode se deformar).• Fios elétricos para conectar os motores à fonte de energia.• Pilha de 9 volts como fonte de alimentação.• Suporte ou base para fixar a madeira e evitar deslocamento do conjunto.• Interruptor simples (opcional) para ligar e desligar o circuito.	<ul style="list-style-type: none">• O suporte de madeira foi cortado em um formato alongado e fino, para garantir flexibilidade.• Um motor foi fixado em cada extremidade do suporte, de forma alinhada. A fixação pode ser feita com parafusos, fita ou cola quente, garantindo firmeza.• Os dois motores foram conectados em paralelo (ou série, dependendo do efeito desejado) por meio de fios, para receberem energia simultaneamente.• Os fios foram ligados aos terminais da pilha de 9V. Se usado um interruptor, ele foi colocado em série no circuito para controlar o acionamento.• Em alguns casos, é colado um pequeno peso excêntrico no eixo dos motores (como uma porca ou arruela), para gerar vibração quando eles girarem.	<ul style="list-style-type: none">• Ao ligar a pilha, os motores começam a girar.• Caso possuam um peso excêntrico no eixo, eles produzem vibrações.• Como o suporte é flexível, as vibrações de cada extremidade podem interagir, criando ondas mecânicas visíveis ao longo da madeira.• Dependendo da frequência gerada pelos motores e das propriedades da madeira, é possível observar ressonância (aumentando a amplitude de oscilação) ou padrões vibratórios semelhantes a modos normais de vibração.

Vale destacar que alguns integrantes da equipe já possuíam conhecimentos prévios sobre circuitos elétricos, adquiridos em aulas de robótica em anos anteriores. Também é importante mencionar que o experimento que realizamos foi inspirado no vídeo indicado, porém optamos por uma versão mais simples, sem a utilização de alguns componentes eletrônicos apresentados na proposta original.

Para a observação da formação de harmônicos, é essencial que as extremidades da madeira, onde o barbante está preso em ambos os lados, sejam móveis. Isso permite ajustar o comprimento da corda e visualizar diferentes padrões de harmônicos durante o experimento. A seguir, apresentamos algumas imagens do experimento realizado na Imagem 6.

Imagem 6- Experimento sobre ondas estacionárias



Fonte: Produzido pela própria autora (2024).

Para enriquecer ainda mais toda a proposta, sugerimos a realização de uma encenação teatral sobre Manoel Henrique Pereira, conhecido como Besouro Mangangá. O objetivo é evidenciar a representatividade de Besouro, que, no início do século XX, se consolidou como um dos maiores símbolos da capoeira baiana e da resistência negra. A abordagem de Besouro enriquecerá as aulas de acústica, que estão explorando os conceitos físicos presentes no berimbau, principal instrumento da capoeira. Ao integrar a prática do berimbau com os conteúdos de física, busca-se não apenas fortalecer a conexão dos alunos com a disciplina, mas também valorizar e resgatar a importância da cultura africana e afro-brasileira no contexto educacional. Além disso, a Lei 10.639, promulgada em janeiro de 2003, marcou um momento histórico na luta antirracista da educação no Brasil, ao alterar a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/1996), tornando obrigatório o ensino da história e da cultura africana e afro-brasileira nos currículos de instituições públicas e privadas, em todos os níveis e modalidades da educação brasileira.

Orientamos que os estudantes responsáveis pela encenação assistam ao filme disponível no link <https://www.youtube.com/watch?v=7J4T8enS0oc> e selecionem, em conjunto, um trecho de sua preferência para apresentar uma encenação com duração média entre 5 e 10 minutos. Recomendamos, ainda, que os demais colegas da turma também tenham acesso ao filme para assisti-lo fora do horário de aula, como forma de aprofundar o conhecimento sobre a trajetória de Besouro Mangangá e ampliar a compreensão da proposta.

OITAVO MOMENTO

1º ATIVIDADE:

Atividade prática com canos de PVC

Objetivo: Analisar a produção de sons em tubos sonoros abertos e fechados, por meio da utilização de canos de PVC, e estabelecer uma comparação com o funcionamento acústico da cabaça do berimbau como caixa de ressonância.

