



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física



MNPEF

**O QUE NÃO SE PODE VER: UMA PRÁTICA DE ENSINO SOBRE O ESTUDO DE
OSCILAÇÕES E ONDAS PARA DEFICIENTES VISUAIS**

BRUNA ARAUJO FERREIRA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Deise Miranda Vianna

Rio de Janeiro

Fevereiro de 2020

O QUE NÃO SE PODE VER: UMA PRÁTICA DE ENSINO SOBRE O ESTUDO DE
OSCILAÇÕES E ONDAS PARA DEFICIENTES VISUAIS

BRUNA ARAUJO FERREIRA

Orientadora:

Deise Miranda Vianna

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Dr^a. Deise Miranda Vianna – UFRJ (Presidente)

Dr. Hugo Milward Riani de Luna - UFRJ

Dr. André Luís Tato Luciano dos Santos
Colégio Pedro II

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

F383q Ferreira, Bruna Araujo
O que não se pode ver: uma prática de ensino sobre o estudo de ondas para deficientes visuais / Bruna Araujo Ferreira - Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2020.

173 f.: il.;30cm.

Orientadora: Deise Miranda Vianna

Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2020.

Referências Bibliográficas: f. 171-173.

1. Ensino de Física. 2. Ensino por investigação. 3. Deficiente visual. 4. Oscilação. 5. Ondas. I. Vianna, Deise Miranda. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. O que não se pode ver: uma prática de ensino sobre o estudo de ondas para deficientes visuais.

*Dedico esta dissertação ao meu filho João Paulo, e aos
outros que ainda terei.*

Agradecimentos

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, por Seu infinito amor e Sua misericórdia, a Ele toda honra e Glória. Ao Nosso Senhor Jesus Cristo, que nos momentos de desespero e dor, olho para Sua Paixão e Seu amor invade minha alma. Em especial, neste ano, por ter permitido que minha avó passe mais tempo conosco aqui na terra e por colocar uma bênção em meu ventre. Obrigada, Senhor.

Àquela que é bendita entre todas as mulheres e a quem pertencem todos os meus bens, dedico e agradeço à Virgem Santíssima por ter me fortalecido neste ano, me ajudando a passar pelo calvário para ver as glórias da ressurreição.

Aos meus pais, por terem me dado a vida e me criado com tanto amor e dedicação. A eles, que sempre se preocupam comigo e se alegram com minhas conquistas. Agradeço também pela herança que me presentearam, meus irmãos: Beatriz e João Victor.

Aos meus irmãos, por serem sempre fiéis e presentes.

Aos meus avós, Theresinha e Ismael, pessoas ímpares que são exemplos de vida em atitude com o próximo. Obrigada por estarem sempre ao meu lado. Aos meus avós José Maria e Olga que, mesmo não estando mais aqui, sei que velam por mim. Agradeço também aos tios e primos que torcem por mim e me fazem feliz.

Agradeço em particular a ajuda que tive neste ano para cuidar da minha avó após sua saída do hospital. Agradeço a caridade da minha prima Maria Eduarda e dos meus irmãos Beatriz e João Victor pela solicitude neste momento exaustivo.

Ao meu esposo Pedro, com quem escolhi formar minha família, agradeço entre tantos bens, o companheirismo e amor que tem por mim.

À querida professora Deise, que aceitou a orientação deste trabalho, além da dedicação que tem pelos seus alunos e pelo aprendizado que tive ao longo do curso e da orientação. Também pelas reuniões, pelas ideias e envolvimento com o trabalho. Minha imensa admiração.

Ao professor Marcos Gaspar, pelo aprendizado, pela prestatividade e por ser essa pessoa disponível. Agradeço a imensa ajuda neste trabalho, pelas conversas, ideias e dedicação. Muito obrigada.

Aos professores da pós-graduação, pela dedicação e doação ao curso. Foram dias de muito aprendizado e inspiração.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Aos funcionários do Instituto de Física que, de fato, realizaram este trabalho junto comigo. Agradeço ao senhor Valdeci, que construiu todos os materiais em madeira, com perfeição e gentileza, participando de todo processo. Ao senhor Francisco, que nos auxiliou na instalação do balanço e em tantas outras prestezas. Ao Paulo, funcionário do LADIF, que nos ajudou na aula realizada no Instituto, pela sua dedicação. Agradeço também à professora Elis e aos funcionários do LADIF pela visita ao laboratório oferecida aos alunos.

Aos professores André Tato e José Eduardo, na disponibilidade para a aplicação deste trabalho com seus alunos. E em especial ao professor André Tato pela prestatividade e ajuda na aplicação deste trabalho. Agradeço também ao professor e diretor Marcus Vinícius pela autorização na realização do projeto.

Aos alunos que participaram com disponibilidade e alegria, agradeço a troca de experiências.

À amiga Glaucemar, pela lealdade e companheirismo na vida e no curso.

Aos demais amigos e colegas de curso, que tornaram a caminhada mais leve e proveitosa.

RESUMO

O QUE NÃO SE PODE VER: UMA PRÁTICA DE ENSINO SOBRE O ESTUDO DE ONDAS PARA DEFICIENTES VISUAIS

Bruna Araujo Ferreira

Orientadora:

Deise Miranda Vianna

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O Ensino de Física para alunos com deficiência visual precisa explorar tantos sentidos quanto possível, de maneira que cada percepção o ajude a completar a compreensão dos fenômenos da natureza. A Física Ondulatória, em particular, é uma área importante da Física e sua aprendizagem é intrínseca e exaustivamente visual. Nesse trabalho, elaboramos um material didático e propomos uma sequência de três aulas que levam o aluno do ensino médio, com ou sem deficiência visual, a compreender que a onda é um processo de transferência de energia entre osciladores interligados. Se isto é mal compreendido, não se pode dizer que se entende bem qualquer fenômeno ondulatório. A estrutura e o desenvolvimento das aulas, aplicados em uma escola pública federal, estão relatados e comentados neste trabalho. O conteúdo parte da oscilação de um pêndulo, passando pelos ciclos oscilatórios e finalmente abarcando a definição de onda, utilizando a perspectiva do ensino por investigação. Todos os fenômenos são apresentados com materiais especificamente construídos para este fim e estão descritos ao longo do texto. As atividades foram organizadas em aulas, aplicadas com um grupo de alunos deficientes visuais e foram gravadas e transcritas neste trabalho.

Palavras-chave: Ensino de Física, deficiente visual, oscilação, ondas, ensino por investigação

Rio de Janeiro

Fevereiro de 2020

ABSTRACT

WHAT CANNOT BE SEEN: AN APPROACH OVER OSCILLATION AND WAVES STUDY FOR VISUALLY IMPAIRED STUDENTS.

Bruna Araujo Ferreira

Supervisor:

Deise Miranda Vianna

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The teaching of physics for visually impaired students needs to explore as many senses as possible, in a way that each perception helps them to complete their understanding of nature's phenomena. Wave Physics, particularly, is an important area of physics and its learning is intrinsic and exhaustively visual. In this work, It was elaborated a didactic material and proposed a sequence of three classes that leaded high school students, with or without visual impairment, to understand that the wave is a process that transfer energy through interconnected oscillator. If this is misunderstood, it's not possible to say what any wave phenomenon means. The structure and development of the classes, applied in a federal public high school, are related and commented in this work. The content of the oscillation of a pendulum, passing through the oscillatory cycles and finally encompassing the definition of wave, using the perspective of teaching by investigation. All phenomena are presented with specific materials constructed for this purpose and related throughout the text. The activities were organized in classes, applied with a group of visually impaired students and recorded and transcribed in this work.

Keywords: Physics education, Teaching by investigation, Visually impaired, Swings, Waves

Rio de Janeiro

February, 2020

Sumário

CAPÍTULO 1	11
INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	11
CAPÍTULO 2	15
ENSINO DE FÍSICA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL	15
2.1 DA DEFICIÊNCIA VISUAL	15
2.2 DA INCLUSÃO	15
2.3 DO PAPEL DO PROFESSOR	19
2.4 CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS NOS CEGOS	23
CAPÍTULO 3	25
METODOLOGIA	25
3.1 ATIVIDADES INVESTIGATIVAS.....	26
3.2 DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA	28
3.3 DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA INTERATIVA.....	28
3.4 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....	29
3.5 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO PARA CEGOS	30
CAPÍTULO 4	31
OSCILAÇÕES E ONDAS	31
4.1 PÊNDULO SIMPLES.....	31
4.2 OSCILADOR HARMÔNICO	33
4.3 GRÁFICO POSIÇÃO VERSUS TEMPO DO OSCILADOR.....	34
4.3 ONDAS PERIÓDICAS.....	35
CAPÍTULO 5	38
CONFECÇÃO DE MATERIAIS	38
5.1 BALANÇO	38
5.2 MOLA	39
5.3 OSCILÓGRAFO MANUAL	40
5.4 CONJUNTO DE PÊNDULOS INTERLIGADOS.....	44
5.5 BOLINHAS FLUTUANTES.....	46
5.6 CAIXA DE ONDAS.....	46
CAPÍTULO 6	49
DESENVOLVIMENTO DAS AULAS	49
6.1 ROTEIRO AULA 1 – OSCILAÇÃO	50
5. 2 ROTEIRO AULA 2 – CICLOS OSCILATÓRIOS	54
5. 3 ROTEIRO AULA 3 – ONDA.....	56

CAPÍTULO 7.....	61
COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	61
7.1 AULA 1.....	61
7.1.1 <i>Episódio 1.1.....</i>	<i>61</i>
7.1.2 <i>Episódio 1.2.....</i>	<i>63</i>
7.1.3 <i>Episódio 1.3.....</i>	<i>64</i>
7.1.4 <i>Episódio 1.4.....</i>	<i>65</i>
7.1.5 <i>Episódio 1.5.....</i>	<i>68</i>
7.1.6 <i>Episódio 1.6.....</i>	<i>69</i>
7.1.7 <i>Episódio 1.7.....</i>	<i>71</i>
7.1.8 <i>Episódio 1.8.....</i>	<i>73</i>
7.1.9 <i>Episódio 1.9.....</i>	<i>74</i>
7.1.10 <i>Episódio 1.10.....</i>	<i>75</i>
7.1.11 <i>Episódio 1.11.....</i>	<i>78</i>
7.1.12 <i>Episódio 1.12.....</i>	<i>79</i>
7.1.13 <i>Episódio 1.13.....</i>	<i>83</i>
7.2 AULA 2.....	84
7.2.1 <i>Episódio 2.1.....</i>	<i>85</i>
7.2.2 <i>Episódio 2.2.....</i>	<i>86</i>
7.2.3 <i>Episódio 2.3.....</i>	<i>88</i>
7.2.4 <i>Episódio 2.4.....</i>	<i>92</i>
7.2.5 <i>Episódio 2.5.....</i>	<i>95</i>
7.2.6 <i>Episódio 2.6.....</i>	<i>98</i>
7.2.7 <i>Episódio 2.7.....</i>	<i>99</i>
7.2.8 <i>Episódio 2.8.....</i>	<i>99</i>
7.3 AULA 3.....	103
7.3.1 <i>Episódio 3.1.....</i>	<i>104</i>
7.3.2 <i>Episódio 3.2.....</i>	<i>122</i>
7.3.3 <i>Episódio 3.3.....</i>	<i>130</i>
7.3.4 <i>Episódio 3.4.....</i>	<i>146</i>
7.3.5 <i>Episódio 3.5.....</i>	<i>147</i>
7.3.6 <i>Episódio 3.6.....</i>	<i>149</i>
CAPÍTULO 8.....	152
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	152
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	154

Capítulo 1

Introdução e Justificativa

No ensino de Física, os professores definem, à luz da ciência, conceitos, muitas vezes fenômenos, que já foram observados na vida cotidiana do aluno, mas que têm outro significado de fato. Desse modo, o docente utiliza modelos e analogias para representar, da melhor maneira possível, o fenômeno físico e seus efeitos.

Contudo, vemos que os conceitos de fenômenos invisíveis são representados através de exposições visíveis (CAMARGO, 2012). Então, como ensinar conceitos visíveis ou não visíveis a pessoas que nunca tiveram o sentido da visão? Da mesma forma que o professor se preocupa com as representações ao explicar como a Física conceitua as ondas eletromagnéticas ou o átomo, que ninguém vê, ele precisa preparar materiais e recursos didáticos para o deficiente visual, com a intenção de fornecer a mesma quantidade de informações destinadas aos alunos videntes.

O Ensino de Física para alunos com deficiência visual tem avançado e preenchido cada vez mais lacunas que existem há muito tempo. Desenvolver materiais e formas de aplicá-los ainda tem sido um desafio aos professores de Física, limitados pelo tempo e habilidade muitas vezes.

A criação no Brasil do Instituto Benjamin Constant, no ano de 1854, foi um marco para o desenvolvimento e inclusão das pessoas com deficiência visual na sociedade. A fundação forma anualmente centenas de alunos e fornece alguns cursos profissionalizantes. Mais de um século se passou desde sua criação e políticas públicas não ampliaram pelo país este modelo de instituição.

Em 1996, numa tentativa de ampliar a inclusão de pessoas com deficiência, foi incluída à lei 9.394 uma imposição às escolas públicas ou particulares, de aceitar a matrícula de estudantes com necessidades específicas, transferindo a responsabilidade da inclusão às escolas, criando assim uma demanda a ser resolvida pelo corpo docente. Muitos professores se sentiram intimidados ao encontrar em suas turmas, alunos com necessidades particulares. Felizmente uma parte dos professores tomou para si o desafio de buscar maneiras de adaptar o conteúdo para que todos seus alunos aprendessem sua disciplina. Entre os professores de Física, destacam-

se os trabalhos que serviram de inspiração e motivação para este: Azevedo (2012), Nunes (2013) e a autora deste, Ferreira (2015). Encontra-se na literatura outros trabalhos como: Camargo (2012) e Barbosa-Lima (2013).

Em seu Trabalho de Conclusão de Curso, a autora desta dissertação elaborou uma sequência de aulas nas quais aplicou materiais desenvolvidos para apresentar o fenômeno do Efeito Doppler, a fim de explicar a expansão do universo para alunos com deficiência visual. Contudo, percebeu-se a necessidade de um aprofundamento do conceito físico “Onda”, antes que o aluno possa dar qualquer passo em relação aos fenômenos ondulatórios. Apresentar os tipos de onda, formatos e características, como esse e outros trabalhos fazem, não é ensinar Física Ondulatória.

Desse modo, é de singular importância uma solidez na definição dos conceitos ondulatórios básicos para que o aluno com deficiência visual consiga compor uma estrutura bem clara e definida do comportamento ondulatório, para então receber conceitos mais complexos, como os fenômenos ondulatórios.

Um estudo sobre ondas deve ser, sobretudo, dinâmico. Um estudante, ao folhear as páginas do livro didático no capítulo de Física Ondulatória, ao ver as imagens de ondas na corda, na praia ou na superfície de um lago, é capaz de fechar os olhos e trazer à memória um filme revelando a mesma imagem em movimento. Desse modo, é relativamente fácil explicar algumas características utilizando o recurso da memória visual. Uma adaptação de uma fotografia estática de uma onda senoidal em relevo não revela a natureza da onda, e com isso, reduz todo o significado a um grupo de imagens que não apresenta nada além de curvas.

Os osciladores que transmitem a informação da perturbação ao longo de um meio, possuem período, frequência e essa perturbação demora um certo tempo para ir de um ponto a outro, dependendo da composição do meio. Todos esses conceitos são, portanto, conceitos cinéticos. Entendeu-se, deste modo, que o professor precisa explorar, com esses estudantes, suas percepções sensoriais, tanto quanto possível, a fim de ampliar a compreensão do conceito que se deseja estudar.

Masini (1994) faz uma crítica ao referencial visual que é geralmente usado em trabalhos para deficientes visuais, alegando não ser próprio dos alunos.

Não seria possível pensar de uma outra maneira? (...) Por que não perguntar como é o pensar daquele que aí está e não é vidente? (MASINI, 1994: 81)

Desse modo, entendendo que a aprendizagem da Física ondulatória é intrínseca e exaustivamente visual, pretende-se com este trabalho, trazer ao aluno com deficiência visual, uma ampliação do entendimento de alguns conceitos básicos da Física Ondulatória, a fim de que posteriormente exista uma base para a construção de conceitos mais profundos. Deste modo, esse trabalho propõe uma sequência de três aulas, iniciando pela oscilação de um pêndulo, passando pelos ciclos oscilatórios e finalmente abarcando a definição de onda, utilizando a perspectiva do ensino por investigação. Os materiais foram pensados de maneira que fossem interativos, permitindo a manipulação pelos alunos e para a verificação de hipóteses que poderiam surgir.

O objetivo deste trabalho é que o aluno com ou sem deficiência visual compreenda que a onda é um processo de transferência de energia entre osciladores interligados pois, se isto é mal compreendido, não se pode dizer que se entende bem qualquer fenômeno ondulatório. Então, faz-se necessário evidenciar este ponto, investigando de maneira interativa, como o período de oscilação interfere no quanto a onda se deslocará em cada unidade de tempo. A autora notou uma dificuldade na interpretação desta relação, mesmo em alunos videntes, por isso, na terceira aula desta sequência, pode-se observar que é chamada atenção para esta ligação.

Por isto, o leitor irá perceber que esta proposta de sequência didática pode ser trabalhada de maneira muito proveitosa com alunos videntes. Todos os materiais podem ser utilizados com diferentes turmas, como alguns o foram na prática docente da autora. Embora não tenha sido testado, acredita-se que os mesmos materiais são suficientemente lúdicos para alunos com outros tipos de deficiência.

O capítulo a seguir é dedicado à questão do Ensino de Física para deficientes visuais. Nele, o leitor encontrará as definições de cegueira e baixa visão e alguns aspectos da inclusão de pessoas cegas no Brasil. Além disso, discorreu-se sobre o papel do professor de Física no ensino inclusivo de deficientes visuais, bem como alguns olhares sobre a aquisição de conceitos das pessoas cegas.

No terceiro capítulo, discorre-se sobre a metodologia usada neste trabalho. O método investigativo também é adaptado às circunstâncias específicas do grupo de alunos.

O quarto capítulo aborda sobre os tópicos teóricos trabalhados na sequência de aulas proposta.

O quinto capítulo relata a escolha e construção dos materiais utilizados nas aulas. O professor poderá reproduzir os materiais ou adequar outros, adaptando-os à sua realidade.

No sexto capítulo, se apresenta a sequência didática para a reprodução das três aulas propostas. Aí se encontrarão os roteiros, que serão utilizados pelo professor, com uma série de perguntas no estilo investigativo, que o professor poderá utilizar durante as aulas. Essas perguntas foram pensadas de maneira a estimular a curiosidade do aluno e a interação deste com os materiais.

No sétimo capítulo, estão registradas as três aulas realizadas com um grupo de quatro alunos deficientes visuais: três cegos e um com baixa visão. Todos eles da mesma turma da 2ª série do Ensino Médio de um colégio público federal no estado do Rio de Janeiro. Deve-se observar, pelas transcrições das falas, que o roteiro proposto foi seguido, mas as respostas, perguntas e hipóteses dos alunos não eram previstas com exatidão. Portanto, ao roteiro, foram acrescentadas outras questões propostas pela professora, autora do trabalho.

No último capítulo, apresenta-se a reflexão sobre os resultados obtidos.

Capítulo 2

Ensino de Física para pessoas com deficiência visual

2.1 Da deficiência visual

Há que se esclarecer uma dúvida muito recorrente: o termo “deficiência visual” não é um eufemismo para cegueira. No Decreto nº 5.296 de dezembro de 2004 são consideradas pessoas com deficiência visual, as pessoas cegas e as que possuem baixa visão (BRASIL, 2004).

É considerada cega, a pessoa cuja acuidade visual é igual ou menor que 20/400 (5%) no melhor olho, com a melhor correção óptica. Ou seja, vê a 20 metros de distância, aquilo que uma pessoa de acuidade comum veria à 400 metros de distância. Legalmente, o termo cegueira não é ausência de visão. Pessoas com acuidade menor que a estabelecida, são consideradas cegas, mesmo que sejam capazes de ver vultos.

Para ser considerada pessoa com baixa visão, sua acuidade visual no melhor olho, com correção óptica deve estar entre 30% e 5%, ou ainda, quando o somatório do campo visual das duas vistas for igual ou inferior a 60°, ou mesmo a ocorrência simultânea de quaisquer condições anteriores.

2.2 Da inclusão

A tentativa de inclusão das pessoas com deficiência visual no Brasil, vem desde o período Imperial. Em 17 de setembro de 1854, através do decreto Imperial nº 1.428, foi inaugurado o Imperial Instituto dos Meninos Cegos, pelo Imperador D. Pedro II.

O Instituto Benjamin Constant nasceu do sonho de um adolescente chamado José Álvares de Azevedo que, em 1850, decidiu iniciar uma verdadeira cruzada no Brasil em prol das pessoas fadadas à exclusão social pelo fato de não enxergarem.

Cego de nascença, inteligente e filho de uma família abastada do Rio de Janeiro, o menino José foi enviado à França, aos 10 anos de idade, para estudar na única instituição especializada no ensino de cegos do mundo – o Real Instituto dos Meninos Cegos de Paris. Lá, ele teve contato com uma

tecnologia que viria a revolucionar não só a vida dele como a dos cegos de todo o mundo - o Sistema Braille de leitura, criado pelo educador francês Louis Braille, em 1825. (Almeida, 2019)

Aos 16 anos, José volta ao Brasil como o primeiro cego a exercer a função de professor no País. Publica artigos nos principais jornais da época sobre a importância da independência que o sistema Braille pode dar aos cegos.

Foi como professor da filha do médico da Corte Imperial, Francisco Xavier Sigaud, que Azevedo conseguiu uma audiência com o Imperador Pedro II, que ficou vivamente impressionado com a demonstração do código Braille. Álvares de Azevedo propôs a criação de uma escola aos moldes da escola parisiense.

Contudo, a inauguração aconteceu, quatro anos mais tarde, sem a presença de Álvares de Azevedo, pois seis meses antes, foi vítima de tuberculose, morrendo aos 20 anos de idade.

O Instituto dos Meninos Cegos, hoje conhecido por Instituto Benjamin Constant, desempenhou e desempenha um importante papel na história do país, integrando à sociedade anualmente, centenas de crianças e jovens, que estariam fadados à exclusão social há mais de 160 anos. Institutos nesses moldes deveriam ter sido espalhados pelo Brasil e políticas públicas deveriam ter tomado conta e ampliado a potencialidade desse Instituto, a fim de proporcionar mais estrutura e aumentar cada vez mais o currículo dos jovens que por lá passam. Atualmente, o instituto conta com cursos técnicos, grupo de canto coral e desenvolve muitas pesquisas e trabalhos para todo o país, mas ainda não possui todo o ensino básico. A passagem dos jovens pelo Instituto se encerra, quando concluem o 9º ano do Ensino Fundamental, e de lá, vão para outros colégios, como o Colégio Pedro II, que possui 8 unidades no Estado do Rio de Janeiro, recebendo grande parte dos alunos para a conclusão do Ensino Médio.

Apesar do Instituto Benjamin Constant receber alunos de todo o país, milhares de famílias não tem condições de deslocar seus filhos cegos para o Rio de Janeiro, desse modo, o Instituto não abrange toda a população brasileira. Institutos como esse, deveriam ser financiados pelo poder público, para o melhor desenvolvimento de crianças com essa necessidade, tal é o papel dele na formação básica desses alunos.

Em 1996, foi implementada uma política pública, na tentativa da inclusão educacional de pessoas com necessidades especiais em todo o território brasileiro, a partir da lei 9.394, de dezembro de 1996, em seu artigo 60, que versa:

Art. 60º ...

(...)

Parágrafo único. O poder público adotará, como alternativa preferencial, a ampliação do atendimento aos educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação na própria rede pública regular de ensino, independentemente do apoio às instituições previstas nesse artigo. (BRASIL, 1996)

E da lei 11.494 de junho de 2007 que diz:

Art. 9º...

(...)

Serão consideradas, para a educação especial, as matrículas na rede regular de ensino, em classes comuns ou em classes especiais de escolas regulares, e em escolas especiais ou especializadas. (BRASIL, 2007)

Desse modo, podemos observar a inflamação do número de matrículas nos anos que sucederam esta lei. O gráfico a seguir mostra a evolução do número de matrículas de alunos com deficiência na Educação Básica a partir da lei nº 9.394. Fica evidente a importância das políticas públicas no âmbito escolar no crescimento das matrículas em escolas regulares, e sobretudo o aumento do número geral de matrículas dessas pessoas (Gráfico 1).

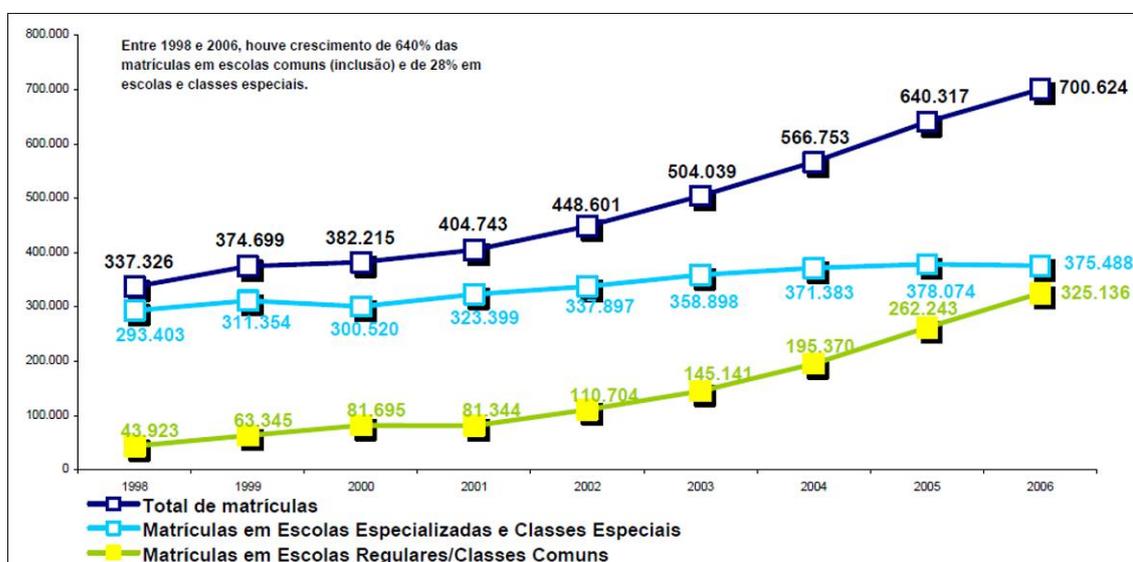


Gráfico 1: Evolução de matrículas do alunado com deficiência na Educação Básica – Brasil, 1998 a 2006.

Fonte: Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva MEC 2007)

Segundo os dados do censo escolar 2012, o número de registros de alunos com necessidades especiais na rede regular de ensino cresceu aproximadamente 14 vezes desde 1998. Ou seja, em 14 anos, o número de alunos matriculados aumentou 1.413%. O número de pessoas que precisam dessa inclusão sempre foi grande, visto a inserção dessa quantidade de alunos nas redes regular de ensino, em tão pouco tempo.

A inclusão efetiva-se por meio de três princípios gerais: a presença do aluno com deficiência na escola regular, a adequação da mesma às necessidades de seus participantes, e a adequação, mediante o fornecimento de condições, do aluno com deficiência à sala de aula (Sasaki, 1999) apud (Camargo, 2012).