Orientações:

Para a realização deste experimento, recomenda-se a utilização de dois canos de PVC com diâmetro de 50 mm: um com 60 cm de comprimento e outro com 26 cm, além de um tampão, que permitirá testar o comportamento dos tubos tanto abertos quanto fechados, conforme ilustrado na Imagem 7.

Imagem 7- Tubos sonoros de PVC



Fonte – Produzida pela própria autora (2024).

1º Passo: Solicite a um estudante que sopre os dois canos, com ambas as extremidades abertas. Os demais deverão observar se há variação na tonalidade do som emitido.

2º Passo: Em seguida, peça ao mesmo estudante que repita o procedimento, agora com os canos tampados em uma das extremidades, e comparem as diferenças sonoras percebidas.

3º Passo: Relacione o comprimento dos tubos, o tipo de extremidade (aberta ou fechada) e a frequência do som gerado, estabelecendo uma comparação com o funcionamento da cabaça do berimbau como caixa de ressonância.

2º ATIVIDADE:

CONTEXTO CULTURAL E EDUCACIONAL SOBRE O BERIMBAU

Após a realização das atividades propostas anteriormente, este oitavo momento da sequência didática pode ser encerrado com uma atividade reflexiva, na qual os estudantes deverão responder a questões que envolvem tanto os aspectos físicos presentes no funcionamento do berimbau quanto sua inserção histórica e simbólica na cultura afro-brasileira.

Seria importante que o professor organize ao seu critério uma lista de exercícios ou atividade com questões sobre tubos sonoros.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

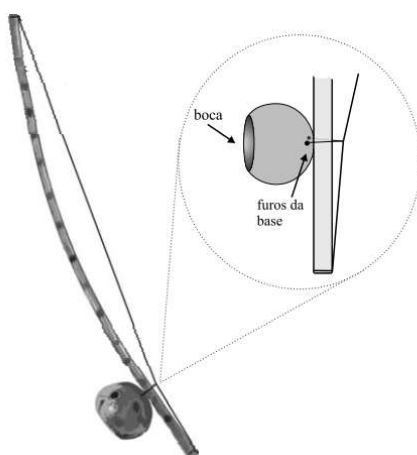
FÍSICA E O BERIMBAU



Objetivo: O objetivo dessa atividade é explorar a física envolvida no funcionamento do berimbau, um instrumento musical tradicional da capoeira, e demonstrar como conceitos científicos como ondas sonoras, ressonância e tensão podem ser aplicados a objetos culturais. Além disso, a atividade busca promover a valorização da cultura africana e afro-brasileira no contexto educacional, destacando a importância de uma abordagem inclusiva e contextualizada no ensino de física, conforme preconizado pela Lei 10.639/2003.

MATERIAIS UTILIZADOS:

1. **Verga:** Uma vara de madeira (tradicionalmente biriba) de cerca de 1,5 a 2 metros de comprimento.
2. **Cabaça:** Um fruto seco (cabaça) que serve como ressonador.
3. **Arame:** Um pedaço de arame de aço ou de pneu, com aproximadamente 1,5 metros de comprimento.
4. **Dobrão:** Uma moeda grande ou uma pedra para pressionar o arame
5. **Baqueta:** Um pedaço de madeira fino para tocar as cordas.
6. **Corda de nylon ou barbante:** Para amarrar a cabaça à verga.
7. **Lixas:** Para ajustar e preparar os materiais.



DISCUSSÕES:

1. Qual é a origem do berimbau e em qual contexto cultural ele é mais frequentemente utilizado?

2. Quais são os três principais tipos de berimbau e como eles diferem entre si, relacionado a capoeira de angola e regional?