Para que tenhamos uma verdadeira inclusão, faz-se necessário um conjunto de iniciativas. Embora o número de alunos com necessidades específicas tenha aumentado, o governo não preparou anteriormente as estruturas físicas e curriculares dessas escolas, criou apenas um problema, a princípio, assustador, para os profissionais da educação. As leis criaram a demanda e, por consequência, alguns professores tomaram para si a responsabilidade da inclusão dessas crianças. Percebe-se aos poucos um movimento de ação em prol da inclusão desses deficientes na sociedade escolar, nas disciplinas, no convívio com os colegas e funcionários da escola.

Muitos professores ficam intimidados frente a essa situação e a encaram como um desafio que poderá ocupar ou atrapalhar a sua produtividade no trabalho. Mas, felizmente, alguns abraçaram o desafio e abriram caminho para outros professores.

Por conta dessa entrada de alunos deficientes nas escolas regulares, mesmo sem estrutura para recebê-los, ocorreu um crescimento no número de trabalhos acadêmicos direcionados a esse público de alunos e, conseqüentemente, uma inclusão mais efetiva começou a acontecer nesses ambientes.

Em contraponto, em experiência profissional pessoal, foi possível perceber que, em classe de aula regular, a inclusão dos alunos deficientes visuais não se dá em sua totalidade. Em um colégio da rede federal, no município do Rio de Janeiro, o mesmo em que foi realizada a pesquisa, o aluno cego assiste todas as aulas regulares, com a mesma carga horária dos alunos videntes, e tem um reforço das disciplinas no

contraturno. Acontece que, ele assiste quatro tempos semanais de Física com a classe, e tem apenas metade desse tempo de reforço, para então receber todo o conteúdo que não foi disponibilizado a ele na aula regular. De maneira geral, nas disciplinas em que se faz necessário uma explicação visualmente detalhada, o professor não é capaz de dar total atenção a este estudante, como na aula de reforço. Outrossim, o aluno fica ocioso em grande parte das aulas, e os tempos de reforço não são suficientes para repor o conteúdo. A ausência desse conteúdo, ainda que não seja cobrado em prova adaptada, prejudicará sua formação.

Desta forma, a inclusão na rede regular de ensino ainda precisa ser aperfeiçoada em estrutura curricular, tanto na quantidade de horas de reforço, quanto na adequação do currículo a cada necessidade específica.

Da experiência docente que a autora deste trabalho teve contato em escola federal, percebeu em alunos pregressos do Instituto Benjamim Constant, uma defasagem em matemática e construção de fórmulas. Talvez, uma redução do número de alunos nas turmas e dedicação especial nessa disciplina, possa fazer com que o aluno cego amplie suas potencialidades.

2.3 Do papel do professor

Façamos o exercício mental de se colocar neste personagem: você optou por cursar Licenciatura em Física, e entre alegrias e dificuldades concluiu o curso. Agora você é docente em uma escola, e está tendo a oportunidade de colocar em prática tudo o que aprendeu na teoria. No primeiro dia de aula, você percebe que em meio aos 35 alunos, um deles é cego. E agora? Como fazer este aluno compreender essa disciplina tão cheia de fenômenos?

Esta é a realidade dos professores recém-formados. A maioria não teve a oportunidade de trabalhar com alunos deficientes em sua formação, e de repente, se depara com este desafio. Diante desta cena, há dois caminhos: ignorar a existência da deficiência, e simular uma adaptação das provas, selecionando questões superficiais para o aluno e até mesmo, dar pontuação para que este não reprove, ou se colocar no lugar deste aluno e se esforçar para adaptar o conteúdo da sua disciplina

de forma que ele possa compreender melhor os fenômenos à sua volta. A segunda opção dá muito mais trabalho, mas, felizmente, alguns professores tem feito isso.

Aqui, é defendida uma formação de base para todos. Todos os estudantes de graduação, não só os licenciandos, deveriam ter contato com pessoas deficientes e trabalhos realizados para esse público, de modo que possam identificar a melhor maneira de educar e incluí-las, aproveitando o máximo de suas potencialidades. O estágio em pesquisa com pessoas deficientes daria um olhar diferente aos futuros profissionais, que se depararão em vários momentos com alunos, clientes ou pacientes deficientes em sua vida profissional. Uma estrutura de base poderá verdadeiramente incluir todas as diferenças na sociedade.

O mundo do deficiente visual não é tão diferente do vidente, mas possui certas especificidades. Hoje, já temos muitos trabalhos no Ensino de Física para cegos, mas ainda há muitas lacunas a preencher.

(...) como planejar e conduzir atividades de ensino de Física que deem conta de atender o que é comum e o que é específico entre os alunos cegos, com baixa visão e videntes? Esse é um grande problema enfrentado por professores de Física que recebem em suas salas de aula alunos com deficiência visual. (CAMARGO, 2016)

Camargo percebe em sua pesquisa com licenciandos em Física o recorrente problema dos futuros professores, que se deparam com alunos deficientes visuais nas salas de aula. Camargo explica um problema que ele chama de modelo *quarenta mais um*, onde o professor pensa que terá que construir dois materiais, para preparar suas aulas, um para a turma, os quarenta alunos, e outro para o deficiente visual, sendo um trabalho adicional. Esse problema tem origem na formação docente, que não trabalha as semelhanças e diferenças entre os estudantes.

O vermelho para o cego - expressa-se ele (F. Hitshmann) - tem a mesma relação de significação que para o vidente, ainda que isto para ele possa ser somente um objeto de significação e não de percepção. O preto e o branco em sua compreensão, são tão opostos como os vê o vidente, e sua importância como relações entre os objetos tampouco é menor... (HITSHMANN apud VYGOTSKI, 1997)

Vygotski (1997), no capítulo: El niño ciego, de Obras Escogidas, discorre sobre a argumentação de Hitshmann, sobre a semelhante percepção das coisas pelos

cegos e videntes. Embora o cego congênito nunca tenha percebido a cor “vermelha”, a palavra “vermelho” representa o mesmo significado conceitual para videntes e não videntes, pois a palavra é carregada de sentido, e para ambos, tem o mesmo significado. Assim como a expressão preto e branco, mesmo sem ser percebida pelo sentido da visão, é uma ideia antagônica, a visão desse par de cores expressa essa oposição.

A reflexão de Camargo e Hitshmann nos atenta para o fato do que une o mundo do cego e do vidente: a linguagem. Embora o professor de Física não possa reproduzir a sensação do arco íris ao seu aluno deficiente visual, ele pode chegar o mais próximo disto, explicando a natureza da cor.

Nunes (2013) criou um código de cores para explicar a refração do arco íris para seus alunos. Neste código, ela usa 7 texturas diferentes para representar os 7 grupos de cores do espectro solar (Figura 2.1).



Figura 2.1: Representação da dispersão da luz branca num prisma feita com cores e texturas diferentes e legenda em Braille

Fonte: Tópicos de óptica para deficientes visuais, Nunes 2013

Dessa forma, o aluno pode entender que da mesma maneira que o tato percebe diferentes sensações, as cores também são sensações no sentido da visão. Além disso, para representar como é a visualização do espectro contínuo, Nunes escolheu

a textura da cor vermelha, para a qual utilizou a textura de uma lixa de parede, e representou num painel tiras de diferentes numerações de granulações de lixas, da mais fina à mais grossa (Figura 2.2). Dessa maneira, o aluno pode perceber, sentindo da primeira à última lixa, que a textura, assim como a sensação de cor, vai sendo transformada aos poucos, mostrando que do vermelho ao laranja, existem ainda milhares de cores e que os olhos dos videntes percebem suavemente essa variação.

Reforça-se aqui que não é possível fazer o aluno sentir o arco íris visualmente, mas por analogia, a professora criou um material que possibilitou explicar vários aspectos da refração. Inclusive, foi possível explicar o aspecto ondulatório da luz, no qual a sensação das cores se dá na retina, quando a luz faz vibrar as células em diferentes frequências. E no caso da refração, o motivo pelo qual, cada cor se desvia mais que a outra, é a interação de cada frequência com o meio.

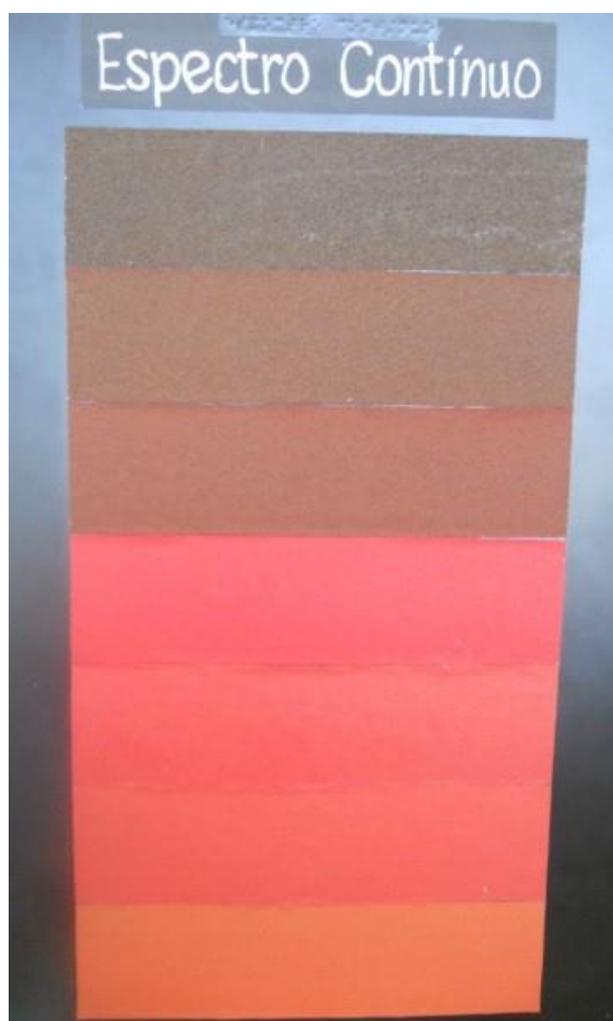


Figura 2.2: Representação do espectro contínuo ampliado em sete tiras de lixas de numeração decrescente

Fonte: Tópicos de óptica para deficientes visuais, Nunes 2013

Toda analogia tem suas imperfeições, e principalmente no ensino de conceitos físicos, faz-se necessária extrema cautela, para que a analogia não carregue conceitos errados do fenômeno que se propõe elucidar.

A física possui vários modelos e representações para interpretá-la: modelo atômico, representações em vetores, de grandezas vetoriais, por exemplo. E para o deficiente visual, o professor deve também criar modelos e representações mais próximo da realidade física para que os alunos possam alcançar as explicações dos fenômenos físicos. Esse é o papel do professor no ensino de física para deficientes visuais: encontrar meios que supram as necessidades da percepção visual, que o aluno não possui para deixá-lo mais próximo dos conceitos, a fim de que entenda corretamente o funcionamento da natureza.

2.4 Construção de conceitos nos cegos

A maior preocupação dos professores ao lecionar para alunos cegos é descobrir em que linguagem falar com eles, de modo que entendam o que está sendo transmitido. Acredita-se que ensinar fenômenos físicos está vinculado à observação visual, já que todo o conhecimento físico foi construído em cima de modelos visuais. Até mesmo o que é invisível é ilustrado de uma forma visualmente compreensível, como por exemplo, os vetores para representar certas grandezas, que são absolutamente abstratas ou as linhas de campo, que ilustram a deformação espacial da gravidade das massas. Isso é compreendido de maneira histórica, onde os registros eram por escrita. Analisando desse jeito, seria natural imaginar que não é possível um cego aprender Física.

Constata-se que, entre as falas dos educadores de cegos, são muito frequentes as que se relacionam à busca de formas alternativas para apresentar objetos e eventos, que se assume serem conhecidos normalmente através da visão. Fica, entretanto, a questão: O que é conhecer? Ver é conhecer? Sentir sensorialmente é conhecer? Uma das respostas correntes na psicologia e no meio educacional relaciona o ato de conhecer à aquisição de conceitos. (BATISTA, 2005)

Conhecer alguma coisa é mais do que ver, evidente. Construir uma ideia acerca de algo é reunir múltiplos conceitos ao redor dele. Batista (2005) esclarece também

que a aquisição de conhecimento se dá ao longo da vida, envolvendo diferentes tipos de interação, levando o ser humano a alcançar diferentes níveis de aprofundamento de conceitos. O conceito de força, por exemplo, é diferente para uma criança de cinco anos, para um adolescente no Ensino Médio, e para um doutor em Física Nuclear.

O verdadeiro conceito é a imagem de uma coisa objetiva em sua complexidade. Apenas quando chegamos a conhecer o objeto em todos os seus nexos e relações, apenas quando sintetizamos verbalmente essa diversidade em uma imagem total mediante múltiplas definições, surge em nós o conceito. (VYGOTSKI, 1997, p. 78)

O Ensino de Física para pessoas cegas é uma ampliação do que já é feito com alunos videntes. A construção de modelos, imagens e analogias para exemplificar e aumentar o número de explicações é a prática habitual do profissional de Física. Para que o aluno cego conheça os conceitos físicos, deve-se aproveitar os sentidos que ele possui para conhecer o mundo e usar a linguagem para diminuir a distância do conceito para a ideia que se tem dele.

A analogia é a semelhança entre coisas ou fatos distintos, e por isso, deve-se buscar fazê-la com muito cuidado, se tratando de explicações de ciências. Por ausência do sentido da visão, os modelos e exemplos que podem ser encontrados se limitam muito a estes alunos, por excluir todo o conteúdo visual. Nesse sentido, faz-se indispensável o uso de tal recurso e deve ser utilizado com cautela.

Capítulo 3

Metodologia

O recurso escolhido para abordar Oscilações e Ondas no presente trabalho foi o método do Ensino por Investigação. Segundo Azevedo (2004), o Ensino de Física e o de ciências, de modo geral, se divide em: teoria, resolução de problemas e aulas práticas. Entretanto, o processo científico trabalha essas três colunas de forma unificada, e não separada como nas aulas regulares. As sequências de ensino investigativas propõem que essas operações sejam mescladas em atividades próprias do processo investigativo científico.

O objetivo é levar os alunos a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas, usando os conhecimentos teóricos e matemáticos. (AZEVEDO, 2004)

Historicamente, o Ensino por Investigação, nas diversas áreas do conhecimento, descende de um ancestral comum: as aulas de laboratório. Segundo DeBoer (2006), as atividades práticas desenvolvidas em laboratório escolar têm papel fundamental nas discussões acerca de como deveria ser aplicada a inclusão do ensino de ciências no currículo escolar. Antes disso, no séc. XIX, o currículo escolar da Europa e dos EUA era pautado na escola clássica, que não levava em conta a lógica indutiva na oferta do ensino de ciências. Dever-se-ia, então, lançar mão de observações empíricas cotidianas.

Ainda para DeBoer (2006), o desenvolvimento pessoal dos indivíduos seria o objetivo principal do Ensino Científico no séc. XIX, o que passava pela familiaridade que este indivíduo deveria apresentar com os fatos cotidianos e pelo treino com o raciocínio indutivo. Segundo o referido autor, a pessoa versada na lógica indutiva seria capaz de desenvolver conclusões de forma independente e a partir de evidências.

O filósofo americano John Dewey é visto como o principal influenciador do Ensino de Ciências, na primeira metade do século XX (Rodrigues & Borges, 2008). Para ele, somente a partir de uma visão de mundo inquieta e insatisfeita com respostas prontas no que tange o ensino de ciências é que seria possível desenvolver uma verdadeira aprendizagem de ciências. E, apesar de acreditar em um único

método aplicável a qualquer experiência científica, ele influenciou muitos educadores. A investigação deve ajudar a considerar nossas impressões passadas à luz do que estamos aprendendo, iluminando possibilidades e nos ajudando a escolher por qual caminho nos aventuraremos da próxima vez (Dewey, 1916).

Foi a partir da década de 50 do século passado que o ensino de ciências começou a ser implementado no Brasil, numa tentativa de acompanhar o desenvolvimento tardio da indústria e da revolução tecnológica pela qual o país passava. Os alunos foram então submetidos e apresentados aos fatos tecnológicos realizados em sua maioria pelos países desenvolvidos – que o Brasil tentava reproduzir. Fatos, porém, prontos. Não lhes fora apresentado o processo de desenvolvimento de tais conhecimentos. Era uma espécie de memorização forçada e sistemática. O que se propõe é uma outra abordagem – mais significativa, que não se limite à manipulação e observação, mas deve conter características de um trabalho científico.

3.1 Atividades Investigativas

As atividades investigativas proporcionam o envolvimento ativo dos alunos, o trabalho em grupo e, dentro dele, questionamentos, estabelecimento de relações entre o conhecimento e os resultados obtidos, sem priorizar a memorização, como de costume nas aulas de ciências (Fernandez, 2012).

Azevedo (2004) salienta que o método de ensino por investigação é sim uma forma de inserir o aluno no processo ensino-aprendizagem. Não ser apenas receptor de informações, mas se sentir inserido no mundo atual, percebendo que os conteúdos ensinados em sala de aula são de suma importância para o seu desenvolvimento, bem como o da sociedade.

O professor deve então ser questionador, sabendo conduzir perguntas, estimular e propor desafios. Ou seja, passa de expositor a orientador do processo de ensino. O aluno deixa de ser um expectador passivo e inerte do ensino, ele faz parte do processo de desenvolvimento do conteúdo. Suas ideias são aproveitadas, seu pensamento é estimulado e inserido no contexto que se busca alcançar.

Para ser considerada investigativa a atividade não deve limitar-se à manipulação e observação, mas conter características de um trabalho científico (Azevedo 2004).

Encarar trabalhos de laboratório como 'projetos de investigação' favorece fortemente a motivação dos estudantes, fazendo-os adquirir atitudes tais como curiosidade, desejo de experimentar, acostumar-se a duvidar de certas afirmações, a confrontar resultados, a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais. (AZEVEDO, 2004)

Lewin e Lomascólo(1998) citam Gil e Castro (1996):

Lista de aspectos que podem ser explorados numa atividade investigativa:

- apresentar situações problemáticas abertas;
- formular perguntas operativas sobre o que se busca;
- considerar a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica e fazer explícitas as preconcepções dos estudantes;
- ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por meio de grupos de trabalho. (GIL E CASTRO apud LEWIN E LOMASCÓLO, 1998)

Ao professor, cabe planejar as atividades investigativas, identificando o objetivo do processo, criar uma situação a ser investigada, escolher perguntas apropriadas e conduzir a aula de maneira que, em grupo, os alunos consigam refletir e argumentar suas próprias explicações acerca do fenômeno. O docente deve cuidar da liberdade dada aos alunos no processo, de modo que não se perca o objetivo de vista. Para isto, os alunos devem estar engajados na situação que está sendo investigada.

Observamos que, quando os alunos têm oportunidade de expor suas ideias, elaborar hipóteses(...) as ideias que surgem nas respostas são diferentes, ficando o professor com a função de acompanhar as discussões, provocar, propondo novas questões e ajudar os alunos a manterem a coerência de suas ideias. (DUSHL, 1998)

Sasseron e Machado (2017) salientam, ainda, o fato de que fazer perguntas aos alunos e não estar atento às respostas não é diferente de um monólogo. É preciso que o professor esteja atento às discussões, para inserir os alunos no contexto da atividade.

Uma atividade investigativa pode ter diferentes formatos: demonstrações investigativas, laboratório investigativo, problemas abertos e leitura investigativa (Sasseron e Machado, 2017).

3.2 Demonstração Investigativa

A atividade pode ser adequada quando há pouco tempo disponível para se explorar determinado conteúdo. Os alunos devem debruçar-se sobre um fenômeno e, ao professor, cabe testar as hipóteses dos alunos e questioná-los para que novas ideias venham à tona. O professor deve encorajar os alunos a defender seus argumentos, justificando seu raciocínio. É importante que o professor organize a exposição das ideias e direcione a investigação.

Experimentar as hipóteses sugeridas pelos alunos é parte importante do processo, pois a partir das verificações, os estudantes conferem se a hipótese está de acordo com a observação e abandonam ou reforçam seus argumentos. O professor, por sua vez, deve planejar essa atividade, levando em conta as diferentes suposições dos alunos diante do exposto, para que haja condições de testar as hipóteses levantadas.

Por fim, as ideias levantadas e testadas devem ser lembradas e com as evidências, estruturar o conceito científico já consolidado.

3.3 Demonstração Investigativa Interativa

Escolheu-se para o presente trabalho o formato de demonstração investigativa com o detalhe para a interação dos alunos com os materiais preparados para as demonstrações. Os materiais foram elaborados de modo que fossem interativos, além de demonstrativos.

Então, além de planejar os materiais, roteiros e disposição das aulas, os experimentos deveriam ser interativos, para que os alunos tivessem a liberdade durante as aulas, de propor hipóteses que poderiam surgir de dúvidas sobre o assunto.

3.4 Alfabetização Científica

O ensino por investigação está abarcado dentro do leque da alfabetização científica, ou “Scientific Literacy”, termo utilizado por Paul Hurd, pela primeira vez em 1958. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais, os PCNs, no que diz respeito aos conhecimentos de Física diz que:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. (BRASIL, 2002, p. 229)

No que concerne às competências e habilidades do ensino de Física, os PCNs listam vários objetivos a serem alcançados no ensino médio. Entre eles:

- Compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos. Compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos.
- Conhecer fontes de informação e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas.
- Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.
- Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.
- Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos.
- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
- Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico. (BRASIL, 2002: 237)

A alfabetização científica tem por objetivo inserir o indivíduo na cultura científica, de modo que ele possa entender as relações dos fatos com o cotidiano e desenvolver seu pensamento acerca do seu papel como cidadão numa sociedade cada vez mais tecnológica.

Sasseron (2010) afirma que um ensino de ciências que almeje uma alfabetização científica deve ser visto como um processo de “enculturação científica”, que promova condições para que os alunos sejam inseridos na cultura científica.

3.5 Ensino por investigação para cegos

Utilizaremos neste trabalho a atividade de demonstração investigativa, na qual o professor traz a análise de um conceito através de uma demonstração de um fenômeno, e ao longo da demonstração são feitas perguntas pré-selecionadas.

Este tipo de atividade tem menor grau de liberdade para os participantes, contudo faz-se necessário as condições de realizá-la, para que o aluno cego ou com baixa visão possa ser guiado por definições e analogias coerentes e não distorcidas dos conceitos científicos.

Assim como em qualquer atividade investigativa, os materiais utilizados precisam mostrar o fenômeno, e estar disponível para que o aluno possa interagir novamente e testar suas hipóteses. Uma demonstração investigativa para um aluno deficiente visual precisa ser interativa, principalmente para o cego congênito, que não possui memória visual para abstrair suposições e tirar suas dúvidas quanto ao experimento.

Um material interativo deve ser elaborado pressupondo suas possibilidades alternativas, para que o aluno e o professor possam manipular e verificar suas teses. Aliás, um material projetado com este objetivo é ideal para qualquer tipo de aula ou turma, pois facilita o trabalho do professor.

Capítulo 4

Oscilações e ondas

As aulas realizadas com o grupo de alunos envolvem a aprendizagem de alguns conceitos fundamentais sobre Oscilações, passando pelo gráfico de um oscilador e observando o comportamento do movimento ondulatório em casos gerais. Desse modo, os alunos terão contato com adaptações dos experimentos: pêndulo simples, movimento oscilatório massa-mola, gráfico posição versus tempo de um oscilador e conceitos gerais das ondas através dos pêndulos interligados e transmissão de pulsos na água.

4.1 Pêndulo simples

Um pêndulo simples consiste em um fio leve e inextensível, de comprimento L , tendo na sua extremidade inferior, uma massa m ; a extremidade superior é fixa em um ponto, tal que ele possa oscilar livremente. Um corpo se comporta como pêndulo simples quando a massa do fio é muito menor que a massa do corpo que está pendurada e as dimensões do corpo são muito menores que o comprimento do fio.

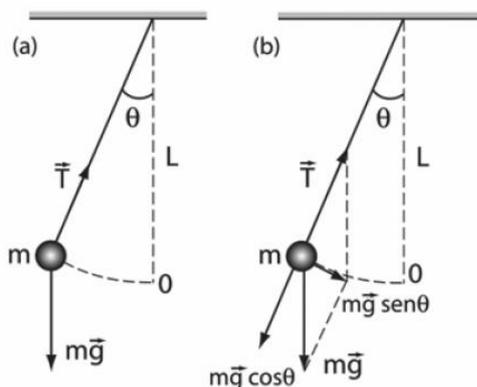


Figura 4.1.a: Representação do pêndulo simples, no instante inicial, e das forças que agem na partícula de massa m .

Figura 4.1.b: Em destaque as componentes radial e tangencial da força peso à trajetória.

Fonte: https://docs.google.com/document/d/1pGIngOriopmQHKEr99x7r0RdyG2ti0WGTQEIKfcl_-A/edit

O pêndulo é deslocado de sua posição de equilíbrio e solto, realizando um movimento de ir e vir em torno de seu ponto de equilíbrio, por ação da força peso. Chama-se movimento harmônico, qualquer movimento que se repete em intervalos

regulares de tempo. As forças que atuam sobre a esfera de massa m são: a força peso \vec{P} e a força de tração \vec{T} , que o fio exerce sobre a esfera em qualquer instante.

O aluno, na primeira aula, terá contato com este experimento através de um balanço, semelhante aos balanços de praça.

A principal característica desse movimento é a de que sobre a massa atua uma força restauradora que é tangente ao movimento e tem sinal contrário ao do deslocamento. No caso particular do pêndulo, é um somatório vetorial da tensão no fio e da força gravitacional. Nesse movimento periódico, tem-se: o período, a frequência e a amplitude.

Para pequenos ângulos de oscilação, o período T de um pêndulo simples é dado por:

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

Sendo l o comprimento do pêndulo e g a aceleração da gravidade. Desse modo, na aplicação do presente trabalho, utilizou-se o comprimento de 3,6 m de corda utilizado na construção do balaço, tem-se aproximadamente um período de 3,8 s. Recorda-se que a massa dos alunos não irá interferir no período de oscilação.

Portanto, o objetivo deste experimento na primeira aula, é que os estudantes percebam como se dá a variação do movimento oscilatório, sendo eles a massa do pêndulo. O período de 3,8 s facilita a percepção suave da variação da velocidade ao longo da trajetória cíclica.

Destaca-se neste experimento o fato de o oscilador ir e vir em torno do ponto de equilíbrio, passando por este ponto com maior velocidade, e nos extremos do movimento, a pausa e inversão no sentido da velocidade. Apresenta-se ao aluno a definição de amplitude do movimento e a compreensão do que é um ciclo completo. Assim, o aluno poderá realizar o registro do período de oscilação com um cronômetro, e posteriormente, calcular a frequência deste movimento.

4.2 Oscilador harmônico

Pode-se considerar, num sistema massa mola, que quando a massa é deslocada de sua posição de equilíbrio, a mola exerce uma força proporcional à distância até a posição de equilíbrio. Essa relação é conhecida como Lei de Hooke, e pode ser expressa como:

$$\vec{F} = k\vec{x}$$

$$F = -kx$$

onde x é a distância até a posição de equilíbrio e k é a constante da mola. O sinal negativo informa que a direção da força restauradora é contrária à deformação.

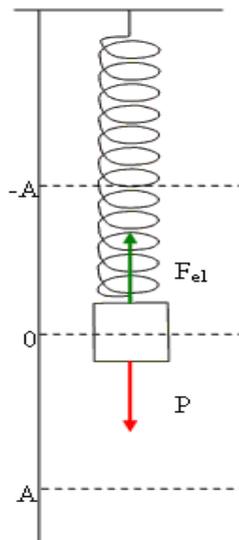


Figura 4.2: Sistema massa mola vertical.