3. Explique a importância do berimbau na roda de capoeira.

4. Descreva como a tensão do arame do berimbau influencia o som produzido.

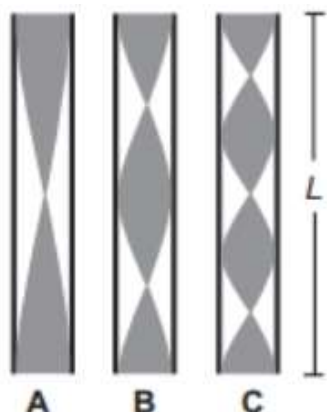
5. Explique o papel da cabaça no funcionamento do berimbau e como ela contribui para amplificar o som. Além disso, especifique se a classificação das cabaças em viola, médio e gunga, com base em seus tamanhos, influencia no som produzido.

6. Descreva a função do dobrão (pedra) no berimbau e como ele é utilizado para modificar o som.

7. Como a forma da verga (arco de madeira) contribui para a produção do som no berimbau?

ATIVIDADE COMPLEMENTAR – EXERCÍCIOS SUGERIDOS

1º) (ENEM) Em uma flauta, as notas musicais possuem frequência e comprimento de onda (λ) muito bem definidos. As figuras mostram esquematicamente um tubo de comprimento L , que representa de forma simplificada uma flauta, em que estão representados: em A o primeiro harmônico de uma nota musical (comprimento de onda λ_A), em B seu segundo harmônico (comprimento de onda λ_B) e em C o seu terceiro harmônico (comprimento de onda λ_C), onde $\lambda_A > \lambda_B > \lambda_C$.



Em função do comprimento do tubo, qual o comprimento de onda da oscilação que forma o próximo harmônico?

- A) $L/4$
- B) $L/5$
- C) $L/2$
- D) $L/8$

QUESTÃO COMENTADA:

Em um tubo aberto, o comprimento de onda pode ser calculado pela relação

$\lambda = 2L/N$, onde N é a ordem do harmônico.

Para o 4º harmônico temos: $\lambda = 2L/N = 2L/4 = L/2$.

2º) Durante uma aula de Física, a professora pediu que os alunos observassem uma simulação de ondas em uma corda e, em seguida, relacionassem com o funcionamento do berimbau, instrumento musical de origem africana utilizado na capoeira. Sabe-se que a velocidade de propagação da onda em uma corda é dada pela relação:

$$v = \lambda \cdot f$$

onde:

- V é a velocidade da onda (m/s)
- λ é o comprimento de onda (m)
- f é a frequência (Hz).

Em uma simulação, foram utilizados os seguintes valores aproximados:

- Frequência: $f=1,99\text{Hz}$
- Comprimento de onda: $\lambda=0,85\text{ m}$

Com base nesses dados, responda:

- Calcule a velocidade de propagação da onda na corda.
-) Explique o que aconteceria com a frequência e com o som do berimbau se o músico aumentasse a tensão da corda.

QUESTÃO COMENTADA:

a) $v=\lambda \cdot f$

$v=0,85 \times 1,99$

$v \cong 1,69\text{ m/s}$

Velocidade da onda: aproximadamente 1,69 m/s.

b) Ao aumentar a tensão, as ondas se propagam mais rapidamente, o que faz a frequência aumentar. Assim, o som do berimbau se torna mais agudo.

3º) (UFRJ-RJ) O grupo brasileiro Uakti constrói seus próprios instrumentos musicais. Um deles consiste em vários canos de PVC de comprimentos variados. Uma das pontas dos canos é mantida fechada por uma membrana que emite sons característicos ao ser percutida pelos artistas, enquanto a outra é mantida aberta. Sabendo-se que o módulo da velocidade do som no ar vale 340 m/s, é correto afirmar que as duas frequências mais baixas emitidas por um desses tubos, de comprimento igual a 50 cm, são:

- 170 Hz e 340 Hz
- 170 Hz e 510 Hz
- 200 Hz e 510 Hz
- 340 Hz e 510 Hz
- 200 Hz e 340 Hz

QUESTÃO COMENTADA:

Letra B

Um tubo sonoro tem uma extremidade fechada e a outra aberta, com comprimento

$L=50\text{ cm}=0,50\text{ m}$.

A velocidade do som no ar é:

$$v=340 \text{ m/s.}$$

Deseja-se determinar as duas frequências mais baixas emitidas pelo tubo.