Fonte: <https://fisicacontextoaplicacoes.blogspot.com/2017/08/ondas-periodicas.html?m=1>

Pode-se observar que no ponto onde o corpo fica em equilíbrio, o somatório das forças é nulo e, portanto:

$$\begin{aligned}\sum \vec{F} &= 0 \\ \vec{F}_{el} + \vec{P} &= 0 \\ |\vec{F}_{el}| &= |\vec{P}|\end{aligned}$$

Apesar da energia potencial elástica não ser nula neste ponto, considera-se este o ponto inicial do movimento.

Ao ser puxado o conjunto, a força elástica será aumentada, e por ser uma força restauradora, o oscilador deve se manter em MHS (Movimento Harmônico Simples), considerando não haver forças dissipativas. O sistema oscila entre os pontos A e $-A$, pois a força resultante no bloco será:

$$F = F_{el} - P$$

$$F = -kx - P$$

Como o peso não varia conforme o movimento, este pode ser considerado como uma constante. Assim, a força varia proporcionalmente à elongação do movimento. Tendo seu período expresso por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Este será o segundo experimento realizado com os deficientes visuais ainda na primeira aula, para que este tipo de oscilação seja comparado qualitativamente com a oscilação no balanço.

No caso em questão, o sistema será puxado para baixo e solto pelo próprio aluno, e este perceberá sua oscilação através de um papel grudado à mola, que tocará seu braço, estendido na vertical.

O objetivo é que os alunos observem a semelhança entre as oscilações da mola e do balanço. Os alunos devem citar os pontos em comum dos movimentos.

4.3 Gráfico posição versus tempo do oscilador

Na segunda aula, os alunos reproduzirão com uma caneta sobre um eixo vertical, o movimento que eles sentiram da mola em seus braços sobre um plano que se deslocará perpendicularmente. O instrumento construído para isso está descrito no capítulo Confecção de Materiais.

Essa dinâmica resultará em um gráfico tátil da posição versus tempo da oscilação que cada aluno fará, repetindo o movimento da mola.

A solução $x(t)$ da equação de movimento do sistema massa-mola que nos informa como a posição da mola varia com o tempo é dada por:

$$x(t) = A \operatorname{sen}(wt + j)$$
$$v(t) = -w A \cos(wt + j)$$

Onde:

A = amplitude de oscilação

$wt + j$ = fase

w = frequência angular

j = constante de fase

Portanto, o gráfico posição versus tempo desta oscilação é uma curva senoidal, como na figura:

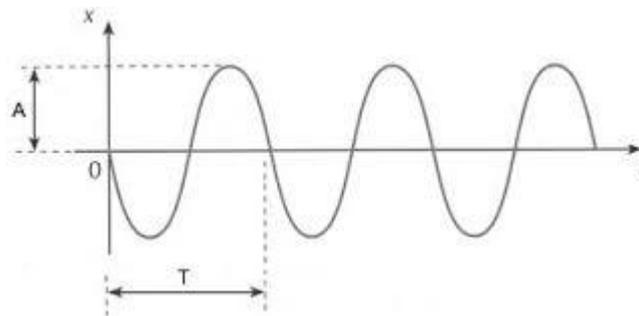


Figura 4.3: Gráfico posição versus tempo de um oscilador massa-mola

Fonte: <https://www.respondeai.com.br/conteudo/fisica/mhs-e-mha/graficos-do-mhs/460>

Desse modo, o aluno sentirá, registrado na folha, a curva senoidal construída manualmente por ele. Nesse gráfico será trabalhado o conceito de ciclo e período da oscilação, e eles poderão entender como é feito um gráfico.

4.3 Ondas periódicas

Num sentido bastante amplo, uma onda é qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro de um meio com velocidade definida. Em geral, quando a transmissão de sinal entre dois pontos distantes ocorre sem que haja transporte direto

de matéria de um ponto a outro. Sendo assim, as ondas são perturbações que se propagam transmitindo energia, sem transportar matéria.

A última aula desta sequência didática pretende mostrar ao aluno deficiente visual algumas propriedades da onda. Com isso, por meio da visualização da transmissão da perturbação em pêndulos interligados, eles perceberão que a transmissão do movimento não é instantânea, tem origem na oscilação do primeiro pêndulo e a propagação do movimento se dá através do fio que interliga todos os osciladores.

Além disso, os estudantes perceberão que a oscilação é repetida por todos os osciladores que, por meio do fio que interliga todos, um a um vai oscilando, e o conjunto todo se movimenta em formato senoidal.

Uma fonte geradora de pulsos periódicos, como a que os alunos reproduziram pelo gráfico da segunda aula, revela a imagem de uma onda transversal, como na figura:

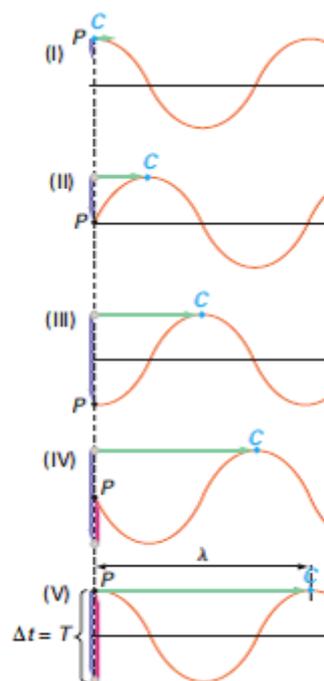


Figura 4.4: Sequência de imagens de pulsos periódicos

Fonte: <https://fisicacontextoaplicacoes.blogspot.com/2017/08/ondas-periodicas.html?m=1>

Na sequência de I a V, enquanto a crista C percorre a distância correspondente a um comprimento de onda, o ponto P efetua uma oscilação completa. Portanto, o intervalo de tempo correspondente a esse percurso é igual ao período T da onda.

Esse conceito é trabalhado com os estudantes a partir de uma imagem de uma onda transversal em relevo. Eles deslocam a onda, e passado um período, indicam o término de um ciclo. Indica-se aí um deslocamento denominado comprimento de onda.

Assim, voltando à expressão da velocidade escalar média, enquanto a crista C da onda percorre a distância $\Delta S = \lambda$, o intervalo de tempo transcorrido é $\Delta t = T$. Portanto, a velocidade de propagação da onda é:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Pretende-se que os alunos cheguem a esta expressão e a partir dos conceitos da primeira aula, entenderão que é possível expressá-la da seguinte forma:

$$v = \lambda f$$

Capítulo 5

Confecção de materiais

5.1 Balanço

Tomou-se como referência o trabalho da presente autora (Ferreira, 2015), onde o estudo da oscilação foi iniciado em um balanço infantil de uma praça pública. Posteriormente confeccionou-se na Marcenaria do Instituto de Física da UFRJ, um balanço com a base em madeira, com acabamento polido e sem vértices, visando não machucar os alunos. A instalação foi feita pelos funcionários da Oficina Mecânica, do mesmo instituto.



Figura 5.1: Balanço desmontado: assento em azul, plataforma que foi chumbada ao teto e cordas
Fonte: Autoria própria

Na foto acima (Figura 5.1), tem-se as cordas, a plataforma que foi fixada ao teto de um dos laboratórios do Instituto de Física e, em azul, o assento do balanço, em placa de madeira. A plataforma foi chumbada ao teto e, deste modo, o balanço ficou com comprimento de 3,6 m (Figura 5.2), por conseguinte, o período da oscilação será próximo a 3,8 segundos, uma boa duração para a percepção mais aguçada do aluno, para que desta maneira contemple a variação da velocidade durante o ciclo e também possa cronometrar o período da oscilação.

Vale ressaltar que o material com que foi confeccionado e a instalação resultaram num amortecimento das oscilações bem pequeno. Isso facilitou a reflexão do aluno durante as perguntas da primeira aula.



Figura 5.2: Demonstração do balanço, preso ao teto da sala 415 B, do Instituto de Física
Fonte: Autoria própria

5.2 Mola

Para que o aluno seja capaz de compreender que o movimento oscilatório é um ir e vir em torno de um ponto de equilíbrio, exemplifica-se outro tipo de movimento com uma pequena mola de metal e um pedaço de papel grudado nela. O papel servirá de marcador, deslizando num movimento vertical pelo braço. Deste modo, o aluno visualizará um movimento oscilatório vertical, sem interferir muito em seu movimento. A mola será um outro exemplo, utilizado em outras aulas, para exemplificar a oscilação no eixo vertical.



Figura 5.3: Mola sendo utilizada em demonstração com aluna
Fonte: Autoria própria

Espera-se que o aluno identifique os pontos principais da oscilação, observando que é um movimento cíclico de vai e vem em torno do ponto de equilíbrio.

5.3 Oscilógrafo Manual

Para a compreensão da relação entre período e frequência, pensou-se num aparelho que revelasse, através de um gráfico, o movimento que o aluno realizou no balanço e sentiu a oscilação da mola em seu braço. Construiu-se então um oscilógrafo manual (Figura 5.4), exclusivo para esta segunda aula, que registra a posição versus tempo de uma oscilação marcada sobre ele. Consiste em duas placas de MDF, de mesmo tamanho, apoiadas uma sobre a outra, e entre elas um mecanismo de deslizamento ao longo de seu comprimento, feito com trilhos de gaveta do tipo telescópico (Figura 5.5).

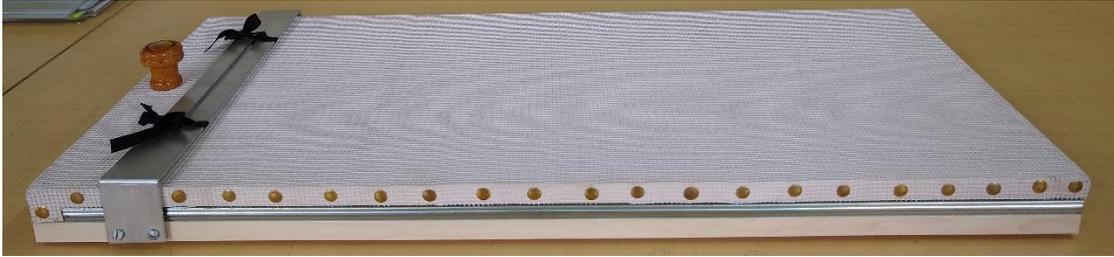


Figura 5.4: Oscilógrafo Manual para alunos com deficiência visual
Fonte: Autoria própria



Figura 5.5: Trilhos colocados entre as placas
Fonte: <http://www.renna.com.br/detalhe/trilhos/telesc-pio-light-soft-closing-35mm>

Esse tipo de trilho desliza com facilidade, e foi escolhido para propiciar um movimento suave, com velocidade constante.

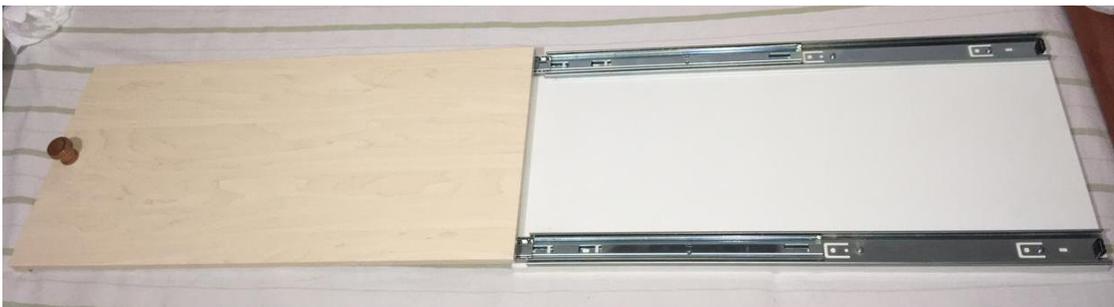


Figura 5.6: Oscilógrafo manual totalmente aberto: a placa da esquerda se desloca sobre os trilhos
Fonte: Autoria própria

O oscilógrafo não possui qualquer circuito elétrico, seu mecanismo de registro da oscilação é feito de maneira totalmente manual. Sobre a placa de cima, um papel será grudado (Figura 5.7) e, com uma caneta, o aluno fará a oscilação com o braço direito, e puxará a placa de cima com o braço esquerdo, em direção perpendicular ao movimento de oscilação.

Para que o aluno com deficiência visual não perca o eixo da oscilação, e nem deslize a caneta no sentido do deslocamento da placa, uma máscara definindo o eixo de oscilação foi feita e presa à placa de baixo, de maneira que possa oscilar em sentido vertical, enquanto a placa é puxada para a esquerda, na horizontal.

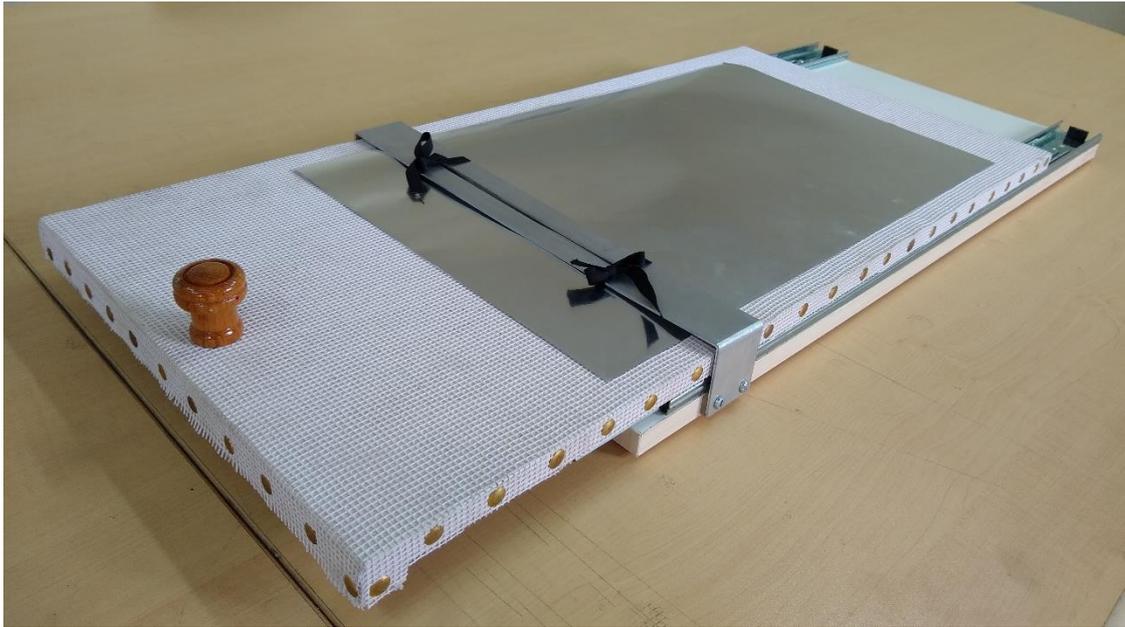


Figura 5.7: Oscilógrafo Manual semi aberto, com uma folha sobre ele
Fonte: Autoria própria

Outro detalhe observado após a construção do material foi que a máscara não foi suficiente para que a oscilação fosse semelhante à oscilação, pois nos extremos, a caneta para bruscamente, e a curva senoidal não fica perfeita. Por isso, prendeu-se, próximo aos extremos, elásticos para que amortecessem o movimento da caneta, suavizando a curva do gráfico (Figura 5.8).

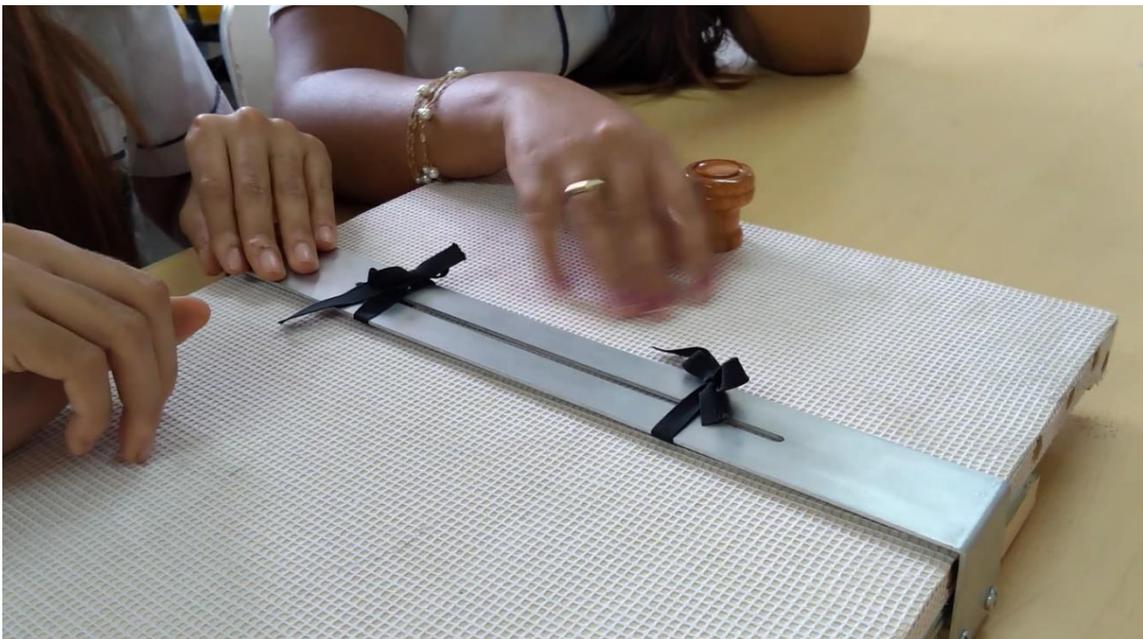


Foto 5.8: Máscara de metal com vazamento para deslizar a ponta da caneta. Detalhe para os elásticos nos extremos para amortecer o movimento da caneta
Fonte: autoria própria

O oscilógrafo foi forrado com Talagarça (Figura 5.9), um tecido que possui trama aberta e firme como uma tela. Dessa maneira, quando a caneta pressionar o papel, ela fará marcas em seu avesso, registrando a posição dela conforme o papel, juntamente com a placa, estiver sendo puxado. A marcação aparecerá em relevo tracejado, permitindo a visualização tátil da curva que será projetada no gráfico.



Figura 5.9: Tecido de Talagarça sobre a superfície do Oscilógrafo manual
Fonte: Autoria própria

A Talagarça tem a trama parecida com a tela de mosquito, porém, um pouca mais aberta.

A máscara de metal servirá para que a caneta se mantenha no mesmo eixo de oscilação. Deve-se realizar um movimento periódico, de mesma amplitude. O resultado será um gráfico posição versus tempo da oscilação feita pelo aluno (Figura 5.10) e, ao virar a folha do avesso, o aluno poderá perceber as curvas desse gráfico através do relevo causado pela pressão da caneta no papel que estava sob o tecido.



Figura 5.10: Averso da folha utilizada no Oscilógrafo manual marcada pelos alunos

Fonte: Autoria própria

Intitulamos esse oscilógrafo de Oscilógrafo manual, por possibilitar a confecção do gráfico diretamente em relevo, com sensibilidade parecida com a dos pontos do sistema Braille. Ele pode também ser utilizado para construção de gráficos posição versus tempo do movimento de qualquer corpo, útil também para qualquer aluno com dificuldade em análise gráfica. Mas lembrando que o aluno cego visualizará o gráfico no verso da folha.

5.4 Conjunto de pêndulos interligados

Para a terceira aula, foi feito este conjunto de pêndulos interligados com uma base em madeira, confeccionada na Marcenaria do Instituto de Física da UFRJ. Os fios foram presos individualmente no tubo de metal encaixado de forma horizontal (Figura 5.11). As massas dos pêndulos foram feitas com chumbada de pesca, pois o formato dificulta a dissipação de energia por atrito com o ar.

Então, o fio passou pelo peso de chumbo e amarrado com um nó, ficou suspenso, deixando um pedaço de fio que será usado para sensibilizar o braço do aluno, para que este perceba o movimento ondulatório do conjunto quando o primeiro pêndulo for perturbado, oscilando e transmitindo aos outros. Essa transmissão acontece porque um fio é transpassado por todos os pêndulos e amarrado de maneira que, ao ser puxado pelo primeiro, puxará o segundo e assim se propagará o

movimento aos demais. Um conjunto de pêndulos semelhantes já foi utilizado em trabalho anterior (Ferreira, 2015).

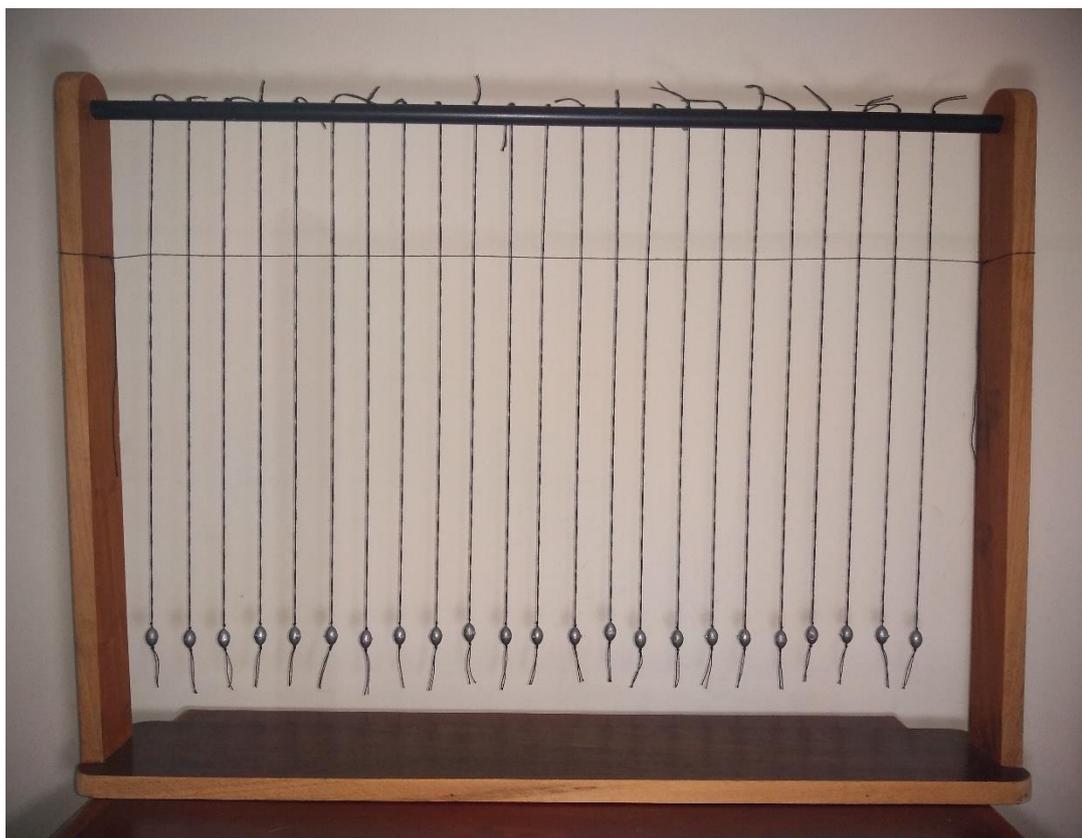


Figura 5.11: Conjunto de pêndulos interligados. Vinte e dois pêndulos dispostos no mesmo plano, interligados por um fio horizontal que passa entrelaçando todos eles
Fonte: Autoria própria

Essa percepção será possibilitada colocando o braço embaixo de todos os osciladores que, através do fio na ponta de cada pêndulo, será possível senti-los moverem-se todos (Figura 5.12).



Figura 5.12: Braço do aluno sobre os pêndulos
Fonte: Autoria própria

5.5 Bolinhas flutuantes

Para a mesma aula, será mostrada a propagação da onda num recipiente de água com pequenas esferas plásticas flutuantes. O aluno pega uma das bolas com a mão sobre a água e, com a outra, acompanha uma segunda que está flutuando no recipiente, sem apertá-la. A primeira mão eleva a bola e a solta na água, enquanto a outra mão sentirá a segunda oscilando na água (Figura 5.13).



Figura 5.13: Aluna segura uma bola em cada mão. Uma delas é erguida e abandonada no recipiente com água

Fonte: Autoria própria

Com este experimento, também pode-se mostrar que a distância entre as bolas modifica o tempo de chegada do pulso. E quaisquer que seja o local em que soltar a bola, o movimento chegará à bola que está flutuando.

5.6 Caixa de ondas

Para finalizar as aulas, construiu-se um desenho em relevo de uma senóide (Figura 5.14), para representar uma imagem de um instante de uma onda transversal. Essa imagem se desloca em cima de uma tampa de uma caixa de madeira, deslizando sobre uma base (Figura 5.15).

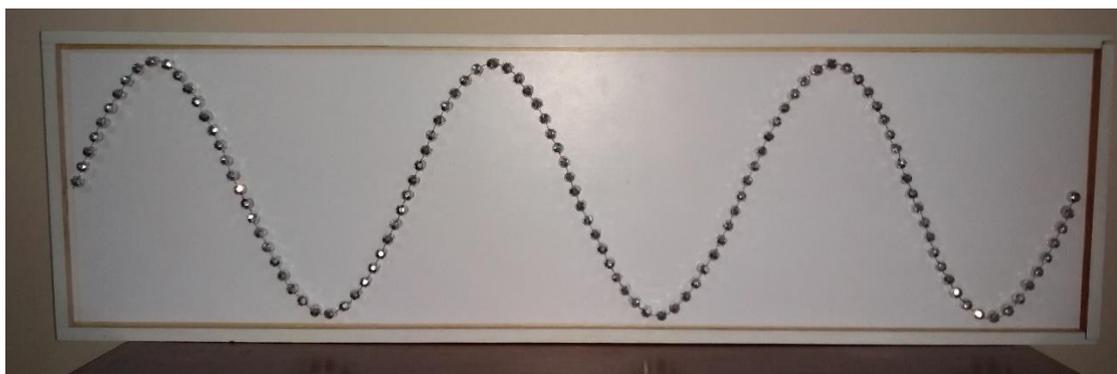


Figura 5.14: Caixa de ondas: desenho de um instante de uma onda transversal, sobre uma tampa de uma caixa de madeira
Fonte: Autoria própria



Figura 5.15: Caixa de ondas com a tampa deslocada
Fonte: Autoria própria

O desenho foi construído em cima da tampa de uma caixa em MDF, confeccionada pelo funcionário da Marcenaria do Instituto de Física da UFRJ. Em cima dela, forrou-se um plástico Contact, para não danificar a madeira, e com cola quente, fixou-se o fio de bolinhas (Figura 5.16).



Figura 5.16: Detalhe em perfil do relevo do desenho
Fonte: Autoria própria

Com este modelo, simularemos uma onda em movimento, onde o pulso se propaga a partir da esquerda, puxando o desenho que está na tampa e deixando a base fixa. O aluno acompanhará com as mãos espalmadas e paradas e observará que todo o conjunto se desloca para a direita, com certa velocidade.

Entendido que o conjunto se desloca para a direita, encaixamos novamente a tampa e puxamos, mas neste momento, o aluno deficiente visual irá observar apenas o que acontece com um oscilador, à medida que os pulsos se propagam. O aluno apoiará o braço direito na direção perpendicular à de propagação e se atentará pelo tato, ao que está sentindo ao longo do eixo do seu braço.

Deste modo, o estudante poderá perceber que os pulsos se propagam transmitindo um movimento, enquanto cada oscilador sobe e desce no mesmo eixo.

Destaca-se que mesmo o aluno vidente tem dificuldades em olhar a propagação de uma onda e fixar seus olhos em um ponto para entender que na onda o que se desloca é o pulso, mas os osciladores permanecem se movendo no mesmo eixo. Esse esquema interativo também será aproveitado com o mesmo interesse para os alunos videntes, mas para que visualmente este aluno não se perca, colocaremos uma máscara (Figura 5.17) para que ele fixe os olhos em um ponto e consiga fazer a mesma observação do deficiente visual.

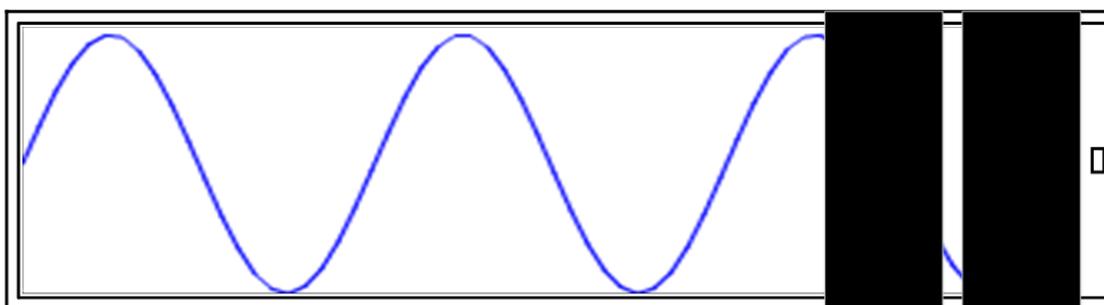


Figura 5.17: Esquema da caixa de ondas com a máscara, evidenciando apenas um pedaço da onda, que oscilará verticalmente quando a tampa se deslocar para a direita
Fonte: Autoria própria

Capítulo 6

Desenvolvimento das aulas

A estrutura e o desenvolvimento das aulas foram estabelecidos de modo que permitam que o aluno, com ou sem deficiência visual, consiga compreender os conceitos fundamentais da Física ondulatória. O conteúdo parte da oscilação de um pêndulo, passando pelos ciclos oscilatórios e finalmente abarcando a definição de onda, utilizando a perspectiva do ensino por investigação. Tomando como referência o trabalho da autora (Ferreira 2015), o estudo da oscilação será iniciado em um balanço, semelhante aos balanços infantis, permitindo que o aluno tenha sua percepção aguçada e, desta maneira, contemple a variação da velocidade durante o ciclo, compreendendo o período de um oscilador. Em seguida, a partir de um gráfico posição x tempo de um oscilador, discute-se o período de um ciclo e o significado da frequência.

Finalmente, tendo entendido como se comporta um oscilador, passaremos para um conjunto de osciladores que transporta energia, fazendo com que o aluno possa ter uma compreensão mais ampla, visualizando que, em qualquer onda, um conjunto de osciladores transfere energia de um ponto a outro, estando cada um deles, oscilando em torno de um ponto de equilíbrio.

As aulas foram realizadas com alunos de um colégio federal da zona oeste do Rio de Janeiro. Foram escolhidos quatro alunos de uma mesma turma do 2º ano do ensino médio, que já haviam estudado o início da cinemática. O ano letivo se iniciou em abril e as aulas ocorreram final de junho e início de julho do ano de 2019. Todos os quatro alunos realizaram o ensino fundamental no Instituto Benjamim Constant.

Os conteúdos foram vistos em três aulas subsequentes, com duração que variou de uma hora e meia a duas horas e meia. A primeira aula foi realizada no Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, num dos laboratórios de Física Experimental, onde foi instalado o balanço, no contrapiso do próximo andar. Os alunos foram deslocados para a universidade com a autorização dos responsáveis e da escola. As outras aulas foram realizadas no próprio colégio, e os materiais foram levados para lá.

Os tópicos das aulas e seus objetivos foram assim dispostos:

Aula 1 – oscilação

- Movimento oscilatório: vai e vem em torno de ponto de equilíbrio;
- Velocidade e aceleração nos extremos e nos pontos de equilíbrio;

Aula 2 – ciclos oscilatórios

- Período;
- Gráfico $S \times t$ de um oscilador;
- Identificação do período no gráfico;
- Frequência;

Aula 3 – onda

- Onda como energia que se propaga por um conjunto de osciladores;
- Onda periódica;
- Significado físico do comprimento de onda;

Os roteiros a seguir não compõem a estrutura de uma aula de laboratório, mas um guia exclusivo para o professor que realizará as aulas com alunos deficientes visuais. A metodologia utilizada do ensino por investigação exige um preparo anterior do professor, de maneira que sejam propostas nestas aulas, situações e perguntas para que os alunos reflitam sobre os fenômenos abordados. Dessa forma, a autora pensou numa sequência didática de experimentos e perguntas que poderiam fazer com que os alunos conseguissem entender os conceitos pretendidos.

Contudo, no capítulo “Coleta e análise de dados”, nota-se que muitas vezes os alunos modificam essa estrutura, mas o esqueleto dela permanece a fim de que se conquiste os objetivos finais.

6.1 Roteiro Aula 1 – Oscilação

Público alvo: Alunos do 2º ano do ensino médio com baixa visão ou cegos.

Duração: 1h e 30min.

Materiais necessários: Balanço, mola de metal e cronômetro.

Objetivo: Fazer com que o aluno compreenda que o movimento oscilatório é um constante “ir e vir” em torno de um ponto de equilíbrio e observe que a velocidade é variável. E ao final, meça o período de sua oscilação no balanço e calcule a frequência.

Para isto, utiliza-se um balanço - como os de criança - e serão feitas algumas perguntas, e, à medida em que as respostas forem obtidas, outras intervenções sejam feitas pelo professor.

Inicialmente, coloca-se o aluno no balanço, e em repouso, explica-se a ele que ali é a posição que se chama ponto de equilíbrio, e que a distância em que ele se deslocar deste ponto e se abandonar para oscilar é a amplitude inicial do movimento.

Espera-se que o aluno perceba facilmente como a velocidade varia. Deve-se então, perguntar em que momento a velocidade se reduz ao mínimo e o que faz isso acontecer, de modo que perceba que existe momentos em que a velocidade é mínima e outros em que ela é máxima, sendo a força gravitacional, o peso, responsável por esta variação.

Pede-se a observação cinestésica que seu corpo faz ao balançar. E em sequência são feitas questões abertas, pedindo para que o aluno represente com gestos seu movimento no balanço.

Nos quadros abaixo, seguem uma sucessão de perguntas a serem feitas aos alunos. De acordo com as respostas deles, as perguntas devem ser adaptadas ao novo momento.

- Descreva o movimento.
- Esse movimento tem um começo?
- Descreva as posições.
- Em quais posições você para?
- O movimento é constante ou varia ao longo do trajeto?
- Onde a velocidade é menor?
- Onde a velocidade é maior?
- O que faz esta velocidade se modificar?

As questões são feitas uma a uma, seguindo a ordem de acordo com as respostas dos alunos. Pretende-se com esta prática, tornar claro que o movimento oscilatório é um movimento cíclico, que tem um início e fim e novamente se repete.

Em seguida, pergunta-se sobre a repetição do movimento, para que ele perceba que o movimento é cíclico.

- Este movimento muda ou se repete?
- O que se repete?

Para reforçar todos os conceitos observados, uma pequena mola de metal com um pedaço de papel grudado nela, será usada para exemplificar outro tipo de movimento oscilatório. O papel servirá de marcador, deslizando num movimento vertical pelo braço. O professor colocará o braço do aluno deficiente visual em posição vertical, e paralelo ao braço, segurará a mola. O aluno puxará a mola para baixo e soltando-a, colocará ela em movimento e o papel grudado na mola deslizará pelo braço e o aluno perceberá sua oscilação. Pede-se:

- Compare este movimento, com o seu no balanço.
- Represente no seu braço o movimento.

Espera-se que o aluno identifique os pontos principais da oscilação, observando que é um movimento cíclico de vai e vem em torno do ponto de equilíbrio.

Em seguida será exposto o conceito de período, como o intervalo de tempo transcorrido entre o início e final de um evento que se repete, e o aluno será instigado a voltar ao balanço e cronometrar o período de cada oscilação. Usando as respostas anteriores, orienta-se como medir o período.

Antes da medição de tempo, certifica-se de que o aluno tenha compreendido em quais momentos poderia se iniciar e pausar o cronômetro.

- Em que momento o tempo deve começar a ser registrado e em que momento se deve parar?
- Por quê?

O aluno será apresentado ao cronômetro e será ensinado como fazer o registro. Cada aluno medirá seu período de oscilação.

Para finalizar, será apresentado o conceito de frequência, como a quantidade de vezes em que o evento se repete num intervalo de tempo.

Pode ser usada como exemplo de frequência a contagem dos batimentos cardíacos, os próprios alunos podem medir em seus punhos, quantos batimentos acontecem em um minuto. Mostrando que a frequência é expressa em número de vezes por unidade de tempo.

- Um atleta com frequência cardíaca de 120 batimentos por minuto, tem quantos batimentos por segundo?
- Qual o período de um batimento do coração deste atleta?

O professor deve então introduzir a unidade “Hertz”, mostrando que ela é inversamente igual à unidade “segundo”.

Assim, instiga-se o aluno a medir a quantidade de oscilações que o balanço faz em um minuto. Deve-se ser usado um cronômetro digital em contagem regressiva, ou um temporizador, que sinalize o término de um minuto.

- Quantas oscilações acontecem em um minuto?
- Quantas oscilações acontecem em um segundo?
- Qual o período de uma oscilação?

Uma vez que o período de oscilação deve variar entre três e quatro segundos, a frequência no sistema internacional de unidades será um valor fracionado. Se o período de oscilação é quatro segundos, significa que em um segundo, se completou apenas a quarta parte da oscilação, ou seja, um quarto de oscilação por segundo.

Recorda-se a definição de frequência, mostrando que as grandezas período e frequência são inversamente proporcionais. A partir do conceito de frequência, apresenta-se matematicamente sua relação com o período.

5. 2 Roteiro Aula 2 – Ciclos oscilatórios

Duração: 1h e 30min.

Materiais necessários: Oscilógrafo manual, rolo de papel (utilizou-se o laminado) e caneta.

Objetivo: Identificar no gráfico posição versus tempo de um oscilador, o início e fim de um período, e compreender a relação entre período e frequência.

Resgata-se, aqui, os exemplos da aula 1, definindo período como o tempo gasto para a realização de um evento. Quando se realiza um evento, diz-se que se completou um ciclo. Pergunta-se como fora medido o período no balanço e na mola, para que os alunos percebam o início e o fim de um ciclo.

O Oscilógrafo manual registra a posição versus tempo de uma oscilação marcada sobre ele. Consiste em duas placas de MDF, de mesmo tamanho, apoiadas uma sobre a outra, e entre elas um mecanismo de deslizamento ao longo de seu comprimento, feito com trilhos de gaveta. O oscilógrafo não possui qualquer circuito elétrico, seu mecanismo de registro da oscilação é feito de maneira totalmente manual, onde a pessoa fará a oscilação com o braço direito, e puxará a placa de cima com o braço esquerdo, em direção perpendicular ao movimento de oscilação. O oscilógrafo foi forrado com Talagarça, um tecido que possui trama aberta e firme como uma tela. Dessa maneira, quando a caneta pressionar o papel, ela fará marcas em seu avesso, registrando a posição dela conforme o papel, juntamente com a placa, estiver sendo puxado. A marcação aparecerá em relevo tracejado, permitindo a visualização tátil da curva que será projetada no gráfico.

Sobre o tecido do oscilógrafo, prende-se um pedaço do papel na extensão da placa. Estando o instrumento estável numa mesa horizontal, o próprio aluno, com auxílio do professor, reproduzirá o movimento da mola, da primeira aula, com a mão direita, marcando sobre o papel manteiga esse movimento. Com a mão esquerda, puxará a parte superior do oscilógrafo para a esquerda, em direção perpendicular ao movimento oscilatório. A caneta fará o movimento de ir e vir dentro de uma máscara, para que se mantenha o mesmo eixo de oscilação. Deve-se realizar um movimento periódico, de mesma amplitude.

Antes do aluno construir o gráfico posição versus tempo, o professor deve mostrar o que acontece quando se pressiona a caneta na folha apoiada sobre o tecido, deixando o aluno desenhar qualquer forma e, virando o verso, mostrar que seu desenho foi projetado em relevo quando pressionou o papel sobre o tecido. Dessa maneira, no momento em que ele estiver realizando a oscilação, terá consciência que estará marcando o verso do papel.

Explica-se ao aluno todo o procedimento, pedindo para que ele repita com a caneta o movimento que ele sentiu em seu braço, da mola oscilando. Ao final do procedimento, o gráfico apresentará uma curva aproximadamente senoidal. O professor marcará os eixos cartesianos, sem dizer a que correspondem, a fim de mostrar que o registro formou um gráfico.

E em seguida, pede-se então que o aluno visualize o registro e pergunta-se:

- Essa imagem revela o movimento que você fez com a mão direita?
- O que aconteceu quando o tempo passou e você deslocou a folha para a esquerda?
- Tente explicar a relação do movimento que você fez e o desenho no papel.
- O que representa o eixo horizontal deste gráfico?
- O que ficou registrado pelo eixo vertical deste gráfico durante o movimento?

Se o aluno não conseguir relacionar a oscilação com o desenho, explica-se a ele que o registro feito, puxando com velocidade constante, permite a formação do gráfico posição versus tempo da oscilação realizada por ele, pois o deslocamento da folha naquela direção marca as posições do oscilador enquanto o tempo é transcorrido.

Pergunta-se:

- Neste registro, há um ciclo ou vários ciclos concluídos?
- Com os dedos, indique o início e final de um período.
- Quantos ciclos se completaram?

Pede-se que ele repita o processo, aumentando a frequência da oscilação. E mantendo a mesma escala ao puxar a tampa para a esquerda.

- Repetindo o processo, numa frequência maior, o desenho permanece com o mesmo número de ciclos ou muda?
- Em uma oscilação mais lenta, como ficaria o desenho?

Espera-se que o aluno conclua que no mesmo gráfico estarão registrados mais ciclos. E com um período maior, acontecerão menos ciclos.

Os alunos farão novamente o processo, com frequências diferentes. Depois disso, observarão que o número de ciclos é diferente, comparando com suas previsões.

- Analise em cada gráfico, de maior e menor frequência, onde o período é maior e menor.
- Como poderíamos calcular o período dessa oscilação?

Espera-se que o aluno conclua que se pode medir o tempo total do gráfico e dividir pelo número de ciclos, para obter o período.

- E a frequência, de que maneira podemos calcular?

Reforça-se aqui o fato de período e frequência serem inversamente proporcionais.

5.3 Roteiro Aula 3 – Onda

Duração: 2h.

Materiais necessários: Pêndulos interligados, caixa box com água e bolinhas flutuantes, caixa de onda.

Objetivo: Estabelecer a relação entre a onda e os osciladores.

O aluno terá contato com um conjunto de pêndulos simples interligados, todos na vertical. É importante que o aluno visualize todo o conjunto, para entender como estão livres para oscilar e que um fio passa por todos eles, interligando um ao outro. Depois do primeiro contato, o professor posicionará o braço direito do aluno embaixo de todos os pêndulos, e colocará na mão livre do aluno, o primeiro pêndulo, para que ele puxe e solte de certa altura.

Essa percepção da propagação do movimento se dará colocando o braço embaixo de todos os osciladores que, com material flexível preso embaixo de cada oscilador, será possível senti-los moverem-se pelo braço. Nesse momento seguem as seguintes questões:

- É instantâneo o movimento?
- Por que se movem?
- De que maneira se movem?

Deseja-se que o aluno entenda que a transferência de movimento através dos osciladores é uma onda.

- Descreva o que você sentiu.
- O que você percebeu em seu braço?
- Parece algum fenômeno?

Depois, num recipiente de água com duas pequenas esferas plásticas flutuantes, será propagado um pulso, fazendo-o perceber que a onda transfere o movimento, sem transportar matéria. O aluno pega uma das bolas com a mão e a eleva. A outra mão envolve uma segunda bola que está flutuando no recipiente, sem apertá-la. A primeira mão elevada solta a bola na água, enquanto a outra mão sentirá a segunda bola oscilando na água, e então perguntaremos:

- O que você sentiu na bola parada?
- Como que ela se mexeu?
- Como o movimento chegou nela?

Faz-se uma comparação entre os pêndulos interligados e as moléculas de água, mostrando que quando as pequenas partes estão interligadas, uma parte se movimenta, transferindo o movimento para todo o conjunto, mas que cada parte oscila em torno do ponto de equilíbrio. E então podemos denominar esse fenômeno como onda.

Feito isto, será mostrada a Caixa de Onda, que é um desenho de uma onda transversal feita em relevo sobre um plano. É uma caixa de MDF, com o encaixe, como as antigas caixas que guardavam dominó, e na tampa, foi colado uma corda, formando o desenho de uma onda.

À princípio, o aluno explorará o desenho com as mãos e perceberá que se parece com o gráfico de um oscilador que foi construído na aula 2. A partir daí, explica-se que essa imagem representa também uma onda, semelhante à que ele sentiu no braço, através do movimento dos pêndulos, e que muitas ondas periódicas apresentam esta visualização.

Então, a partir desse modelo, será simulado o movimento de uma onda, onde o pulso se propaga a partir da esquerda. Será puxado o desenho que está na tampa, deixando a base fixa. O aluno acompanhará com as mãos espalmadas e paradas e observará que todo o conjunto se desloca para a direita, com certa velocidade.

Agora, entendido que o conjunto se desloca para a direita, repete-se o deslocamento da tampa, mas neste momento, o aluno deficiente visual irá observar apenas o que acontece com um único oscilador à medida que os pulsos se propagam. O aluno apoiará o braço esquerdo na direção perpendicular à de propagação e se atentará ao que está sentindo ao longo do eixo do seu braço. Deste modo, o estudante pode perceber que os pulsos se propagam transmitindo um movimento, enquanto cada oscilador sobe e desce no mesmo eixo. Pergunta-se:

- O que você está sentindo no braço?
- O que sobe e desce?
- Faça o mesmo em outras posições. O que está acontecendo?

Mostra-se que em cada posição, encontra-se um oscilador, e o que ele sente no braço é a oscilação de cada um deles. Conclui-se assim, que o fenômeno ondulatório acontece quando os osciladores estão interligados, indo e vindo em torno de um ponto de equilíbrio. Pergunta-se:

- Você consegue contar um ciclo de um oscilador?
- Arraste o desenho e mostre o início e fim do ciclo que você percebe acontecer no seu braço esquerdo.
- Enquanto a propagação se desloca da esquerda para a direita, o que sobe e desce?

Então puxa-se a representação da onda e pede-se para que identifique o início e término de um ciclo como fez no gráfico da aula 2. Quando ele indicar onde acabou o ciclo, mostra-se que a onda percorreu um espaço e introduz-se a questão da velocidade da onda para cada meio que se propaga.

Este deslocamento específico para cada período é denominado comprimento de onda, ou seja, o espaço percorrido pela onda em cada ciclo da fonte que produz os pulsos. Sendo constantes numa onda periódica, o período, comprimento de onda e frequência, em determinado meio. A conclusão desta etapa se dá no desenvolvimento da equação da velocidade da onda, a partir dos conceitos já definidos.

- Denominamos onda periódica, aquela que tem o período de seus osciladores constante. Quando esta variável é modificada, o espaço percorrido pela perturbação é alterado?
- A onda possui certa velocidade de propagação, de acordo com o meio em que se propaga. Alterada essa velocidade, o comprimento de onda é alterado?

- Como podemos relacionar a velocidade de propagação da onda, às variáveis comprimento de onda e período de oscilação dos osciladores?

- Se a velocidade é a rapidez com que um corpo se desloca num intervalo de tempo, a velocidade da onda pode ser o deslocamento do pulso, no intervalo de um período?

Pretende-se, dessa forma, conseguir compreender a equação que relaciona a velocidade da onda aos parâmetros: comprimento de onda e período, identificando ainda, que o período depende do oscilador que é a fonte do movimento ondulatório.

A partir daí, pode-se voltar ao Oscilógrafo manual para simular um oscilador fonte, e a velocidade em que se puxa, pode representar a velocidade da onda no meio. Será possível a partir dessas construções mentais, uma ampla visualização e imaginação para explorar os fenômenos ondulatórios, seguindo o conteúdo de formação do ensino médio.

É importante lembrar que todo aluno tem dificuldades em olhar a propagação de uma onda e fixar seus olhos em um ponto para entender que na onda, o que se desloca é o pulso, e os osciladores permanecem se movendo no mesmo eixo. Esse esquema interativo também será aproveitado com o mesmo interesse para os alunos videntes, mas para que visualmente este aluno não se perca, uma máscara esconderá o movimento de toda a onda, mostrando apenas um eixo, para que ele fixe os olhos em um ponto e consiga fazer a mesma observação que o deficiente visual faz com o braço.

Capítulo 7

Coleta e análise de dados

7.1 Aula 1

A atividade foi realizada em um dos laboratórios de Física Experimental do Instituto de Física da UFRJ. Os nomes dos alunos foram alterados para garantir a privacidade da pesquisa. E suas imagens foram autorizadas pelos próprios quando maiores de dezoito anos e por seus responsáveis quando menores de dezoito anos.

A pesquisadora deste projeto aplicou as aulas propostas. A seguir, a professora mencionada é a autora do presente trabalho.

7.1.1 Episódio 1.1

A professora explica que fará perguntas para que os alunos respondam e que a avaliação deles não será através das respostas faladas, mas sim com o manuseio dos materiais. Esse modelo de aula, no qual o professor só conclui no final da interação com os alunos os conceitos, é diferente do que estão acostumados e, portanto, deve estar claro que as perguntas serão feitas e, através do experimento, os alunos encontrarão as melhores respostas.

Com o grupo de quatro alunos, a professora divide o programa do roteiro em momentos e convida um aluno por vez, a sentar no balanço e conduz as perguntas. Inicialmente, introduz o conceito de ponto de equilíbrio, antes de iniciar o movimento, e amplitude, na iminência de se abandonar e iniciar a oscilação. Explica que, na Física, o fenômeno de oscilar acontece quando um corpo vai e vem em torno do ponto de equilíbrio.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Descrevam o movimento pra mim.	
João	É um movimento pendular, não é? De vai e volta.	
Glauce	Ele tá indo e voltando no ponto de equilíbrio.	
Vivian	Na verdade ele vai pra trás, passa pelo ponto de equilíbrio e continua andando.	A aluna está se balançando.
Glauce	Isso. Ele sai do ponto de equilíbrio, vai pra frente, volta ao ponto de equilíbrio e vai pra trás.	

Professora	Você concorda, Edna?	
Edna	Sim.	
Professora	João falou que era um movimento pendular. O que é um movimento pendular?	
Vivian	O que é movimento pendular?	
João	É um movimento de pêndulo, que vaaaaai e vooooolta.	O aluno acrescenta uma demonstração do movimento, balançando o próprio braço
Professora	Nesse caso eu teria um pêndulo?	
Edna	Não.	
João	Nesse caso, o balanço seria o pêndulo.	
Vivian	Não, porque ele não tem um ponto certo de parada. Ele pode parar aqui atrás, ele pode parar ali na frente.	
João	Pra mim o balanço seria o pêndulo.	
Professora	Alguém concorda com o João?	
Vivian	Não.	
Glauce	Sei lá, eu não sei de mais nada.	
Professora	Vocês conhecem o pêndulo?	
Vivian	Não.	
Glauce	Pêndulo não é aquele (inaudível) que fica na ponta?	
Professora	Então, um pêndulo é quando você bota um fio e um pesinho na ponta. Parece com o balanço?	

Vivian discorda, e em seguida João concorda e Glauce tenta encontrar semelhança, após a fala de João. Os argumentos dos alunos, somados às explicações da professora fazem Vivian concordar que o balanço é um pêndulo.

Nome	Fala
João	Parece, a ideia é a mesma.
Glauce	Parece, de certa forma, parece. A corda pode ser o fio e o peso pode ser...
Professora	Pode ser o que?
João	Mas o pesinho na ponta é você.
Professora	Ele está querendo dizer que o fio é a corda do balanço, e a ponta, o final dessa corda tem um peso, que é você.
Vivian	Ah sim.

Os alunos começam a interagir entre eles, dinamizando a discussão (Figura 7.1). Neste início, eles começam a utilizar o conceito de ponto de equilíbrio que acabaram de aprender.



Figura 7.1: Grupo de alunos no laboratório e aluna no balanço
 Fonte: Autoria própria

7.1.2 Episódio 1.2

Em sequência, a professora faz a segunda pergunta do roteiro: “Esse movimento tem um começo?”, a fim de iniciar a discussão sobre o que é um ciclo completo.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Esse movimento tem um começo?	Unanimemente, todos concordam que sim
Vivian	Eu acho que sim.	
Professora	Tá, e o começo desse movimento vocês acham que é aonde? A Gabi falou que é no ponto de equilíbrio.	
Vivian	É, eu acho que é na parte que dá impulso.	
Glauce	Antes de dar impulso, você estava no ponto de equilíbrio.	
Vivian	É, essa que é a verdade, antes de você dar impulso...(inaudível) Ah, eu não sei explicar.	
Professora	Alguém se habilita?	
João	É, ele começa desde que alguma força faça com que ele comece. No momento do ponto de equilíbrio ele tá...em equilíbrio, e o movimento não tá acontecendo.	
Professora	Então se você tiver no ponto de equilíbrio e não fizer nenhuma força...	

João	Ele não vai começar.	
Professora	Vocês concordam com o João?	As meninas concordam
Professora	Então, o ponto de equilíbrio não pode ser o começo do movimento?	
Glauce	Gabi: Sim.	
Professora	A Glauce está se discordando, não é?	
Glauce	Sim.	Responde entre risos
Vivian	Ela tá discordando da própria afirmação.	

Os alunos interagem entre si e juntos chegam à conclusão de que o ponto de equilíbrio não pode ser o início do movimento, pois deve haver um impulso para que o movimento comece.

7.1.3 Episódio 1.3

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Se esse movimento tem um começo, ele tem um fim?	Todos falam ao mesmo tempo
João	Tem.	
Vivian	Não, não tem.	
Professora	Um de cada vez.	
Vivian	Você está falando referente ao balanço, ou a tudo?	
Professora	Ao movimento oscilatório. Esse movimento oscilatório tem um começo, isso que vocês responderam. A Glauce falou que é no meio, aí depois o João fez ela concordar que é no momento que ele dá...	Neste momento, a professora introduz o termo “movimento oscilatório”
Vivian	A partida.	
Professora	A partida. Naquele máximo da amplitude, senão não acontece o movimento. Agora eu estou perguntando: esse movimento tem um fim?	
João	Sim.	
Professora	A Vivian disse que não.	Professora coloca para os alunos as opiniões contrárias.
Vivian	Porque independentemente de você parar ou não o balanço, você não vai ficar ali estagnado, você vai andar.	
Glauce	Não sei, se fosse o movimento do balanço eu diria que tem um fim, depois que você dá impulso ele não vai...	

Vivian	Ele não vai ficar rápido, mas ele vai continuar se movimentando...	
--------	--	--

Os alunos ainda não chegam a uma conclusão.