Tipo de tubo

Tubo com uma extremidade fechada e outra aberta → vibra apenas com harmônicos ímpares (1°, 3°, 5°, ...).

Ou seja:

$$n=1,3,5,\dots$$

2□ - Fórmula da frequência dos harmônicos

$$f_n = \frac{n \cdot v}{4L}$$

onde:

- f_n = frequência do harmônico
- n = velocidade do som,
- L = comprimento do tubo,
- n = número ímpar (1, 3, 5...).

$$f_n = \frac{1.340}{4.0,50}$$

$$f_{n=\frac{340}{2}} \quad f_n = 170 \text{ Hz}$$

3- Cálculo do 3° harmônico

$$f_n = \frac{1020}{2}$$

$$f_n = 510$$

REFERÊNCIAS

ALVES-BRITO, A.; BOOTZ, V.; MASSONI, N. T. **Uma sequência didática para discutir as relações étnico-raciais (Leis 10.639/03 e 11.645/08) na educação científica.** Instituto de Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS.

BRASIL. **Educação antirracista: caminhos abertos pela Lei Federal nº 10.639/03.** Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade, 2005.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 23 jun. 2024.

DINIZ, Flávia Cachinesi. **Capoeira Angola: identidade e trânsito musical.** 2010. Dissertação (Mestrado em Música) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

FARIA, Maressa Carolina Lopes; ARAÚJO, Nayara Cristina Carneiro. **O gingado que vem da África: a capoeira na construção da identidade negra no Brasil.** Periferia, Rio de Janeiro (UERJ), v. 10, n. 1, p. 179–201, jan./jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.12957/periferia.2018.31023>.

GOMES, Nilma Lino. **Relações étnico-raciais, educação e descolonização dos currículos.** Currículo sem Fronteiras, v. 12, n. 1, p. 98–109, jan./abr. 2012. Disponível em: <http://www.curriculosemfronteiras.org>. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física.** 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

KANDUS, Alejandra; GUTMANN, Friedrich Wolfgang; CASTILHO, Caio Mário Castro de. **A física das oscilações mecânicas em instrumentos musicais: exemplo do berimbau.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 75–80, 2006.

LIMA, Diogo de Oliveira; DAMASIO, Felipe. **O violão no ensino de acústica: uma proposta com enfoque histórico-epistemológico em uma unidade de ensino potencialmente significativa.** Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 36, n. 3, p. 818, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2019v36n3p818>.

MARINHO, Nilene Matos Trigueiro; LUCENA, Ricardo de Figueiredo. **Perseguição e resistência à capoeira e às práticas corporais de origem negra em Salvador, nos séculos XIX e XX.** Identidade!, São Leopoldo, v. 29, n. 1, p. 111–133, jan./jun. 2024.

MOTA, Patrícia Lemos. **A música na capoeira regional como elemento de construção identitária.** 2013. Dissertação (Mestrado em Antropologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/24591>. Acesso em: 22 ago. 2025.

OLIVEIRA, Anderson Castro de; VANIEL, Berenice Vahl; CIDADE, Gilian Vinicius Dias. **Ensino de Física: vivências de uma unidade de aprendizagem antirracista em uma escola**

pública de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Revista de Educação Popular, Uberlândia, v. 18, n. 1, p. 54–71, jan./abr. 201?.

PINHEIRO, Bárbara Carine Soares. **Como ser um educador antirracista: para familiares e professores.** 1. ed. São Paulo: Planeta, 2023.

SENZALA – Grupo de Capoeira. **Besouro Mangangá.** Santo Amaro: Grupo Senzala, s.d. Disponível em: [https://senzala.org.br/documentos/Senzala - Besouro Manganga.pdf](https://senzala.org.br/documentos/Senzala_-_Besouro_Manganga.pdf). Acesso em: 16 nov. 2025.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.; FORD, A. Lewis. **Sears and Zemansky's University Physics: with Modern Physics.** 12. ed. San Francisco: Pearson Addison-Wesley, 2008.