7.1.4 Episódio 1.4

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Agora eu quero que vocês descrevam as posições no balanço.	
Glauce	Como assim?	
Professora	Tenta descrever.	
João	A gente vai e volta.	
Professora	Nessas posições que vocês descreveram, você vai pra trás e depois vai pra frente. Nessas posições que vocês descreveram, vocês conseguem avaliar em que posições vocês param?	Os alunos tentam explicar como se dá o movimento enquanto eles dão impulso para balançar
João	Não entendi.	
Professora	Tem alguma posição que você para?	
Vivian	Tem.	
João	Quando a gente chega no ponto de equilíbrio a gente para no meio.	
Glauce	Ou não, né?	
Vivian	Você pode parar atrás, pode parar na frente.	Vivian identifica os dois possíveis momentos que o balanço para
Professora	Esse movimento é retilíneo?	
João	Não.	
Professora	Vocês invertem o sentido do movimento ou não?	
João	Sim.	
Vivian	Como assim?	
Professora	O que é inverter o sentido do movimento? Você tá indo...	
Vivian	Se você (inaudível) pra trás, você vai pra frente.	
Professora	Isso vocês fazem? Você tava indo pra trás, depois você vai pra frente. Isso você faz no balanço?	
Vivian	Sim.	
Glauce	Quando você tá na frente, você joga seu corpo pra trás.	
Professora	Então esse movimento, ele é constante ou ele varia ao longo do...?	Todos afirmam que varia

Professora	Ele varia como?	
João	Varia a direção, que ele vai mudando, e ele varia a amplitude de acordo com a força que tiver sobre ele, que estiver sendo exercida sobre ele.	
Professora	Mas vocês estão me respondendo se o balanço para ou não. Eu quero que vocês respondam algo mais específico: durante o balançar, tem algum momento que o seu corpo para mesmo que por um instante?	Nesse momento, a professora especifica a pergunta, precisando se, em algum instante, o movimento é interrompido.
Vivian	Tem.	
Edna	Tem.	
Vivian	Lá atrás. Quando você tipo assim...	
João	Ou na frente.	
Vivian	É, eu acho que é mais atrás.	
Glauce	Tanto na frente quanto atrás.	Os alunos percebem que há dois momentos da oscilação em que o balanço para
Vivian	Mesmo quando você não dá impulso, o corpo dá uma pausa. Ele vai assim: vai e volta, ele dá uma paradinha, bem rápida.	Representa o movimento com o corpo
Glauce	Bem rápida, né. Meio segundo. Você nem sente.	
Professora	Muito rápido?	
Vivian	É...	
João	(Inaudível) você inverter a direção e ir pra direção contrária que você tá indo, você tem que parar. É impossível você conseguir ir na direção contrária à que você tá vindo...	
Vivian	Sem parar.	Vivian concorda e auxilia João na sua argumentação
João	Exatamente.	Nesse momento, Glauce sai do balanço e Edna começa a balançar.
Professora	Então por um instante, vocês estão dizendo que existem posições do balanço que vocês param. Não param definitivamente, mas você para, e como o João falou: inverte o movimento. Que posições são essas?	
João	No fim do movimento, quando ele vai voltar...calma.	
Professora	Qual o fim do movimento?	
João	É quando ele tá no...	
Vivian	No meio?	
João	Não, o fim do movimento...	
Glauce	É, repete a pergunta.	

Professora	Em quais posições vocês param?	
Glauce	Tipo assim, quando ela tá aqui na frente, e quando ela tá atrás.	Glauce identifica as duas posições
Vivian	Nunca para no meio.	
Glauce	É, nunca para. Isso, é.	Vivian e Glauce percebem que no ponto de equilíbrio o balanço sempre está em movimento
Professora	Então vamos chamar essas posições de quê? Essas posições que ele para? Não é o ponto de equilíbrio.	
Vivian	Frente e trás.	
Professora	A gente poderia dizer também que são os máximos da amplitude né? No máximo da amplitude você para por um momento e depois volta.	
Vivian	Aham.	
Professora	Onde a velocidade é menor?	
Vivian	No meio.	
João	No começo e no fim da amplitude, porque se ele parou, ele vai demorar um certo tempo até ganhar velocidade.	
Professora	Vocês entenderam isso?	Meninas dizem que não entenderam o raciocínio de João
Professora	Explica de novo, João.	
João	Porque tipo assim: Ele vai e volta. A velocidade é menor quanto mais perto do início, ou seja, quando ele tá saindo do repouso. Tanto no começo do impulso, ou quando a amplitude acaba.	
Professora	Então quando você para quer dizer que...	Tenta organizar o raciocínio
Glauce	Você tá perdendo velocidade.	
Vivian	Não sei, porque você para tanto atrás, quanto na frente.	
Professora	Então vocês acham que a velocidade está constante ou está variando?	Todos afirmam que está variando
Professora	Ela chega ao zero ou não?	As alunas respondem que não
João	Chega.	João contradiz
Vivian	Chega.	
Glauce	Não, chega sim.	Depois de refletir, as meninas concordam
Vivian	Na paradinha.	

Glauce	É, na paradinha.	
Professora	Nas paradas, né? Porque você disse que para lá na frente e atrás.	
Vivian	Isso.	
Professora	Então vocês acham que chegou lá na frente e parou...	
Vivian	Chegou no zero.	
Professora	A velocidade chegou no zero. E lá atrás também?	
Vivian	Sim. Só no meio que não para, ela continua.	Os alunos identificam que a velocidade chega a zero nas duas posições em que o balanço para
Professora	Se existe um ponto em que a velocidade é mínima, existe algum ponto onde a velocidade é máxima?	
João	Existe. Acho que quando ele tá nesse movimento de vai e vem e se o ponto de velocidade mínima é quando ele tá iniciando, o ponto de velocidade máxima é no meio, porque o ângulo até a corda passar pelo ponto de equilíbrio, alí no meio é que foi onde a gravidade exerceu um peso sobre ele por maior tempo. Então, o lugar que ele passa com maior velocidade é no meio.	
Vivian	Porque atrás, você tá dando velocidade, lá na frente você tá perdendo. No meio não, você passa por ali na velocidade máxima.	
Professora	Vocês sentiram isso...	
Glauce	Sim.	
Vivian	Sim. Aham.	

Como proposto, a professora direciona as perguntas de maneira que percebam que em alguns momentos a oscilação para e muda de sentido. Os alunos percebem que nesse momento a velocidade chega a zero e, de maneira inversa, a posição em que o balanço está com maior velocidade é no ponto de equilíbrio.

7.1.5 Episódio 1.5

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	O que vocês acham que faz a velocidade variar?	
Vivian	Tem as forças.	
Professora	Imaginando que você só deu o impulso, depois parou de dar o impulso, ela continua variando,	Professora, por descuido, quase dá a resposta

	ela vai e volta. Você não deu mais impulso, o que que tá fazendo essa gravi...essa velocidade variar?	
Vivian	A gravidade, e as forças também, né? Porque (inaudível) que você dá impulso, ele continua dando velocidade com a força, com o peso do seu corpo.	
Professora	O que é o peso da gente?	
Vivian	É o que você come, né?	Todos riem
Professora	Muito bom.	
João	É a força que a gravidade exerce na gente.	
Professora	Vocês concordam que o peso é uma força?	Todos concordam
Professora	E a força faz o que com a velocidade?	
Vivian	Aumenta.	
Glauce	Pode aumentar ou diminuir.	
Professora	Muito bem. Estamos concluindo algumas coisas.	

Nesse episódio, a docente quis estabelecer a relação da variação da velocidade com a existência de forças nesse movimento. Os alunos acabaram de aprender esses conceitos nas aulas regulares do presente ano. E conseguem perceber que a força pode tanto aumentar, quanto diminuir a velocidade.

7.1.6 Episódio 1.6

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Esse movimento que vocês fazem no balanço é um movimento cíclico?	
Vivian	Que?	
Glauce	Que?	
Professora	Eu quero que vocês respondam se esse movimento muda ou se repete.	
João	Se repete.	
Vivian	Se repete.	
Professora	Quantas vezes? Infinito?	
Glauce	Enquanto ele tiver forças pra fazer isso.	
Professora	Então, quando o movimento se repete, a gente diz que é um movimento cíclico. Ele começa, depois chega ao fim e vai pro começo de novo. Esse é um movimento cíclico?	Professora define o que é um movimento cíclico e todos concordam que sim
Professora	Vocês conseguem dizer quando o movimento acaba e recomeça novamente?	

João	Ele começa quando a força foi exercida sobre ele e ele termina quando a força que foi exercida acaba.	
Professora	Mas você está falando do movimento inteiro, você já oscilou várias vezes. Se vocês disseram que o movimento se repete várias vezes, quando aconteceu uma vez só? Me diz o início e o final desse movimento.	
Professora	Qual o início do movimento?	
Vivian	Quando você dá impulso.	
Professora	Qual o final da primeira oscilação?	
Vivian	Quando ele chega na frente.	
Glauce	Quando ele chega no ponto de equilíbrio.	Todos falam ao mesmo tempo, há divergências
Glauce	Antes de você dar velocidade ele tá parado.	
Vivian	Não, mas ela tá falando na parte que oscila.	
Professora	A Edna está oscilando, indo e vindo... Quando começa o ir e quando começa o vir? Qual o início de uma oscilação e o final da oscilação?	
Professora	A Edna estava lá atrás, quando ela chega lá na frente, acabou uma oscilação?	
Vivian	Sim.	
Glauce	Se começa lá atrás, vai terminar lá atrás.	Glauce discorda de Vivian
Vivian	Lá atrás vai começar um outro.	
Glauce	Então, mas ué. A oscilação não é ida e volta?	Argumentação a partir da fala de Vivian
Vivian	Sim.	
Glauce	Se ela saiu de lá e veio pra cá, ela só foi. Ela precisa voltar.	
Vivian	Tá, mas se você tá voltando, tá começando outro movimento.	
Professora	Se eu começo lá atrás e termino lá na frente, eu preciso voltar.	As alunas respondem afirmativamente
Professora	É outra oscilação?	
Vivian	Eu acho que sim.	
Glauce	Pra mim, oscilação é ida e volta. Ela só foi, ela não voltou ainda.	
Professora	O que faz sentido pra vocês? Se é algo que se repete, o que está se repetindo?	
Professora	Começa lá atrás e termina aonde? Lá atrás também?	
João	É... Nessa parte eu não tenho muita certeza. Mas eu acho que é. Como é um movimento oscilatório, eu acho que começa de novo, quando ele começa a ir pela segunda vez.	

Vivian	Parece que quando ele volta atrás, parece que ele tá repetindo a mesma coisa.	Os alunos acabam discutindo sobre o conceito de ciclo completo
Professora	Então ele vai repetir novamente, né?	
Professora	Então, se é um movimento cíclico que se repete, alguma coisa, que a gente identifica como um evento, nesse caso é a oscilação, vai ter um início e vai ter um fim. Quando fechar esse fim, começa de novo. E vai repetir o mesmo movimento.	Professora sistematiza a ideia de ciclo completo

A professora dá outros exemplos de eventos que se repetem e define como uma oscilação, quando se repete a mesma condição de fase. Nesse momento é definido o que é um ciclo e como identificar o início e término deste.

Também se explica a dúvida que os alunos tiveram sobre a consequência da força peso no movimento. Mostrando que há uma componente da força peso, quando o balanço não está no ponto de equilíbrio.

7.1.7 Episódio 1.7

Neste episódio, a professora mostra a oscilação da mola, colocando o braço de cada aluno na vertical, e fazendo eles puxarem a mola para baixo e soltar (Figuras 7.2 e 7.3), a fim de que percebam com o auxílio do papel grudado nela, a oscilação do ponto de equilíbrio. É feito individualmente, e depois seguem as perguntas.



Figura 7.2: Professora posiciona o braço da aluna na vertical e a aluna puxa a mola para baixo
Fonte: Autoria própria



Figura 7.3: A aluna solta a mola e percebe a oscilação

Fonte: Autoria própria

Nome	Fala
Professora	Descreve pra mim, no seu braço, o movimento que ela faz no seu braço.
João	Ela sobe, e quando ela atinge o auge, ela cai de novo.
Professora	E esse movimento se repete ou para?
João	Se repete.

O experimento é repetido com as meninas, e elas descrevem o movimento com gestos.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Eu quero que vocês comparem este movimento da mola no braço de vocês, com o de vocês no balanço.	
Vivian	Eu acho que é o mesmo movimento. Não, não porque...	
Glauce	Você querendo ou não, você deu impulso puxando ela pra baixo.	
Vivian	Mas no final ele não continua, sei lá... é parecido.	
Glauce	É parecido. O impulso você puxa pra baixo, e quando você soltou, o papel ficou indo e vindo igual no balanço.	
Vivian	Sim, igual no balanço.	Encontram semelhança
Professora	E vocês?	
João	O movimento é o mesmo, mas a direção é diferente. Porque ele vai e volta, vai e volta.	

Professora	Por que vocês falam que é o mesmo movimento, mas é diferente ao mesmo tempo? Ele é parecido em que, com o movimento do balanço?	
João	Ele é um movimento cíclico.	
Vivian	Ele se repete.	
João	Ele vai e volta.	
Professora	É um movimento também, oscilatório?	Todos concordam
Professora	Se é um movimento oscilatório, ele tem um ponto de equilíbrio?	Todos concordam
Professora	Igual a vocês no balanço, essa mola também para?	
Vivian	Sim.	
Professora	Aonde?	
João	Quando a força da mola e a força da gravidade se anulam, ela para.	
Glauce	Quando ela perde velocidade, ela vai parando aos poucos.	
Professora	Em que ponto ela parou e voltou?	
Vivian	No ponto que ela saiu. No mesmo ponto que ela saiu, ela volta.	
Professora	Então também tem dois extremos? Tem amplitude nesse movimento?	Todos concordam
Professora	Qual a amplitude máxima desse movimento?	
Vivian	Quando você puxa.	
Glauce	Até onde a gente puxou pra soltar.	

Os alunos percebem claras semelhanças do movimento da mola com o movimento do balanço. Observam que o movimento é oscilatório pelo fato de ir e vir em torno de um ponto de equilíbrio e percebem também que precisam dar um impulso para o movimento iniciar. A professora chama atenção perguntando se na mola oscilando, também há dois extremos onde o movimento para e volta, e eles percebem que sim.

7.1.8 Episódio 1.8

Neste episódio, se define o conceito de movimento periódico e período, mostrando que num movimento oscilatório há um período de oscilação.

Nome	Fala
Professora	Quando eu falo período, lembra o que?
Glauce	Tempo.

Professora	Período é o tempo gasto para a realização de um evento. E o evento neste caso aqui, está se repetindo. Então esse movimento de oscilação é um movimento periódico. Tanto no balanço, quanto na mola.
Professora	O tempo gasto desde o início e final de uma oscilação, a gente vai chamar de período.

7.1.9 Episódio 1.9

Nesse momento, é realizada a prática experimental. Os alunos medirão o período de suas próprias oscilações. É solicitado que interpretem como período o tempo de um ciclo completo, e para isto, escolherão o início e fim do ciclo.

Nome	Fala
Professora	Vamos contar o período de vocês no balanço?
Vivian	Vamos! Eu primeiro.

A professora explica o manuseio do cronômetro, e no início eles tem um pouco de dificuldade. Dá a ideia de se balançarem, e depois decidirem em que momento começam a marcar, e quando acabar o ciclo, devem parar o cronômetro.

Nome	Fala
Professora	Eu quero que você conte o tempo de uma oscilação completa.
Vivian	Ah, tipo: de trás pra frente. Eu escolho. Aí eu aperto alí atrás, e aí quando chegar no ponto que eu quero eu paro.
Professora	Isso.

Vivian mediu 5 segundos com o cronômetro, mas o cronômetro estava com defeito e foi trocado. A aluna Glauce escolhe a amplitude máxima de trás para começar e parar o cronômetro e seus registros são: 3'74" e 3'48".

O aluno João escolhe os pontos da frente para marcar e suas medidas são: 4'08" e 3'79". A aluna Edna contou dois ciclos. Vivian tenta novamente e suas marcações são: 3'32" e 4'10".



Figura 7.5: Aluno cronometrando o período da oscilação
 Fonte: Autoria própria

7.1.10 Episódio 1.10

A professora introduz o conceito de frequência, a partir do uso desta palavra no cotidiano.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	O que significa pra vocês, no português, frequência?	
Vivian	É... quantidade que se repete. Tipo: eu não vou pra escola com muita frequência, a Gabriele vai com muita frequência. Tipo isso.	Todos riem
Professora	Mas aí, quando eu faço a pergunta da frequência, eu tenho que perguntar: Com que frequência você vai à escola? Ela tem que saber se eu tô perguntando durante a semana ou durante o mês, ou durante o ano. Então, é a quantidade de vezes que a Gabi vai à escola num espaço de tempo.	
Vivian	Sim. Aí vai depender se é semana, mês...	
Professora	Então pode ter várias unidades a minha frequência, né?	
Vivian	Pode.	
Professora	Eu posso ter unidade de dias também? De minutos?	
Vivian	Minuto?	

Professora	Não em ir à escola.	
Vivian	Ah tá.	
Professora	Mas outra coisa, por exemplo: pedir pra vocês medirem quantos batimentos o seu coração faz em um minuto.	
Vivian	Aham. Ou segundo.	
Professora	Ou segundo. Então a frequência é uma grandeza que está inerente ao processo de uma oscilação e a gente mede a quantidade de vezes que determinado evento acontece num período de tempo, tudo bem? Então a frequência está relacionada ao período. A frequência depende do período. Então a frequência está relacionada ao período de que maneira? Quantas vezes num determinado espaço de tempo, certo?	
Vivian	Certo.	

A professora propõe que os alunos meçam seus próprios batimentos cardíacos e os professores ajudam a cronometrar, para que eles possam contar. A professora propõe que se cronometre 15 segundos e eles contem, neste intervalo de tempo, o número de suas pulsações, e depois multipliquem por quatro, para saber quantos batimentos por minuto. Vivian começa contando o da professora.

Nome	Fala
Vivian	Deu 20.
Professora	Em 15 segundos.
Vivian	Seu pulso é muito forte.
Professora	Então são quantos batimentos por minuto?
Vivian	É... 80.
Professora	Muito bem. Então minha frequência está 80...
Vivian	Arrasou.
Professora	80 batimentos por minuto.

João mede seus batimentos, enquanto a professora conta os quinze segundos.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Quantos?	
João	28.	
Professora	28? Acho que você tá contando errado...	Assustada

Um dos professores comenta que o de João realmente está rápido e a professora verifica.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Tá rápido? Caramba, tá muito rápido mesmo. Então quantos por minuto? Em 60 segundos, multiplica por 4... dá 112. 112 batimentos por minuto.	
Professora	Se eu disser pra vocês que um atleta que tem uma frequência cardíaca de 120 batimentos por minuto...	Um dos professores brinca dizendo que é o aluno João.
Professora	É o João. Ele está parado com a frequência de um atleta. Quantos batimentos faz o coração dele em um segundo?	Risos
Vivian	60, porque o minuto tem 60 segundos, não perai.	
Glauce	Então, divide por 60, dá dois.	
Professora	Então como vai ser a minha frequência? Dois...	
Glauce	Dois batimentos cardíacos por segundo.	Glauce dá o resultado da operação
Professora	Então você vê que a frequência é expressa em quantidade de vezes por unidade de tempo. Então um atleta que tem 120 batimentos por minuto, tem dois batimentos por segundo. Porque invés de dividir por um minuto, eu vou dividir por 60 segundos. Ok? Qual o período de um batimento só do coração desse atleta?	Professora confirma o resultado
João	Meio segundo.	As meninas ainda estão pensando
Professora	Olha, vou fazer a pergunta de novo. Frequência é quantidade de vezes por tempo. Então se eu tenho dois batimentos por segundo, cada batimento dura quanto tempo?	
João	Vai demorar meio segundo.	
Professora	Vocês concordam? Se são dois batimentos pra cada segundo...	Professora refaz a pergunta e fala pausadamente
Vivian	Sim.	
Professora	Cada batimento dura...	
Glauce	Meio segundo.	Meninas concordam com João
Professora	Então se eu perguntar a frequência cardíaca desse atleta é dois batimentos por segundo. E o período vai ser meio, um sobre dois. Tudo bem?	
Meninas	Uhum.	
Professora	Tudo bem? 0,5 segundo.	

A professora introduz a unidade Hertz, explicando que é o inverso do segundo. Dizer que a frequência é 2 batimentos por segundo, é a mesma coisa que dizer que a

frequência é 2 Hz. João lembra que no violão, as cordas tem essa unidade de frequência.

Nome	Fala
Professora	Então, por que que a frequência da vibração das cordas do seu violão, também tem essa unidade de Hertz? Porque quando você vibra a corda do violão, também ele oscila várias vezes naquele segundo. Tudo bem?
João	Sim.
Professora	E tem coisas que oscilam muitas vezes por segundo, não é só dois Hertz, é muito mais, vide o violão.

7.1.11 Episódio 1.11

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Vocês mediram o período de vocês no balanço, ok? Deu aproximadamente quase 4 segundos. Vocês conseguem induzir qual seria a frequência? Quantas vezes vocês oscilariam num minuto? Ou vocês querem ir pro balanço e contar?	
Glauce	Um minuto?	
Professora	Se você demora 4 segundos pra uma oscilação completa, em um minuto vocês faz quantas oscilações?	
Vivian	120...	
Professora	Tudo isso?	
João	15.	
Professora	O João está falando que são 15 vezes.	
Vivian	Por que 15?	
João	Porque você vai ver quantas vezes uma oscilação vai caber em 60, então você vai dividir 60 por quatro.	
Vivian	É...	
Professora	Você demora 4 segundos pra fazer uma, pra fazer duas, 8 segundos, e assim por diante...	
Vivian	Gostei, gostei.	Vivian diz que gostou do raciocínio de João.
Professora	Vocês querem testar?	
João	Mó tempão balançando.	O aluno ri
Professora	Vai lá, João, que eu vou contar pra você.	

A professora pergunta como o aluno vai contar o número de oscilações e ele explica que vai começar atrás, do zero. Ela enfatiza que ele não poderá dar impulso

depois de começar a oscilação. Todos acompanham a contagem e a professora cronometra um minuto.

Nome	Fala
Professora	Passou um minuto e foram 16. Então foi bem próximo do que a gente calculou, porque eu aproximei o período de oscilação de vocês pra 4 segundos, mas na verdade é um pouquinho menos. Então ao invés de caberem 15 em um minuto, couberam 16.
João	E também depende muito da força que a gente aplica.
Professora	Na verdade depende da dissipação do movimento...
Vivian	Acho que a força não tem muito a ver não.
João	Dependendo da força que a gente exerceu, pode fazer o movimento mais vezes.
Professora	Mas se vocês perceberem, cada um fez o movimento com forças diferentes e o período deu quase o mesmo, né?
Vivian	Acho que a força não influencia muito.

João acha que o peso da pessoa no balanço também é uma variável no período, então a professora explica que a massa não influencia, pois quanto maior a massa, maior a força, mas em compensação, maior a inércia. Mas não convencido, repete-se da mesma amplitude, a oscilação do balanço vazio, e conta-se novamente 16 oscilações em um minuto.

7.1.12 Episódio 1.12

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Quantas oscilações acontecem em um minuto?	
Todos	16.	
Professora	Vocês disseram 15, porque fizeram o cálculo pra 4 segundos, né... Quantas oscilações acontecem então em um segundo?	
Vivian	Como que vai dividir 60 pra...	
Glauce	Que dá, dá.	
Vivian	Quanto que dá?	
Glauce	Dá um número decimal, mas dá.	
Professora	Por que que dá um número decimal? Qual o cálculo que vocês estão fazendo?	Professora tenta deixar claro que existe uma equação que eles já estão usando, dividindo o número de oscilações por unidade de tempo
Glauce	Porque 16 é menor que 60.	

Professora	Vocês estão fazendo qual cálculo?	
Vivian	60 por 16.	
Professora	60 por 16?	
Vivian	É, porque é 60 segundos.	
Glauce	Não, é quantidade por tempo. É 16 por 60.	
Vivian	Então...	
Professora	Você disse o contrário.	
Vivian	Ah tá.	
Professora	Se a gente fizer 15 por 60, pra arredondar, ficaria um sobre?	
João	Quatro.	
Professora	Quatro?	
João	Quatro vezes quinze é 60.	
Professora	Então o período do balanço de vocês foi aproximadamente quatro, certo? Quatro segundos. E a frequência foi aproximadamente um sobre...	
Glauce	Quatro.	
Professora	Quatro segundos, certo? Então eu pergunto pra vocês: Conseguem observar uma relação entre período e frequência?	Professora tenta deixar cada vez mais evidente que período e frequência são inversas
Vivian	Sim. A frequência eu acho que é menor do que o período.	
Professora	Sempre?	
Vivian	Não, sempre não.	
Professora	Depende da unidade?	
Vivian	É.	
Professora	O período a gente conta em segundos, a frequência a gente conta em...	
Vivian	Você decide.	
Professora	Quantidade de vezes por?	
Vivian	Segundo.	
Professora	Tem uma relação então, entre frequência e período?	
João	O período a gente conta em... tipo: Fui, voltou. Aí a frequência, quantas vezes ele faz isso num certo período de tempo.	
Professora	O período é quanto tempo dura uma oscilação e a frequência é quantas oscilações acontecem em um segundo, por exemplo.	
João	A Mizona do violão por exemplo, é 82 Hz.	
Professora	82 Hz significa oitenta e duas vibrações...	
João	Vibrações por segundo.	
Professora	Isso. Se são 82 vibrações pra cada segundo, qual o tempo de duração de uma oscilação?	

João	Ih... o tempo de uma. Vai ser 60 dividido por 82.	Um dos professores lembra que o aluno está fazendo a conta em minuto
Professora	É em minuto que você está fazendo o cálculo.	
João	Ah tá. Vai ser 82 dividido por centésimos. Vai ser um período muito curto.	
Professora	Menor do que um segundo?	
João	Bem menor.	
Vivian	Caraca, que doidera.	
Professora	Então, se o período de vocês no balanço é quatro segundos, a frequência por segundo seria um quarto, certo?	Todos concordam
Professora	Então significa que em um segundo você fez um quarto de oscilação. Se vocês demoram quatro segundos pra fazer uma oscilação completa, em um segundo apenas você faz um quarto da oscilação.	
João	Ou 25 %.	
Professora	25 %, né? Vocês concordam com isso?	
Vivian	Uhum.	
Professora	Gabi? Tá difícil?	
Glauce	Tá complicado.	
Professora	Pensa só: Pra você contar uma oscilação, você começou lá de trás, não foi? Aí você esperou ir e voltar. Se demora quatro segundos pra esse ir e vir, significa que pra você ir lá na frente demorou dois segundos.	Professora ilustra pausadamente
Glauce	Uhum.	
Professora	Então em um segundo, você está no ponto de equilíbrio ainda. Você saiu lá de trás, e chegou no ponto de equilíbrio: um segundo. Do ponto de equilíbrio até a frente: mais um segundo. Da frente até o ponto de equilíbrio: mais um segundo. E do ponto de equilíbrio até a volta: Mais um segundo, quatro segundos. Tudo bem?	
Glauce	Aham.	
Professora	Então em um segundo vocês só fazem um quarto da oscilação. Então vocês conseguem perceber a relação que tem a frequência da oscilação com o período de oscilação? Tem alguma relação matemática? Vocês conseguem enxergar isso?	
João	O período é o tempo que demora o movimento completo. A frequência é quantas vezes aquele movimento acontece no período de tempo.	
Professora	Se eu fosse escrever, a fórmula da frequência seria igual a um determinado n, número de vezes, de eventos, sobre um delta t. Tudo bem?	

	Só que se esse delta t for um período, eu posso trocar o n por um, que seria o tempo de uma oscilação.	
Professora	Então a minha frequência é matematicamente: um sobre o período. Então observem esta relação matemática: a frequência vai ser o inverso do valor do período. Então se o período são quatro segundos, a frequência vai ser um sobre quatro. E se o período fosse um quarto, a frequência seria quatro. É esquisito isso ou vocês entenderam?	
Vivian	É.	
Professora	Então, Vítor, se a frequência da corda é de 82 por segundo, na unidade de segundo seria um sobre 82, o período. Um sobre 82 dá quase um centésimo de segundo. Entendeu?	
João	Sim.	
Professora	Então a frequência pra gente, tem uma relação muito próxima com o período. Se a frequência é grande, o período é pequeno. Se o período é grande, a frequência que é pequena. Porque um é o inverso do outro. Por isso que quando vocês calcularam quatro segundos, pro período de oscilação do balanço, a frequência foi o inverso: um quatro, ou seja, 0,25 Hz. Tudo bem?	Todos concordam
Professora	Se eu der uma prova agora pra vocês?	
Meninas	Não.	Risos
Professora	Então, se alguma coisa é muito frequente, muito rápida, por exemplo, a pulsação, significa que o período de cada um é muito curto, certo?	
Vivian	Sim.	
Professora	Porque aquilo é muito rápido. Se eu faço uma frequência devagar, o período aumenta. Tudo bem?	Professora faz barulho com os dedos para exemplificar
Vivian	Uhum.	
Professora	Isso vale pra qualquer tipo de oscilação.	

O conceito de frequência é novo para eles, por isso, mais demorado e necessário mais exemplificações. A relação entre período e frequência foi sistematizado pouco a pouco através dos próprios exemplos da aula.

A professora usa outros exemplos para exemplificar esse conceito.

7.1.13 Episódio 1.13

Nome	Fala
Professora	Finjam que eu sou uma aluna nova, me expliquem o que é período e frequência.
João	Período é quanto tempo demora pra acontecer o movimento completo.
Glauce	Frequência é quantas vezes...
João	Frequência é quantas vezes o movimento...
Vivian	Foi feito.
João	Acontece num certo período de tempo.
Professora	E qual a unidade do período?
Vivian	Você decide: minuto, segundo.
Professora	Mas tem que ser unidade de tempo, né?
Todos	Sim.

Neste final de aula, a professora pede para que eles mesmos expliquem os conceitos de período e frequência, e eles o fazem em conjunto. A professora explica a unidade oficial do período e da frequência e encerra a primeira aula.

Os alunos tiveram a oportunidade de conhecer o Laboratório Didático de Física, o LADIF, no mesmo andar em que estavam (Figura 7.6). Além da aula, puderam explorar alguns experimentos do laboratório e se divertiram bastante.



Figura 7.6: Alunos e professores no LADIF após exposição
Fonte: Autoria própria

7.2 Aula 2

Esta segunda aula foi realizada com o mesmo grupo de alunos, em seu próprio colégio. Foi disponibilizada uma sala para a realização da atividade, no horário de contraturno das aulas deles. O aluno João chegou atrasado e por isso, em determinado momento, a atividade foi repetida com ele.

Antes da aula começar, a professora apresenta o equipamento que será utilizado nesta aula (Figura 7.7), o Oscilógrafo Manual, a criação do equipamento está no capítulo “Confecção de Materiais”. As alunas dizem já estar familiarizadas com o processo do desenho em relevo, pois lá utilizaram a técnica de desenhar na folha apoiada a uma trama de tecido de mosquito. Essa técnica consiste em forçar um lápis ou giz de cera na folha, e a força marcará levemente a folha que está por cima de uma tela de mosquito, e o desenho será percebido também em relevo.



Figura 7.7: Professora apresenta o Oscilógrafo Manual às alunas
Fonte: Autoria própria

Semelhante a esse material, a tela utilizada para marcar em relevo o movimento que será feito em cima do Oscilógrafo Manual, se chama Talagarça, e diferente do mosquito, é feita de tecido e o espaço entre os fios são um pouco maiores. As alunas tocam o equipamento e começam a entender seu funcionamento. A professora mostra todos os tipos de papéis que ela trouxe para testar quais são melhores para o tato dos alunos.

Então, antes de iniciar a aula, as alunas fazem desenhos nesses papéis com canetas diferentes, a fim de escolher os melhores materiais para a percepção tátil. Elas desenharam (Figura 7.8) e depois sentem do lado avesso do papel, o que elas riscaram.



Figura 7.8: Aluna contorna sua mão com a caneta no papel, sobre a tela do Oscilógrafo Manual
Fonte: Autoria própria

7.2.1 Episódio 2.1

A professora relembra conceitos da primeira aula. Antes de entrar na questão dos ciclos, pergunta-se o início e final do ciclo.

Nome	Fala
Professora	Quais eram os momentos que a velocidade chegava a zero?
Glauce	Quando tava lá atrás...
Vivian	E lá na frente.
Glauce	E pronto pra ir.
Vivian	Isso, quando recomeçava.
Professora	E vocês lembram quando começa e termina um período?
Vivian	Começa quando você tá lá atrás, e termina quando você vai lá pra frente, aí volta de novo que tá começando.
Professora	Foi isso, Gabi? Vocês lembram que estavam com um cronômetro? Quando vocês iniciavam o cronômetro?
Vivian	Podia ser atrás ou na frente.
Glauce	É.
Professora	Eu lembro que a Gabi começou lá atrás.
Glauce	Aham.

Professora	E quando foi o momento que você pausou o cronômetro?
Glauce	Quando eu voltei lá pra trás de novo. Quando tipo assim, eu comecei lá atrás, aí eu fui pra frente e quando eu voltei lá pra trás eu pausei.
Professora	Foi isso, Vitória?
Vivian	Foi.
Professora	Então, Vitória, você disse que poderia pausar lá na frente, na verdade...
Vivian	Era atrás, eu confundi.
Professora	Você tem que voltar lá atrás pra poder começar de novo.
Vivian	Sim.
Professora	Então, a gente sempre vai fechar um ciclo quando você iniciou o movimento oscilatório e você terminou, no sentido de recomeçar de novo. Ele não vai terminar alí, ele não vai parar, vai continuar oscilando, só que ele terminou um ciclo apenas.
Vivian	Uhum.
Professora	Então, é um movimento repetitivo, de vários ciclos que se repetem. E um ciclo ele começa onde você quiser, mas tem que parar...
Vivian	Onde você começou.

A professora relembra a aula anterior, que aconteceu uma semana antes e compara os ciclos do balanço com os ciclos da mola, mostrando que é semelhante.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Esse movimento lembra com o de vocês no balanço. Por que?	Professora se refere ao movimento da mola
Vivian	Ele tá indo e voltando.	
Professora	Mas ele tá indo e voltando e passando por onde?	
Vivian	Pelo meio.	
Glauce	Pelo ponto de equilíbrio.	
Vivian	É.	
Professora	Qual seria o ponto de equilíbrio?	
Meninas	O meio.	

7.2.2 Episódio 2.2

A professora explica que será registrado em papel o movimento de oscilação. Elas perguntam se é em tela de mosquito com o giz de cera, e a professora apresenta o Oscilógrafo Manual, criado especificamente para esta aula. Mostra para elas como foi feito e como funciona.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Já que vocês conhecem essa técnica de riscar e aparecer em relevo, com o mosquiteiro, eu vou fazer isso com vocês, com vários tipos de papel.	

Vivian	Ih caraca, maneiro. Ficou bem perceptível. Aqui atrás também dá pra ver?	
Glauce	Parece Braille, né?	
Vivian	Aqui atrás ficou melhor.	As alunas vão testando os papéis e canetas
Professora	Mas vocês entenderam o procedimento?	
Glauce	Uhum.	
Vivian	Sim.	
Professora	Vocês vão escrever de um lado e vocês vão ver o verso dele.	
Vivian	No giz de cera você coloca a mão no mesmo lado.	
Professora	Isso. Aí aqui é o oposto porque você vai furar embaixo. Ele vai passar pelos quadradinhos furando.	
Glauce	Tenta fazer um "Braille" aí, gente.	
Professora	Não, mas essa distância aqui não é igual ao do braille.	

Professora explica o procedimento de oscilação na máscara e como puxar a tábua de cima do Oscilógrafo Manual para registrar a oscilação em função do tempo. As alunas exploram o equipamento antes de usá-lo (Figura 7.9).



Figura 7.9: Alunas explorando o funcionamento do Oscilógrafo Manual
Fonte: Autoria própria

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Entenderam como é que funciona?	

Meninas	Sim.	
Professora	Você vai deslizar pra esquerda, como ele está sobre o trilho, ele não vai ficar torto. Ele vai puxar sempre na horizontal.	
Professora	A gente vai colocar o papel, vocês vão repetir o processo de oscilação igual o que vocês sentiram da mola, no braço de vocês, ok?	
Glauce	Uhum.	
Professora	E ao mesmo tempo que vocês fizerem a oscilação, vocês vão puxar pra esquerda. Onde vocês vão fazer a oscilação? Com a caneta, nesta máscara de metal. Tá vendo que tem um buracozinho?	As meninas vão explorando para entender o procedimento
Professora	Então vocês percebem que o trilho está se deslocando na horizontal, só que vocês vão fazer o movimento...	
Meninas	Na vertical.	
Professora	Que é perpendicular ao movimento de você puxar esse trilho. Tudo bem?	
Meninas	Uhum.	
Professora	Bora?	
Meninas	Bora.	

Elas perguntam sobre os elásticos que estão na máscara e a professora explica que estão amarrados ali para que a oscilação seja suave e no vai e vem, a caneta não fique presa na folha.

7.2.3 Episódio 2.3

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Quando você puxar, isso aqui vai andando.	
Glauce	Eu tô imaginando o desenho lindo que vai sair.	
Vivian	Maravilhoso.	
Professora	Vocês imaginam como vai sair o desenho?	Professora aproveita para fazê-las imaginarem como sairá o desenho
Vivian	Não, tipo assim...	
Glauce	A gente tá falando imaginar num outro sentido.	

Professora explica que com a mão direita, com a caneta dentro da máscara, elas vão simular a oscilação da mola, e com a esquerda, puxarão a parte de cima do oscilógrafo, com velocidade constante.

O primeiro desenho é o da Glauce (Figura 7.12). Percebe-se bem definida a senóide, mas ainda fraca para o relevo.

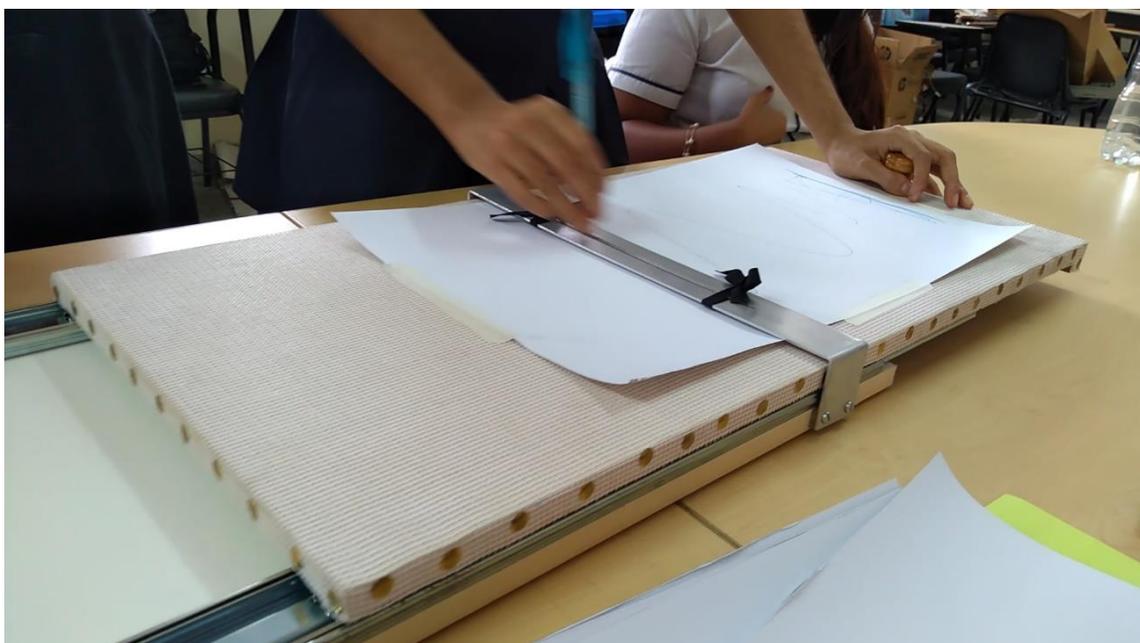


Figura 7.10: Aluna movimentava a caneta dentro da máscara e puxava a placa perpendicularmente
Fonte: Autoria própria

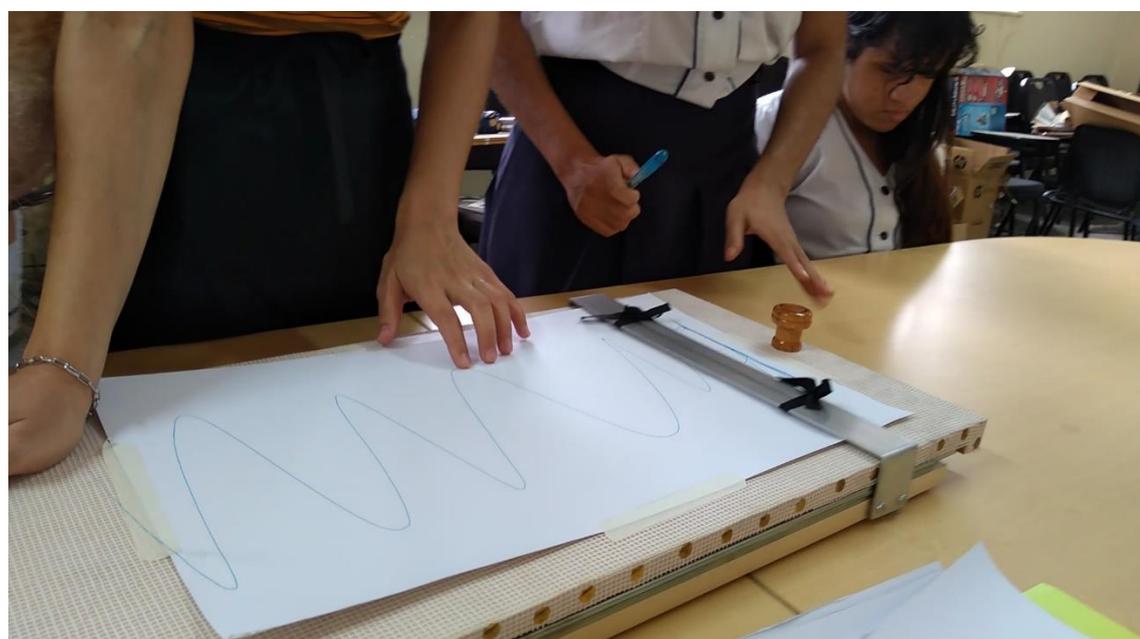


Figura 7.11: Aluna termina o procedimento e aparece o desenho da senóide riscado sobre o papel
Fonte: Autoria própria

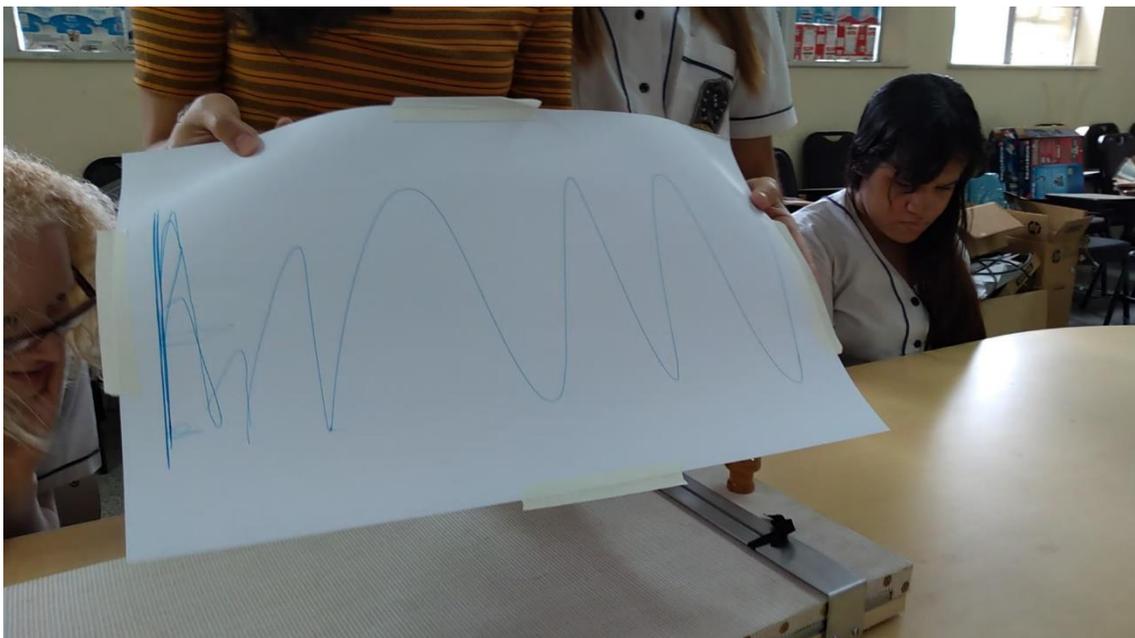


Figura 7.12: Professora mostra o resultado do gráfico
Fonte: Autoria própria

Repete-se o procedimento com o verso da folha (Figura 7.13), onde o papel é plastificado e a aluna sente o desenho que se formou no verso (Figura 7.14).



Figura 7.13: Aluna repetindo o procedimento no lado mais liso da folha
Fonte: Autoria própria



Figura 7.14: Aluna visualiza com as mãos o desenho marcado no verso da folha

Fonte: Autoria própria

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Quer sentir como ficou o desenho?	
Glauce	Ah, várias ondinhas! Ah, nossa!	
Professora	Você esperava visualizar isso?	
Glauce	Não, não. Várias ondas.	Ela identifica o desenho da senóide

Repete-se o procedimento com a Vivian agora. Ela também faz duas vezes para melhorar o desenho.

Nome	Fala
Professora	Agora você pode sentir.
Glauce	Ficou várias ondinhas, não ficou?
Vivian	Ih, caraca, mané. Ih! Ih, maneiro. Peraí, mas é tudo isso?
Professora	Mas essa imagem, vocês esperavam que tivesse ficado assim?
Vivian	Não! Eu achei que fosse um negócio pequenininho.
Professora	Vocês conhecem essa curva?
Glauce	Não é a onda?
Vivian	É a curva que meu ônibus faz quando eu tô indo pra casa.
Vivian	É, igualzinho, várias curvas assim.
Professora	Você imaginava que daria essa curva?
Vivian	Não. É reto, aí não parece que vai dar uma curva. Maneiro, caraca.
Vivian	Mas gente, tô impressionada.
Professora	Com o que?
Vivian	Com as curvas que deram e o tamanho que ficou.

7.2.4 Episódio 2.4

Depois que todas as alunas fizeram seu desenho, a professora pega os desenhos e começa a fazer perguntas para que respondam depois da experiência.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Essa imagem revela o movimento que você fez com a mão direita? A imagem que deu no final.	
Vivian	Eu acho que não. Pra mim não.	
Glauce	Sei lá... Esse redondinho aqui não ficou tão coisa não.	
Professora	No início das curvas, ignora, porque não houve deslocamento.	
Vivian	Olha que maneiro.	
Glauce	Que emoção, eu que desenhei.	
Professora	O que aconteceu quando o tempo passou e você deslocou a folha pra esquerda?	
Vivian	O que aconteceu?	
Professora	O que aconteceu quando o tempo passou e você deslocou a folha pra esquerda?	
Glauce	Eu desenhei outra voltinha.	
Vivian	Sim, continuou desenhando.	
Glauce	O negócio entrou em movimento e eu continuei em movimento.	
Professora	Tente explicar a relação do movimento que você fez e o desenho resultante no papel.	
Glauce	Não consigo explicar.	
Vivian	Eu não consigo porque quando a gente fez o movimento, tava reto, aqui não, aqui tem várias curvas.	
Glauce	Mas em compensação, a gente também foi puxando o negócio pra esquerda.	
Vivian	É, pode ser. Mas eu não consigo raciocinar totalmente. Não, relacionar.	Nesse momento, os alunos tentam entender o resultado do desenho, pois nunca utilizaram um aparelho semelhante
Professora	Olha, o que vocês fizeram não foi uma caixa preta.	
Vivian	É o que?	
Professora	Não foi um aparelho de computador que vocês projetaram e saiu no papel. Foi um processo mecânico e vocês que fizeram. Vocês fizeram o movimento vertical e também puxaram na horizontal, ao mesmo tempo. E o resultado foi esse.	

Vivian	Que maneira.	
Professora	Vocês fizeram uma oscilação na vertical, e puxando na horizontal, o resultado foi esse desenho. Vocês conseguem explicar a relação da oscilação que vocês fizeram puxando, e dar como resultado essa imagem?	
Glauce	Eu subi, quando eu fui descer, aí eu puxei, aí eu acho que fez essa voltinha aqui.	Glauce narra todo o procedimento tentando refletir sobre a relação do movimento vertical com o horizontal
Professora	O que vocês fizeram com a mão direita?	
Glauce	Subi e desci, subi e desci.	
Professora	Nesse desenho, tem subidas e descidas?	
Meninas	Tem!	
Professora	Ah, então tem algo parecido, né?	
Vivian	É, é.	
Professora	Não é totalmente diferente, né?	Professora esclarece semelhanças
Vivian	É, não.	
Professora	Então você subiu e desceu com a mão direita e esse desenho também tem subidas e descidas.	
Vivian	Sim, é mesmo. Caraca.	
Professora	Se vocês não deslocassem, como é que ficaria o desenho?	
Vivian	Todo reto.	
Glauce	Ficaria um "i" grandão.	
Vivian	Tipo assim... é, um "i".	
Professora	E por que é que ficou um desenho assim?	
Glauce	Porque foi deslocando com a mão esquerda.	
Vivian	Sim. Porque teve deslocamento. Aí alterou...	
Glauce	O desenho.	
Professora	O que representa o eixo horizontal?	
Vivian	O horizontal representa o "puxando". E o vertical o...	
Glauce	"Subindo e descendo".	
Vivian	É.	
Professora	Concorda comigo que na hora que vocês puxaram pra esquerda, o tempo estava passando?	
Vivian	Sim.	
Professora	Vocês não estavam paradas com a mão.	
Vivian	As duas estavam em movimento.	
Professora	Só que vocês estavam marcando várias posições naquela máscara.	

Vivian	É tipo, a gente tava demarcando por onde a gente passava.	
Professora	Então você concorda, Vivian, que na hora que você fazia a oscilação com a mão direita, você estava a todo momento registrando vários pontos de posição?	
Vivian	Sim.	
Professora	Então no eixo vertical, vocês estão marcando sua posição. Certo?	
Vivian	Certo.	
Professora	Se essa tampa aqui, de cima, não fosse se deslocar, você estaria registrando a posição sempre no mesmo eixo.	
Vivian	É, é tipo um movimento circular, você estaria girando em torno dele mesmo.	
Professora	É, só que nesse caso aqui, é uma reta vertical. Então você vai e volta na mesma reta.	
Vivian	Sim.	
Professora	Sendo que quando você puxa pra esquerda, você está marcando a posição, numa escala de tempo que você dá. O tempo está transcorrendo enquanto você está puxando pra esquerda. Então, o que vocês fizeram aqui em cima dessa tampa ao puxar, foi um gráfico.	Professora mostra passo a passo, o que representa o eixo vertical e o horizontal, e elas vão concordando
Vivian	Ih, Glauce, a gente já pode falar pros professores que a gente sabe fazer gráfico.	
Glauce	Papo reto.	Risos
Professora	E aqui, o interessante é que dá pra fazer qualquer tipo de gráfico. Só que eu estou fazendo com vocês, um gráfico do movimento oscilatório, não é qualquer movimento. Vocês foram registrando nessa folha, quais posições vocês foram colocando na caneta, e quando vocês puxam pra esquerda, em uma escala de tempo que você dá, você registra no eixo horizontal, uma marcação de tempo. Então a visualização que você tem ao final, é um gráfico posição versus tempo de um oscilador.	

A professora explica que nesse caso, a mão é o oscilador, que imita a oscilação da mola, que é semelhante à oscilação no balanço.

Nome	Fala
Professora	Vocês reproduziram isso no eixo vertical, então vocês foram marcando as posições no eixo horizontal, conforme vocês foram puxando, demarcando o tempo no eixo horizontal. Então, vocês acabaram de fazer um gráfico, na mão.

Glauce	Pra que computador se nós podemos fazer na mão?
Professora	Agora que eu falei pra vocês que isso é um gráfico, faz sentido?
Vivian	Sim. Agora que você falou, faz.

7.2.5 Episódio 2.5

A professora marca no gráfico, os eixos cartesianos.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Nesse registro que vocês fizeram, há um ciclo acontecendo, do movimento oscilatório, ou vários ciclos concluídos?	
Vivian	Vários ciclos concluídos. Tipo nessas curvinhas.	
Professora	Tem vários ou um só?	
Vivian	Eu acho que tem vários.	
Glauce	Tem vários.	
Professora	Quantos ciclos?	
Vivian	No meu, foram sete.	
Glauce	Você tá contando subida e descida?	
Professora	Aí é que tá. Eu não vou responder não. A pergunta é pra vocês.	Risos
Glauce	Hein, Vivian?	
Vivian	Não, o meu tem seis ciclos.	
Glauce	É subida e descida?	
Vivian	Eu tô contando assim.	
Glauce	Um, dois, três, quatro, cinco, seis. O meu tem seis.	
Professora	Indique pra mim o início e o final de um período.	
Vivian	Ih...	
Glauce	O início é aqui, mas o final...	
Professora	Você pode pegar qualquer ciclo. Vocês disseram que tem vários ciclos.	
Glauce	Mas do início é mais fácil.	Aluna indica no gráfico dois pontos de mínimo consecutivos (Figura 7.15)
Vivian	Mas não tem fim. Eu só achei o início.	
Professora	Vocês concordam que isso vai se repetindo?	
Vivian	É.	
Professora	Eu só quero o início e o término de um ciclo, não de todo o movimento.	

Com esta pergunta, espera-se que eles consigam identificar no gráfico, o que perceberam na primeira aula, onde se inicia e encerra um ciclo.

Nome	Fala	Breve comentário
Vivian	O meu é daqui até aqui	Vivian coloca um dedo numa crista e outro no vale seguinte
Professora	Então você acha que...	
Glauce	Porque ele vai subir de novo.	
Professora	Então aí terminou um ciclo?	Glauce coloca um dedo em um vale, e o outro no vale seguinte
Glauce	Uhum.	

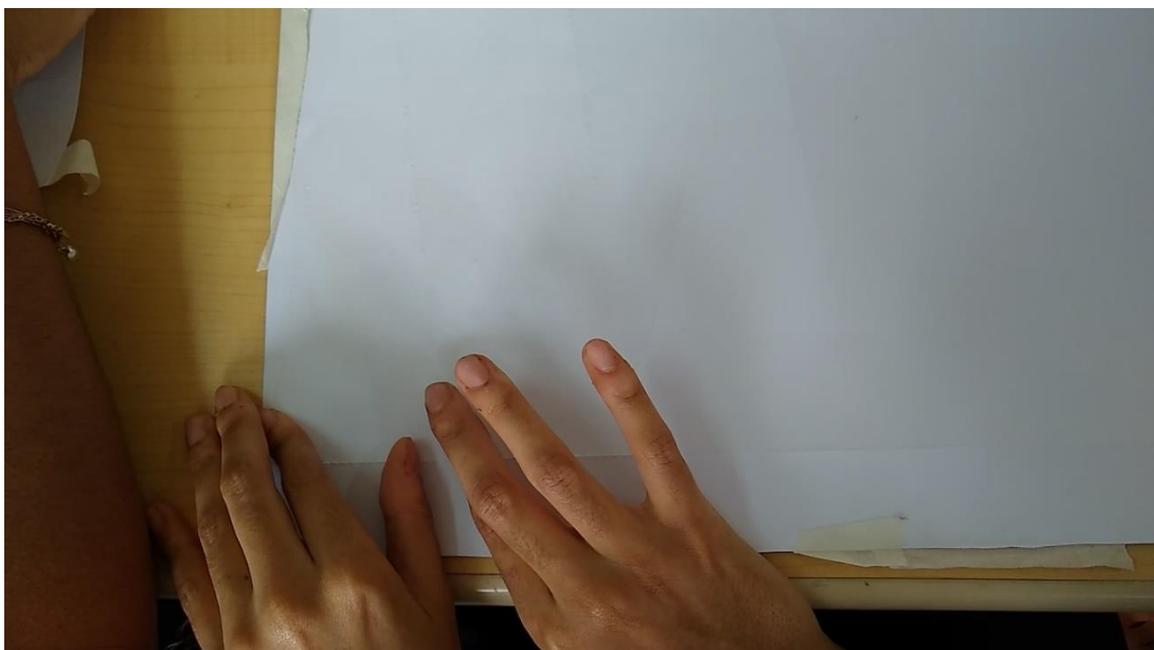


Figura 7.15: Aluna indica com os dedos o início e final de uma oscilação. Na imagem, ela escolhe o primeiro mínimo e o mínimo consecutivo da figura

Fonte: Autoria própria

Há uma divergência entre as respostas e a professora pede que comparem as respostas, usando o mesmo gráfico. Glauce mostra às meninas sua resposta em seu gráfico (Figura 7.16). Nesse momento João chega na sala.



Figura 7.16: Glauce mostra às meninas sua resposta

Fonte: Autoria própria

Nome	Fala	Breve comentário
Glauce	Aqui é o início. Subi, vai descer pra subir de novo.	
Professora	Então, por que que aí é o início e o final de um ciclo? E a Vivian colocou um embaixo e um em cima?	
Glauce	Por que, Vivian? Explica.	
Vivian	Eu botei embaixo e em cima porque por exemplo, embaixo tá começando, aí ali tá terminando, aí pra você voltar só é você ir pra trás.	
Professora	Isso é semelhante ao movimento de vocês no balanço. Então, se a Glauce escolheu essa parte de trás pra começar, é como se eu tivesse lá atrás também no balanço.	Professora mostra que o gráfico está registrando um movimento oscilatório e lembra que para contar o período do balanço, eles iniciaram e terminaram no mesmo local
Vivian	Hum	
Professora	Que é quando vocês apertaram o cronômetro, não foi?	
Glauce	Uhum.	
Professora	E aí, quando vocês pausaram o cronômetro?	
Vivian	Quando tava lá atrás de novo, quando voltou pro mesmo lugar.	

Professora	Então essa escolha de vocês, a escolha que a Glauce fez, Vivian, tá certa? Escolhendo dois pontos aqui atrás?	
Vivian	É, acho que sim.	
Professora	Por quê? Parece com o balanço?	
Vivian	Parece.	
Professora	O João, no dia, ele começou a cronometrar lá na frente.	
Vivian	Aí teria que voltar lá pra frente, ele teria que ir pra trás, atrás dele seria a frente nossa, aí quando ele voltasse pra frente seria a nossa atrás.	Vivian demonstra que entendeu e que no caso do João, o início e final eram na frente

7.2.6 Episódio 2.6

Repete-se o procedimento com o João, mostrando o funcionamento do equipamento para que ele faça seu gráfico.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Você imagina, que você desenhando isso, vai ficar qual imagem, no papel?	
João	Ham... É, vai ficar tipo... um...	
Professora	Se ficar parado o papel?	
João	Vai aparecer um monte de risquinho assim. Agora, se eu for fazendo aqui igual o balanço, no começo e no final...	O aluno representa a imagem de uma linha horizontal
Professora	Isso aqui, sem tirar do papel.	
João	Ah, tá. Vai ficar um monte de risco.	

Professora explica novamente o procedimento da caneta na máscara.

Nome	Fala
João	Ah, tá. Então fazendo e puxando ao mesmo tempo.
Professora	Vai fazendo constantemente.
João	Vai ficar um monte de zigue zague.
Professora	Você acha?
João	É. Deixa eu começar então.



Figura 7.17: O aluno faz o procedimento
 Fonte: Autoria própria

Nome	Fala
Professora	João, você esperava que ficasse assim, o desenho?
João	Eu esperava, porque eu falei que ia ficar um monte de lista, porque eu pensava que a gente ia frear e puxar, frear e puxar. Aí quando você falou que a gente ia puxar ao mesmo tempo que coisasse, aí ia ficar... Lembra do que eu falei: Ah, vai ficar um zigue zague.
Professora	Você já fez coisa parecida? Ou você só imaginou que ficasse assim?
João	Devo ter feito.

7.2.7 Episódio 2.7

Nome	Fala
Professora	Nesse registro há um ciclo ou vários ciclos?
João	Vários ciclos.
Professora	Indica pra mim o início e final de um ciclo, quando o outro vai recomeçar.
João	Aqui começou um. Aí aqui terminou.
Professora	Então você pegou dois pontos aí embaixo, né?
João	É.

7.2.8 Episódio 2.8

Agora, a professora sugere que uma das variáveis da oscilação seja modificada. E simulando o mesmo procedimento que fizeram, puxando a tábua com

velocidade constante, mas variando a frequência de oscilação, pergunta se o número de ciclos que aparecerão desenhados no papel irá variar, e de que forma.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Se eu repetir o processo numa frequência maior, a frequência do seu zigue zague, da sua oscilação, o desenho permanece o mesmo ou o número de ciclos muda?	
João	Muda.	
Vivian	Eu acho que muda. Porque tá mudando alguma coisa, então automaticamente muda o ciclo.	
Glauce	Uhum.	
Professora	E uma oscilação mais lenta? Como é que ficaria o desenho?	
Vivian	Ficaria maior. Acho que os ciclos seriam intervalos menores.	
Glauce	As ondas ficariam maiores.	
Vivian	Não, pera.	
Professora	Mais largas, que você diz?	
Vivian	Isso.	
Professora	Então, se eu for comparar o desenho da Glauce com o desenho da Vivian...	
Glauce	A Vivian eu acho que fez mais devagar, né?	
Vivian	Quanto mais rápido eu fui, maior ficou o espaço. Eu não entendi isso.	
Glauce	É, por isso que eu tô perguntando.	
Professora	É porque tem duas variáveis nesse processo. A rapidez com que você puxa e o período de oscilação.	Professora percebe que elas estão confundindo a rapidez da oscilação com a de puxar a tábua. As duas variáveis confundiram a observação
João	Era isso que eu ia falar. Vai ver que mesmo ela riscando rápido, ela puxou muito rápido. Aí então acaba não fazendo muita diferença.	
Professora	Então, o que acontece? A gente tá fazendo o desenho de um gráfico, posição versus tempo de um oscilador. O que que é bom a gente manter? Sempre a velocidade constante do puxão que você faz, certo? Pra você ter uma variável fixa, né? Deixar de ser variável, pra você se importar com outros parâmetros.	

A professora explica que o parâmetro que eles precisam observar é a oscilação que eles fazem com a mão, enquanto o puxão deve permanecer constante.

Nome	Fala
Professora	A pergunta que eu tô fazendo é: Se eu aumentar ou diminuir essa frequência com que você faz a oscilação. Mas pra você responder isso, esse puxão tem que ser constante. Só que o puxão da Vivian foi muito rápido, e aí as ondas ficaram mais largas...
Glauce	Ela puxou mais rápido do que ela subiu.
Professora	É, mais ou menos isso.
Glauce	Tipo assim: ela puxou, subiu, não deu tempo dela subir de novo, a mão direita não obedeceu o pensamento dela.
Professora	Na verdade, você pode puxar com qualquer velocidade, eu não especifiquei pra vocês. Sendo que isso também é uma variável.

A professora sugere que uma pessoa repita com frequências diferentes. A aluna Glauce se voluntaria. Para ajudar, a professora puxa, para manter constante a velocidade do puxão.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Aqui você foi lento, então a frequência vai ser... maior ou menor?	
Vivian	Maior.	
Glauce	Menor.	
Professora	O período? Vai ser maior ou menor? Se foi mais lento, durou...	
Glauce	Mais tempo.	
Professora	Mais tempo, então o período é grande, certo? Então eu vou botar assim: T, que é o período, de tempo, maior, tá?	Professora registra no papel
Professora	Agora você vai ter que fazer muito rápido. Mas sem tirar do papel. E eu vou puxando, com a mesma velocidade, tá? Vai.	Glauce está desenhando a oscilação
Professora	Aqui eu vou botar que o período foi menor. Quantas oscilações tiveram? Mais ou menos? Conta aí.	Professora pede para que verifique no papel
Glauce	Dezessete.	
Professora	Então, gente. Comparando o primeiro desenho com o segundo, qual obteve mais ciclos?	
Glauce	Segundo.	
Professora	Então olha só: eu puxei com a mesma velocidade, então eu estou dando ao gráfico, uma escala de tempo igual, certo?	
Glauce	Certo.	
Professora	Então eu não tô variando a escala do gráfico, é a mesma. O que mudou foi a frequência com que você fez a oscilação. No primeiro momento, o seu período foi maior, se o período foi maior, a	

	frequência foi menor. Então foi mais lento, e mais lento deu seis, né? Seis ciclos.	
Vivian	No outro foi dezessete.	
Professora	Por quê? Como a frequência aumentou, o período diminuiu. Como que a gente contaria o período nesse ciclo? Daria pra medir? No balanço vocês usaram o cronômetro.	
João	Ué, pega o cronômetro, quando começar a caneta, aí aperta e quando terminar, aperta de novo. Só que haja mão, né? Mão pra puxar, mão pra escrever, mão pra apertar o cronômetro.	Risos
Professora	Se por exemplo, eu demorei quatro segundos pra fazer todo o procedimento de puxar? Qual o período do primeiro movimento da Glauce? Dá pra saber? Se o tempo total da escala do gráfico foi quatro segundos.	
João	Uma dúvida: o período tá ligado a uma oscilação completa, ou o período só tá ligado à, tipo...	
Professora	Na física, o período é o tempo de um ciclo completo.	
Professora	No exemplo eu disse: Se o tempo que eu gastei pra começar e terminar de puxar, o tempo total da escala do gráfico for quatro segundos...	
João	Ah, tá.	
Professora	Qual o período de cada ciclo nesse papel?	
João	Você pega os ciclos e divide por quatro.	João inverte a operação
Vivian	Não entendi, buguei.	
Professora	Olha, Se a escala total é quatro segundos, eu pergunto o período de um ciclo só, ele tá falando: Bem, se tem vários ciclos, eu pego aquela quantidade de ciclos e divido por esse tempo que você gastou.	Eles ainda fazem o cálculo inverso
Professora	A gente fez seis sobre quatro, na verdade seria quatro sobre seis. Que seria 0,67 segundo. E o outro seria quatro por vinte, que seria um sobre cinco. A mesma coisa que 0,2 segundo. Então o primeiro período foi 0,67s, e o segundo foi mais rápido, 0,2s. Pega quantos ciclos aconteceram e divide pela escala total do gráfico.	

Ao final da aula, a professora recapitula os conceitos de período e frequência e explica a partir do gráfico, o que a variação dessas grandezas implica fisicamente. Depois apresenta o desenho de uma senóide feita em cola relevo (Figura 7.18), para

mostrar o formato e amplitude do movimento, e explica como funciona um aparelho de sismógrafo e um eletrocardiograma.

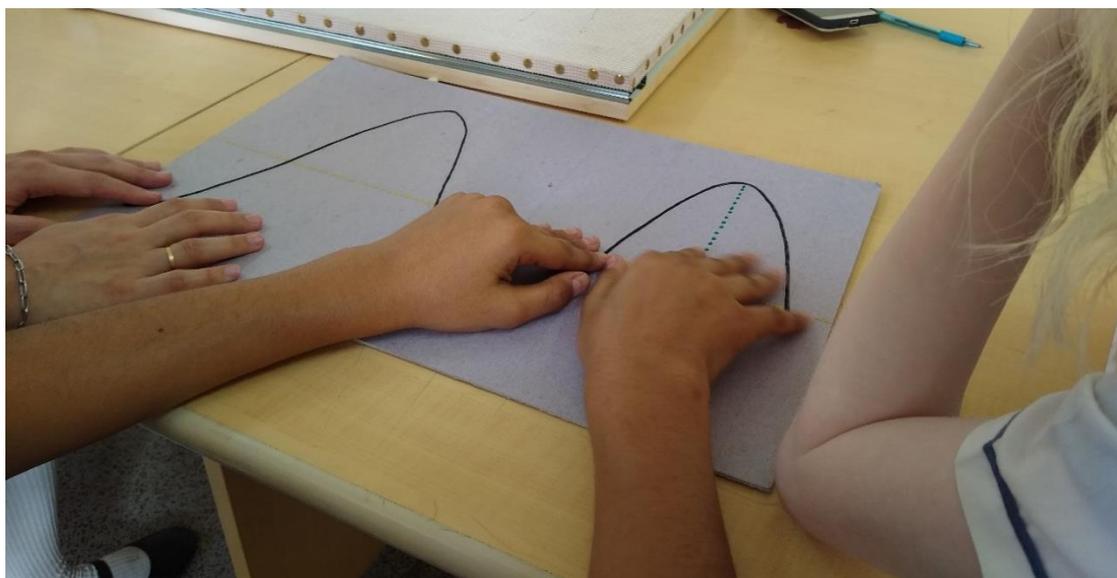


Figura 7.18: Alunos exploram o modelo da senoide em relevo de cola colorida
Fonte: Autoria própria



Figura 7.19: Professora e alunos mostrando seus gráficos ao final da aula
Fonte: Autoria própria

7.3 Aula 3

Dando início à terceira e última aula, a professora recapitula os conceitos de período e frequência das primeiras aulas, lembrando que as grandezas são

inversamente proporcionais. A aula ocorre novamente no próprio colégio, com os quatro estudantes, no horário de contraturno. Foram utilizados na aula, três equipamentos pensados especificamente para esta aula: os pêndulos interligados, a caixa box com as bolinhas que flutuam na água e a caixa de ondas, todos descritos no capítulo de Confecção de Materiais.

Esta aula foi a mais extensa, pois havia mais experimentos e as perguntas tinham o interesse de relacionar a oscilação ao fenômeno ondulatório, ou seja, regressar à primeira aula, e concluir ao final desta, toda a relação dos osciladores à propagação de uma onda. Além disso, foi utilizado novamente o Oscilógrafo Manual para concluir alguns conceitos.

7.3.1 Episódio 3.1

Antes do experimento, eles visualizam a estrutura do equipamento: a base de madeira, o cano que sustenta os pêndulos, os pêndulos e o fio horizontal que interliga um pêndulo ao próximo (Figura 7.20). As demonstrações foram realizadas separadamente com cada aluno, e ao longo da aula, os alunos refletiam e respondiam, ora individualmente, ora em grupo.



Figura 7.20: Professora apresenta o conjunto de pêndulos interligados e aluno explora o material
Fonte: Autoria própria

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Eu quero que vocês visualizem com a mão de vocês a estrutura que está aqui.	
Professora	Aqui eu tenho uma estrutura de madeira, tá? E aqui em cima eu tenho um ferrinho, e nesse ferrinho, tem vários fiozinhos, que eles chegam até o final, com um pesinho na ponta.	
João	Ah, tipo aquele... caraca, tem um instrumento que é assim, aquele que faz: tililililim.	O aluno visualiza o conjunto com as mãos
Monitor	Carrilhão	
João	Deve ser. Aí tem aqueles anjinhos também que ficam batendo um no outro.	
Glauce	É sinos, tipo aqueles sinos de porta?	Tenta identificar pela descrição
Vivian	É tipo móbile.	Tenta identificar pela descrição
Professora	Aqui tem um fiozinho passando por todos eles, entendeu? Tá vendo este fio na horizontal?	Guiando a mão do aluno
João	Aham. Mas, pra que que tem esse fio no meio se ele não precisa dele pra poder balançar?	O aluno pega um deles, e observa que o fio não está preso ao fio da horizontal
Professora	Isso aí a gente vai responder depois.	
Glauce	Mas não é pra balançar, ela não falou que era pra balançar.	
João	Aqui é um monte de pêndulo, então com certeza eles têm que balançar.	

Antes de demonstrar o funcionamento dos pêndulos, a professora mostra a cada um a estrutura do conjunto e que com uma régua grande, está colocando todos os pêndulos em repouso, para reiniciar o experimento.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Vocês perceberam que no final do pesinho, ainda tem um fiozinho?	
Glauce	Aham.	
Professora	Esse fiozinho é pra vocês sentirem através do braço de vocês...	
Vivian	Huumm.	
Professora	Tá bom? E eu vou colocar o braço de vocês embaixo disso daqui. Vou fazer com cada, tá?	A professora começa com o João, colocando um apoio embaixo do braço (Figura 7.21)
Professora	Vocês viram que tem vários, né? Então, eu vou dar o primeiro na mão de vocês, e vocês vão soltar como se fosse vocês no balanço, tá?	Professora fala, enquanto realiza as ações com João

João	Uhum.	
Professora	Aí você vai perceber aqui embaixo se eles estão em movimento ou não. Mas pra isso, você tem que deixar esse braço direito em repouso e o esquerdo você vai soltar esse pêndulo, tá? Sem força, só soltar o pêndulo.	Na primeira vez, o pêndulo embola com o próximo e a professora pede que repita.
Professora	Pode soltar.	O aluno observa o movimento, à medida que vai no sentido da mão, ao cotovelo
João	Que maneiro. Hum... estão se mexendo, quer dizer, esse tá se mexendo mais que os outros...	Sorri
João	Mas os outros também. Os que estão mais perto dele estão se mexendo.	Aponta para um dos pêndulos que está oscilando na mão dele
João	Dá nervoso, parece um monte de inseto andando, dá vontade de dar um porradão. Que nervoso, cara. Parece um monte de bichinho.	Risos (Figura 7.22)



Figura 7.21: Aluno com o braço embaixo dos pêndulos, antes de iniciar o movimento
 Fonte: Autoria própria



Figura 7.22: Aluno percebendo a movimentação dos pêndulos através dos fios que estão neles
 Fonte: Autoria própria

Nome	Fala	Breve comentário
João	Não é nem aquela cosquinha boa, sabe? Aquelas patinhas.	
Professora	Tenta perceber o que você está sentindo.	
João	Parece que tem um bicho andando, que nervoso.	Risos
Professora	É instantâneo o movimento?	
João	Não. Ele vai... quando eu solto ele, ele vai começando a fazer os outros se movimentarem devagar. Eles vão começando a aumentar a amplitude do movimento, aumentar, aumentar, e quando chega no auge, eles vão abaixando.	
Professora	Por que que todos eles se movem?	
João	Por que... esse fio do...ele bate nesse...quando eu solto, ele vai pro outro lado, aí esse fio do meio, vai pro outro lado também. E como ele tá entre todos eles, dentro de todos eles, esse faz o fio do meio mexer, que faz os outros se mexerem e que cada vez eles vão se mexendo mais.	João procura o fio horizontal que interliga os pêndulos e o indica
Professora	Você acha que é por isso que acontece?	
João	É.	Enquanto se prepara o experimento pra Glauce, João continua concluindo o experimento
João	Vai fazendo tipo uma reação em cadeia. Vai mexendo com o que tá do lado, que mexe o que	O aluno percebe que o fio que interliga os pêndulos é

	tá do lado, que mexe o que tá do lado, que mexe o que tá do lado.	responsável por transmitir o movimento
Professora	Tá, eu vou fazer com a Gabi pra ela poder te ajudar a responder também, tá?	
Professora	Você vai só soltar, não precisa dar força pra ele não. Não precisa dar impulso, ele já tem altura.	
Glauce	Caraca! Eles demoram... Que nervoso...	Quando começa a sentir o movimento no dorso da mão, a aluna abre um sorriso
Professora	Vou fazer a mesma pergunta: É instantâneo o movimento?	
Glauce	Não. O primeiro pêndulo demora a fazer... dar movimento aos outros.	
Professora	E por que que todos eles se movem?	
Glauce	Hum, deve ser alguma força aí, que o primeiro deve fazer com os outros.	Professora para todos os pêndulos para repetir
Glauce	Eles diminuem também, igual a gente no balanço. Quando não dá impulso, eles vão parando.	A aluna consegue fazer a associação com a primeira aula
Glauce	Agora tá indo mais rápido.	Puxa-se o primeiro pêndulo mais alto que na primeira vez
Professora	Por que que você acha que eles se movem?	
Glauce	Acho que o primeiro deve fazer uma força no ferrinho de cima... ah não, eu acho que essa corda também ajuda, né?	
Professora	Que corda?	
Glauce	A que fica no meio.	
Professora	Essa na horizontal que passa por eles? Você acha isso?	Professora não afirma, para que eles e os outros reflitam sobre suas respostas
Glauce	Sim, porque o primeiro pêndulo vai batendo, e também a corda, a cordinha dele, que segura ele, vai batendo nesse do meio. Aí essa do meio vai movimentar a corda, que vai encostar nos outros também.	
Professora	Vocês dois que já sentiram no braço conseguem perceber alguma imagem se formando no braço de vocês?	Professora se refere à imagem de uma senóide no braço, associada por eles às patas de bichos
Glauce	Não, não reparei em imagem não.	
João	Sei lá, vai fazendo um zigue zaguzinho.	O aluno, com os dedos, indicadores, vai desenhando na mesa o zigue zague

Glauce	Daqui a pouco vai falar que vai fazer o mesmo desenho da folha anterior, da aula passada.	A aluna percebe alguma relação com o gráfico que fizeram na aula anterior
--------	---	---

Os alunos conseguem perceber que o conjunto de pêndulos faz um zigue zague ao se movimentarem, mas ainda tem dificuldade para visualizar.

Nome	Fala	Breve comentário
João	Tipo, o do meio tá aqui, aí o do lado dele vem pra cá, aí o do meio vem pra cá...ele vai pra cá... É tipo como se fosse...tipo um zigue zague, uma, uma cobra se rastejando, só que o do meio tem amplitude maior. Então, é um zigue zague pequeno, aí no meio vai aumentando a amplitude, e depois que passa pro outro lado, vai diminuindo.	O aluno reproduz com os dedos as oscilações dos pêndulos lado a lado, com amplitudes variando não simultaneamente
Professora	Vamos ver se a Vivian também concorda com isso. São vários pendulozinhos, como se fossem várias pessoas no balanço. Aí, Vivian, com a mão esquerda eu vou te dar o primeiro deles, tá? Você vai segurar e vai soltar.	Posiciona-se o braço de Vivian
Vivian	Sem empurrar, né?	
Professora	Sem empurrar.	
Vivian	Soltar mesmo?	A aluna solta
Professora	Percebe o que vai acontecer com o braço direito.	
Vivian	Ele tá andando aqui, ai. Ai! Tem um bicho aqui.	



Figura 7.23: Aluna percebe a movimentação dos pêndulos no braço
Fonte: Autoria própria

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	É a linhazinha dos pêndulos.	
Vivian	Ai Jesus amado. Parece um bichinho rastejando aqui. Ué, tá aumentando? Tava devagarzinho. Agora... ele tá andando em círculo. E voltando, subindo e descendo.	(Figura 7.23)
Professora	Quer sentir o que está acontecendo aqui assim, olha.	Coloca a outra mão da aluna pra sentir o fio dos pêndulos na parte superior
Vivian	Ele vai e volta, tipo no balanço mesmo. Só que vai diminuindo. Começou devagarzinho, aí foi rápido.	A aluna faz a ponte entre o balanço e os pêndulos
Professora	Vou fazer de novo com você.	Professora para os pêndulos para iniciar novamente
Vivian	Ai, gente parece um monte de bichinho andando assim, caraca.	
Professora	Eu quero que você perceba o que acontece ao longo do teu braço inteiro, tá?	Professora pede para que a aluna se atente para o conjunto
Vivian	Eles estavam aqui embaixo, aí agora já foi lá pra cima.	
Vivian	Ué, tá descendo agora? Eles estão dando meio que voltinhas. Ah, meu Deus. Ele tá sei lá...meio que passeando pelo meu braço. Ele tava lá embaixo, aí começou a dar voltinhas, tipo assim: tá aqui, e começou a vir pra cá. E agora tá quase no meu cotovelo. Parece que ele tá andando. Gente, que legal. Caraca mané, ele tava lá embaixo e parece que ele está se expandindo. Não sei.	
Professora	É instantâneo o movimento?	
Vivian	Não. Ele está se movendo toda hora, tipo ele tá indo pra direções diferentes.	
Professora	Quando você balança o primeiro, todos eles se movem ao mesmo tempo?	
Vivian	Não, é um por vez, depois vai aumentando, aumentando, aumentando, tipo assim: eu falei que ele se expande, mas não é que ele se expande. É porque tipo, começou com um, aí conforme vai se movimentando, vai pra dois, três, quatro, até chegar o último.	A aluna observa o efeito dominó, entendendo que começa com a oscilação do primeiro, e depois um a um se balança.
Professora	Eu posso trocar essa palavra sua de se expandir por: se propagar?	
Vivian	Sim.	

A docente aproveita a expressão “expansão” utilizada pela aluna, para introduzir o termo “propagação”, conceito físico utilizado para expressar a transferência de movimento no fenômeno ondulatório.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Então vamos usar esse termo: propagação?	
Vivian	Uhum. Ele aumenta. Sei lá. Não sei se propagar é a palavra, nem se expandir nem se propagar são as palavras certas. Porque é... são os mesmos... como é o nome mesmo disso aqui?	
Professora	Pêndulos.	
Vivian	São os mesmos pêndulos, só que não aumentou os pêndulos. Continua a mesma quantidade, só que...	
João	Não, mas ela tá falando em relação ao movimento.	
Vivian	Ah, o movimento.	
Professora	O movimento se propagou? Posso dizer isso?	
Vivian	Sim, pode.	
Professora	Invés de se expandir a gente troca por se propagar.	
Vivian	Aham. Aham.	A aluna aceita a troca da palavra, por uma mais adequada
Professora	E por que que se movem? Por que todos os Pêndulos se movem?	
Vivian	Porque o primeiro pêndulo começou a se movimentar, aí ele começou a exercer força sobre os outros, que também começaram a se movimentar.	Ela percebe que a origem do movimento é o primeiro pêndulo que oscila
Professora	Mas um encostou no outro?	
Vivian	Não, não encostou. Agora não sei dizer como aconteceu isso, se é sobrenatural.	
Professora	Vamos de novo, Vivian.	
Vivian	Mas...olha...	
Professora	Um não está encostando no outro, né?	
Vivian	Não, não.	
Professora	Vamos fazer de novo e dessa vez eu vou deixar você encostar na parte de cima.	

A professora resolve deixar a mão da aluna espalmada sentindo o movimento na parte superior, enquanto a professora solta o primeiro pêndulo.



Figura 7.24: Aluna explora o movimento do conjunto na parte superior, onde um fio na horizontal interliga todos eles

Fonte: Autoria própria

Nome	Fala
Vivian	Ué, gente, ele tá andando. Ih, ué, não tô entendendo mais nada. Ele tá andando lá pra frente.
Professora	Todos eles.
Vivian	Sim, sozinhos. Eu hein. Ai, Jesus.

A professora desloca a mão da aluna pela parte superior e ela observa que próximo à fonte do movimento, está oscilando, e longe, ainda está parado.

Nome	Fala	Breve comentário
Vivian	Nossa, o meu dedo tava aqui na frente, ele chegou e encostou no meu dedo. Ele quer ultrapassar minha mão. Todos estão se movimentando, dá pra sentir com o outro braço. Com o direito, dá pra sentir que os de trás também estão se movimentando.	Repete-se o experimento
Vivian	Eu sei que eles estão sempre indo pra frente. Ué, eles vêm sozinhos pra frente? É porque eles estão fazendo um movimento circular no meu braço. Quer dizer, não é bem circular, mas eles estão indo pra trás e pra frente.	
Professora	Pra trás e pra frente é o movimento do balanço, né?	
Vivian	É.	

Professora	Então não é um movimento circular, seria o movimento oscilatório?	A aluna confunde o conceito de movimento circular, pois ele retorna ao mesmo lugar. Professora tenta adequar novamente o termo utilizado
Vivian	Sim. Ele vai pra trás, e vai pra frente...	
Professora	Vivian, você percebeu alguma imagem no seu braço?	
Vivian	Aham, sim. Tava... eu não sei descrever. Como assim uma imagem...é, tipo um movimento?	
Professora	Esses pêndulos desenharam alguma coisa no seu braço?	
Vivian	Sim. Desenharam, mas eu não sei explicar o que que eles desenharam exatamente. Mas, sim, fez uma imagem sim.	
Professora	Você concorda com a Vitória quando ela diz que o movimento se propaga?	Faz-se com a Edna, aluna de baixa visão
Edna	Sim.	
Professora	Se propaga de onde pra onde, gente?	
Vivian	Pra frente e pra trás.	
João	Se propaga do primeiro pêndulo que começou a se movimentar, pra periferia dele. Os dois lados dele ao mesmo tempo. Ele se propaga do meio pros lados.	João pensou que o pêndulo que ele oscilou estava no meio do conjunto
Professora	Vocês concordam com isso, gente?	
Vivian	De onde começou até lá atrás.	
Glauce	Pro meio não, do início, não? Tanto que tem uns que nem se mexem, né?	Meninas não concordam, pois sabiam que começou do primeiro
Professora	Quais que não se mexem?	
Glauce	Os lá de trás, da direita.	
Professora	Ah, então vamos usar direita e esquerda. O movimento se propaga pra frente e pra trás ou da esquerda pra direita?	
João	Não... A direção que ele se mexe ou a direção que ele estica? A direção que ele faz os outros andarem?	
Glauce	Ele se movimenta pra frente e pra trás	
Professora	Cada um?	
Glauce	Sim.	
João	Mas eles se propagam do meio pras laterais.	
Professora	E o conjunto? Vamos separar então.	
Glauce	De todos eles juntos?	
Professora	Vou fazer duas perguntas: Cada um se move como?	

Vivian	Da frente para trás.	
Professora	E o conjunto? Se move de frente para trás?	
Glauce	Não juntos.	
Professora	Ou do início pra periferia?	
Glauce	Do início pra periferia.	
Vivian	Do início pra periferia.	
João	Não... eles se movem pra frente e pra trás, né... A direção... o sentido do movimento é pra frente e pra trás. Agora a propagação dele é do meio pras laterais. A direção de movimento é um...	
Professora	Mas que meio?	
João	Porque tipo...	
Professora	Do primeiro que você tá falando?	
João	Você não movimentou um pêndulo que tava no meio, eu acho. Então, a direção do movimento, a direção na qual ele vai é pra frente e pra trás. Agora, a direção na qual o movimento ganha força, pra movimentar os outros pêndulos, é do meio pras laterais.	
Professora	Você vai me dizer aqui, onde é o meio que você tá falando.	Professora traz o conjunto de pêndulos pra perto do aluno

O aluno mostra no conjunto o pêndulo do meio e a professora identifica o equívoco. Mostra qual pêndulo que ele oscilou, e retoma às perguntas.

Nome	Fala	Breve comentário
João	Ah, eu pensei que você tinha começado por aqui. É porque eu pensei que você tinha movimentado o do meio. Esse daqui ele vai do primeiro pros...	
Vivian	Eu não entendi muito bem o que ele disse.	
João	Eu pensei que ela tinha movimentado o do meio, ela movimentou o da esquerda.	
Professora	Ele se confundiu.	
João	E foi se propagando da esquerda pra direita.	
Vivian	Não foi isso que a gente falou?	
João	Porque eu pensei que ela tinha movimentado o do meio.	
Vivian	Ah tá.	A confusão foi desfeita
Professora	Então vocês concordam que não é instantâneo o movimento, né? Ele demora pra acontecer. Porque que todos eles se movem se vocês só movimentam um deles?	Professora quer que eles concluam que o fio da horizontal foi responsável pela transmissão do movimento aos outros pêndulos

João	Quem fala primeiro?	
Vivian	Quem souber, porque eu não sei.	
Edna	Eu também não.	
Glauce	Eu acho que nem eu falei, a corda tá na frente, né? A horizontal tá na frente. Eu acho que essa cordinha do primeiro pêndulo bate ali, nessa cordinha, e essa cordinha vai meio movimentando os outros, porque ela tá ali na frente de todos os outros.	
Vivian	É...	
Glauce	Aí, conforme ela vai batendo ali, vai meio que...	
Vivian	Gostei do raciocínio.	
Glauce	Ela vai meio que movimentando essa cordinha aqui.	

Repete-se o experimento com a Glauce, para que ela visualize com a mão espalmada, o movimento da corda que liga os pêndulos.



Figura 7.25: Os alunos visualizam o equipamento enquanto argumentam suas teorias
 Fonte: Autoria própria

Nome	Fala	Breve comentário
Glauce	Ah, ela tá atrás, gente. Ela tá... Tá certo, ela se mexe mesmo.	
Professora	Vocês concordam com a Gabi? Tenta explicar pra eles.	
Glauce	Tipo assim: a cordinha da horizontal, ela tá atrás, eu me confundi. Ela não tá na frente.	

Professora	Na verdade, ela tá passando por entre os fios.	
Glauce	Ah sim. Ah, então, conforme ela tá entre os fios, o primeiro tá atrás dela...Também na frente e atrás. Conforme a gente soltou o primeiro, é... essas duas cordinhas movimentaram a corda que tá horizontalmente, na horizontal. Nisso que tava a corda na horizontal, ela foi movimentando os outros, entendeu?	Glauce tenta estruturar seu raciocínio para explicar aos colegas, com suas palavras
Professora	Concorda, João?	
Glauce	Ela foi tipo que fazendo uma força, pra que...	
João	É, foi isso mesmo. O primeiro pêndulo que foi solto, ele exerceu uma força nessa cordinha que tá na horizontal, que foi propagando o movimento ao longo da corda.	
Glauce	Tanto que nesse daqui, em todos os outros tem duas cordinhas, né?	
Professora	Tem uma que vai passando pelo meio deles.	
Glauce	Isso, aí foi balançando tanto na frente, quanto atrás. Nisso deu movimento nessa cordinha de balançar eles.	Repete o experimento com a Glauce, com a oscilação a partir do pêndulo do meio
Glauce	Ah, vai mais rápido.	
Professora	De que maneira os pêndulos se movem?	Professora tenta separar o movimento individual de cada pêndulo do movimento do conjunto
Glauce	Pra frente e pra trás.	
Professora	E o conjunto?	
Glauce	Ah, é porque não tem uma ordem certa, tipo: ah, todos vão pra frente ao mesmo tempo, todos vão pra trás ao mesmo tempo.	A aluna percebe que a fase dos pêndulos não é a mesma
Professora	Não é ao mesmo tempo?	
Glauce	Não é ao mesmo tempo.	
João	Quanto mais longe do primeiro pêndulo, menor é a amplitude do movimento.	João percebe que a energia no início é maior e conforme o pulso se propaga, a amplitude vai diminuindo
Professora	Você percebeu isso?	
João	Uhum.	
Professora	Descreva o que você sentiu.	
João	Que o primeiro pêndulo tem uma certa amplitude do movimento e que transfere a força pro segundo, que transfere pro terceiro, que transfere pro quarto, pro quinto e assim vai. E quanto mais longe do primeiro, menor é a amplitude. O segundo tem a amplitude menor do que o primeiro e assim vai.	O aluno entende que o conjunto ganhou movimento a partir do primeiro, não instantaneamente, mas um a um, num efeito dominó

Professora	É?	
João	É.	
Professora	O que você percebeu em seu braço?	
Vivian	Tava fazendo um movimento, tipo, sei lá...	
Glauce	Agora que eu tô reparando aqui, conforme todos eles foram fazendo isso aqui, foi tipo que fazendo umas ondinhas no seu braço.	Explica enquanto desenha no braço um zigue zague
Vivian	Sim.	
Glauce	Querendo ou não, foi tipo que fazendo umas ondinhas. Agora que eu fiz aqui de novo que eu comecei a...	A aluna percebe ainda de maneira difusa, que o conjunto passa pelo braço fazendo ondulações
Vivian	Tem o mar, não tem o mar? E ele não fica tipo assim: pra cá, pra lá, pra cá, pra lá. Ficou tipo isso, umas ondas mesmo.	Faz o movimento das ondas com a mão
Professora	Vocês acham que o que vocês sentiram no braço parece a onda do mar?	Professora tenta confirmar com os outros alunos
Vivian	Parece.	
Edna	Sim.	
Glauce	Não exatamente.	
Vivian	Eu acho que parece, só que faz umas curvinhas.	
Glauce	Parece. Isso. Não tem as curvinhas exatas, mas assim, vai fazendo as ondinhas mesmo.	
Vivian	É semelhante.	
Glauce	É semelhante.	
Professora	Parece com algum fenômeno que vocês já...	
Vivian	Fenômeno?	
Glauce	Fenômeno?	
João	Roupa na corda.	João encontra uma situação semelhante no cotidiano
Professora	Por que roupa na corda?	
João	Porque quando ele bate em alguma coisa que balança aquilo, vai balançando os outros, que vai balançando os outros.	O aluno faz a comparação colocando as roupas como pêndulos, penduradas num fio na horizontal, e vê semelhança no movimento
Glauce	Nunca parei pra reparar que roupa na corda fica balançando assim...	
João	Quando tem vento.	
Glauce	Eu não perco o meu tempo reparando isso.	
Professora	Se não parece com nenhum fenômeno, parece com alguma coisa que vocês viram em alguma das aulas que eu dei pra vocês?	Professora relembra aulas anteriores, para fazer comparações
Glauce	Parece com a mola.	A aluna faz associação com a oscilação da mola

Professora	Com a mola?	
Vivian	É, eu acho que parece mais com o balanço do que com a mola.	A aluna observa melhor associação dos pêndulos com o balanço
Glauce	Não, também, mas tô falando o desenhinho de vai e vem assim, de algum pêndulo, parece com a mola.	A aluna explica à colega que o desenho que os pêndulos fazem no braço, parece mais com a mola
Professora	E o conjunto que passa pelo seu braço direito, parece com o que?	Professora insiste em perguntar sobre o movimento do conjunto, e não de cada um deles
Glauce	Com aquele bagulhinho da da da tela...	Glauce identifica que o desenho que os pêndulos fazem no braço, é semelhante ao desenho da oscilação que fizeram na aula passada
Vivian	Do gráfico! É mesmo, tem as curvinhas certinhas, assim.	Vivian resgata a memória e concorda com a colega
Glauce	Do gráfico. Aham.	
Vivian	Porque, esse movimento tem ondas, só que tem meio que umas curvinhas.	
João	A única diferença...	
Professora	Eu trouxe aqui com os desenhos, pra vocês verem se realmente parece.	
Vivian	Eu acho que sim. Pelo que eu tô lembrando.	
João	A diferença é que as ondas desse gráfico aí, elas são mais ou menos iguais. E nesse, os pêndulos, quanto mais vão...	João percebe que a amplitude do desenho é diferente em seu braço

A professora dá o desenho que fizeram na aula anterior, o gráfico da oscilação. Entrega para eles lembrarem da imagem.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Parece com o que vocês veem no braço?	
João	Essas ondinhas são meio que iguais. Essas aqui são diferentes, porque uma é maior do que a outra.	
Vivian	Eu acho que parece. Pelas curvinhas.	
João	Quanto mais perto do primeiro pêndulo, maior a amplitude.	O aluno observa muito a amplitude de cada pêndulo
Glauce	Não, obviamente que as curvinhas aqui são menores.	A aluna concorda com este ponto

Vivian	Não, com certeza. De fato.	O grupo confirma que percebeu a diminuição da amplitude
Glauce	Com certeza, mas assim: é...	
Vivian	Mas tem meio que uma semelhança.	
Glauce	Tem uma semelhança, eu lembrei disso.	As alunas voltam à questão da forma do movimento
Vivian	São muito parecidos, muito, muito parecidos. Não são iguais, mas são bem parecidos.	Glauce pede para sentir de novo
Glauce	Eu quero comparar o desenho e o...	
Professora	Vê se fica parecido.	
Glauce	Uhum.	
Professora	Uhum é o que?	
Glauce	Fica parecido. Agora tá legal.	Risos
Vivian	Agora tudo faz sentido.	Alunas identificam a semelhança do desenho do gráfico feito na aula anterior, com o desenho do movimento dos pêndulos no braço
Glauce	Agora tá fazendo sentido. Quando você colocou aquele negócio na nossa frente, eu fiquei meio sem entender o que isso tinha a ver com... Esse aqui é o meu? Tá, tá parecido.	Observa o desenho

Vivian realiza o experimento dos pêndulos novamente, para comparar com o desenho do gráfico.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Vê se parece com seu desenho.	
Vivian	Ele tá... parece sim	
Professora	Edna, o que você acha? O desenho que eles fazem ao se movimentar, parece com o que vocês fizeram no gráfico?	
Edna	Sim.	
Vivian	Olha, ele vai dando até curvinha.	
Professora	Isso parece com o seu desenho?	
Vivian	Parece. Só que o meu ficou com umas curvinhas meio estranhas...	
Glauce	Até o pêndulo tá com o desenho melhorzinho...	
Professora	Parece, João, com o desenho no seu braço?	Dá o desenho pra João
João	Parece, só que essas ondas aqui são relativamente iguais... aquilo que eu falei.	

Professora	Então, gente, o que acontece, é a visualização que vocês veem do conjunto, é essa visualização que vocês fizeram, certo?	
Vivian	Uhum.	
Professora	Lembra que na semana passada vocês repetiram o movimento da mola no braço, e puxaram pra esquerda? Lembra que vocês puxaram o papel pra esquerda? E aí, o que ficou registrado? Essa curva, que em matemática vocês veem como senóide. Vocês já visualizaram a senóide?	
Vivian	Não.	
Glauce	Não.	
Professora	O gráfico da senóide tem esse formato, tá? E é o formato que a Gabi falou que parece uma ondinha, como se fosse uma telha, o desenho de uma telha.	Professora explica a relação da oscilação com a curva senóide, para isso, compara o movimento da mola com os pêndulos individualmente
Glauce	Uhum.	
Professora	E fica esse movimento por que? Você movimentou o primeiro, e por causa desse fio que está entrelaçando, como vocês observaram, você aplica uma força sobre esse fio na horizontal e esse fio vai transmitindo ao segundo, que vai transmitindo ao terceiro, ao quarto, ao quinto, ao sexto, né...até chegar o último pêndulo, entendeu? Então, o movimento de todo o conjunto se dá porque você movimentou o primeiro. Mas se não tivesse esse fio passando por todos eles, só ia ficar movimentando o primeiro	Professora explica que a origem do movimento se deu a partir do primeiro pêndulo e a transmissão aconteceu por causa do fio horizontal que liga todos eles
Vivian	Sim.	
Professora	Porque eles não se encostam na lateral.	
Vivian	Não é que ele dá velocidade, porque como o fio tá interligando todos eles, se o fio se mover na frente, vai mover atrás também.	
Professora	Uhum. Aí o fio lá de cima move pra frente e pra trás e vai dando movimento pro pêndulo do lado. Se eles não tivessem interligados, o conjunto todo não oscilaria, só oscilaria o primeiro. Porque cada um ficaria independente um do outro. Como eles não estão independentes, um está dependendo do outro, porque estão interligados, se propaga o movimento, se propaga essa velocidade. Tudo bem?	
Vivian	Uhum.	

Glauce	Uhum.	
Professora	E essa propagação a gente chama de onda. Tá?	Professora explica o fenômeno e depois introduz o conceito
Vivian	Uhum.	
Professora	É um conceito físico que vocês estão aprendendo agora.	
Vivian	A gente já aprendeu no nono ano, eu acho.	
Professora	Vocês lembram do conceito que vocês viram? O que que é uma onda?	
Glauce	Ah, o conceito eu não lembro não, querida.	
João	É um movimento oscilatório.	
Professora	A onda é um movimento oscilatório?	
Vivian	Eu não lembro direito.	
Glauce	Eu também não lembro.	
Vivian	É não sei o que que se propaga.	
Professora	Então, a onda é uma perturbação que você faz, e essa perturbação se propaga. Então o que vocês fizeram aqui? Todos os pêndulos estavam parados, estáticos, certo? Vocês perturbaram o ponto de equilíbrio do primeiro.	Professora começa a sistematizar os conceitos ondulatórios
Glauce	Poxa gente, eles estavam dormindo e vocês foram perturbar eles.	Risos
Professora	Fisicamente a gente chama isso de perturbação.	Introduz termos já utilizados na Física
Glauce	Realmente é uma perturbação.	
Professora	Então, estava em repouso, e o que vocês fizeram?	
Glauce	Acordamos eles.	
Professora	Acordaram o primeiro pêndulo, certo?	
Vivian	Ele falou: eu não vou acordar sozinho, vou acordar todo mundo.	
Glauce	É, vou acordar meus irmãos.	As alunas brincam, construindo uma história
Professora	Isso, exatamente. Agora, como que essa perturbação se propagou?	
João	Pelo fio...	
Vivian	Pela mãe dele que tava balançando eles junto, aí a mãe segurou e balançou os irmãos. O fio é a mãe e os pêndulos são os filhos.	Em meio à brincadeira, Vivian demonstra compreender que o fio da horizontal transmite a perturbação aos demais
Professora	Qual fio é a mãe?	
João	O horizontal.	
Vivian	O grandão, o horizontal.	

Professora	Ah tá. Gostei da analogia que vocês fizeram. Então é isso mesmo, gente. Como vocês aprenderam no nono ano, a onda é uma perturbação que se propaga, certo?	
Vivian	Uhum.	
Professora	Mas, pra ela se propagar, uma coisa tem que tocar na outra, uma coisa tem que ter o contato com a outra. Nesse caso os fios estão interligados, por meio desse fio na horizontal.	Professora conclui o conceito de propagação na onda
Vivian	É tipo quando dá choque também. Quando dá choque é meio que...	
Professora	O choque se propaga também?	
Vivian	Sim. Tem o fio lá malucão. Ele dá o choque no comecinho, mas ele se propaga até o final, aí tu vai morrer eletrocutado.	
Professora	Nesse caso aí, a gente tem a oscilação do primeiro, que vai se propagando para os demais, certo?	
Vivian	Sim, até o último.	
Professora	Tudo bem?	
Vivian	Uhum.	
Professora	Agora a gente vai ver outro tipo de propagação, tá bom? Só pra tirar a dúvida de vocês. Vocês fizeram várias perguntas, sem saber se estava certo ou errado, né. Mas sim, o desenho que os pêndulos fazem no braço é semelhante ao desenho que vocês fizeram no gráfico, tá?	

7.3.2 Episódio 3.2

No segundo episódio, os alunos vão utilizar a caixa box com água, e duas bolinhas flutuantes. O experimento consiste em perceber que ao abandonar uma das bolas de certa altura, a segunda bola, que está flutuando na superfície calma da água, perceberá a perturbação que a bola caída fará na superfície da água, oscilando. A professora explica aos alunos a maneira de segurar as bolinhas. Para que eles sintam a perturbação, é necessário que envolvam a bola com os dedos, mas com espaço ao redor, sem encostar na bola que está flutuando.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	João, eu vou pedir pra você o seguinte: ela vai ficar boiando e não quero que você aperte, não segure, mas que você envolva suavemente com a mão, de maneira que se ela se movimentar,	

	você perceba, mas não que você segure. Deixe que ela, se quiser se mover, se mover, tá?	
João	Tá.	
Professora	Então aqui, eu vou colocar ela aqui, paradinha... não coloque peso sobre ela não, tá?	
João	Tá.	
Professora	E essa sua mão esquerda vai fazer o seguinte: você vai soltar, tá? Pode soltar.	O aluno solta a bola
Professora	Vou fazer de novo, tá? Deixa ela um pouquinho solta, tá?	
João	Mas deu pra sentir a perturbação dela.	
Professora	O que que aconteceu?	
João	Essa bola caiu, causou um impacto na água e a força que ela exerceu aqui na água, foi se propagando, se propagando, foi fazendo assim até chegar aqui. Aí a água ficou subindo e descendo, porque foi meio que o movimento que ela fez. Ela caiu, no que ela caiu, a água se agitou, e aí essa bolinha se agitou.	
Professora	Então você tá repetindo o movimento sem cair, né? Fazendo assim.	Professora pega a mão do aluno e faz o movimento de oscilação
João	É, porque a força que ela aqui, foi se propagando até chegar aqui.	
Professora	E se você fizesse o contrário? Colocasse essa aqui em repouso, e jogasse essa daqui, você acha que aconteceria a mesma coisa?	
João	É.	
Professora	Faz a mesma coisa.	
João	Aí, aconteceu a mesma coisa.	
Professora	Agora vou fazer com a Glauce. Glauce, levanta...	
Glauce	Uai, uma piscina. Ai, essa água tá gelada. Vivian, a água tá gelada, tá?	
Professora	Eu quero que você envolva sem apertar, tá? Só deixa ela meio aprisionada, tá? Aí, eu quero que essa daqui você solte, tá?	
Glauce	Pode ir?	
Professora	Professora: Pode. De novo. O que aconteceu com a bola que tá na mão direita?	
Glauce	Ela se movimentou. Vou fazer de novo.	



Figura 7.26: Aluna com a bola erguida antes de abandoná-la na água
 Fonte: Autoria própria

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Você também pode fazer distâncias diferentes.	Jogar a bola em distâncias diferentes
Glauce	Vou fazer aqui no alto.	
João	É pega uma escada pra ela soltar lá de cima.	
Glauce	A força com que a outra bola bateu, fez com que ela andasse um pouquinho. Acho que deve ter feito alguma coisa aí.	
Professora	Agora faz o contrário.	
Glauce	A água deu uma força maior na bola.	
Professora	É? Por que?	
Glauce	Não sei, explica aí pra mim.	
João	Eu acho que é Energia Cinética o nome disso, não é?	
Glauce	Energia? Agora a bola se movimentou um pouquinho. Uma bola faz com que a outra se movimentasse, mesmo à distância.	
Professora	É?	
Glauce	É.	
Professora	O que você sentiu na bola parada?	
Glauce	Ela deu tipo uma movimentada. Ela meio que levantou... é uma coisa que seu cérebro demora a associar. Tipo assim, a bola tá aqui parada...para, bola. Para, para...	A aluna tenta parar a bola que está flutuando para dar a explicação
Professora	Por que ela não tá parando?	

Vivian	Por que ela gosta da Glauce.	
Glauce	Também, deve ser.	Risos
João	Porque a energia que a bola...	
Glauce	Que a água tem, no caso.	
João	Exerceu sobre a água...	
Glauce	Mas a bola...	
João	Ainda não dissipou.	
Glauce	Mas que energia?	
Vivian	Mas a bola tem energia? Ih, gente...	
João	A bola caiu na água, cara.	
Glauce	Não, a bola...	
João	Ela movimentou a água.	
Professora	Mas ela tá ligada a alguma coisa, essa bola?	Professora tenta fazer com que o aluno explique qual a natureza da energia que ele está falando, para que as meninas entendam
João	Não, é... energia de movimento.	
Glauce	Mas quem deu esse movimento pra ela?	
João	A bola.	
Glauce	Mas a bola...	
Professora	A bola parou. Ela já pegou a bola.	
Glauce	Eu tô rindo e ela tá se movimentando.	
Professora	Por que ela tá se movimentando? Tem um bicho aí dentro, será?	Glauce repete o experimento
Glauce	Ah, a bola deu tipo que uma mexida, ela se levantou e depois mexeu pro lado.	
Professora	Como que ela se mexe?	
Glauce	Porque a água...	
Vivian	Como que aconteceu o movimento? Tipo: qual foi o movimento?	Vivian ainda não fez o experimento
Glauce	Então, eu acabei de explicar. Tipo, ela dá uma mexida.	
Professora	Assim como?	
Glauce	Tipo assim, ó: me dá a outra bola. Vou até deixar visível pra você ver, mas ela vai sair correndo. Ela tipo que dá uma balançada.	
Professora	Balançada como?	Professora quer que a aluna entenda que essa balançada é uma oscilação
Glauce	Tipo assim... Só que mais leve, obviamente.	A aluna explica que descendo a bola com as mãos
Professora	Que tipo de movimento é esse?	
Glauce	É uma oscilação.	

Professora	Você acha que ela oscilou?	De acordo com o que a aluna aprendeu sobre a oscilação, a professora pergunta se esse movimento também é oscilatório
Glauce	Aham. Porque ela tá indo e voltando. Tipo a gente no balanço, a gente não tava indo e voltando?	
Vivian	Nossa, ela não esquece esse balanço.	
Glauce	Ué, não tem que usar as aulas anteriores?	
Professora	Agora vamos lá pra Vivian. Eu não quero que você prenda essa daqui não, só quero que aprisiona ela assim, faz uma concha com a mão. Deixa ela mais livre ainda.	
Vivian	Ah, só pra segurar um pouquinho, só pra encostar na mão.	
Professora	Só pra não fugir, entendeu? E essa daqui você vai soltar.	
Vivian	Elas são iguais?	Pergunta sobre as bolas
Professora	São.	
Vivian	Totalmente iguais?	
Professora	É, mais ou menos.	
Vivian	Pode soltar?	
Professora	Pode.	
Vivian	Pode botar mais no alto?	
Professora	Pode.	
Glauce	Cuidado pra bola não cair fora da caixa.	
Vivian	Essa daqui tá quietinha.	
Professora	Você não tá apertando demais ela não? Acho que você tá afundando ela.	
Vivian	Ah é, acho que sim. Ah, agora ela tá mexendo sozinha, agora tá fugindo.	Repete o experimento com a mão mais frouxa
Vivian	Ela balançou. Ela se movimentou.	
Professora	Como que ela se movimentou?	
Vivian	Ela tá pulando, dançando, sei lá. Ela tá indo de baixo pra cima.	
Professora	Faz aqui fora da água, o movimento que ela faz.	
Vivian	Ela tá assim, ó... ela tá pulando bem baixinho, bem devagar.	Oscila pra cima e para baixo
Professora	Isso que a Glauce falou, que ela tá fazendo assim como se fosse...	
Vivian	A mola.	A aluna percebe que o movimento se parece com a mola no braço

Professora	O balanço...	Professora fala no mesmo momento que a aluna
Vivian	Essa daí parece mais com a mola do que o próprio balanço.	A aluna faz essa comparação, pois ambos os movimentos aconteceram na vertical
Professora	É?	
Vivian	É, acho que sim.	
Glauce	É porque a bola às vezes faz um movimento diferente.	
Vivian	É, ela tá dançando, sei lá.	
Professora	Agora faz o contrário.	
Vivian	Mas não é a mesma bola?	
Glauce	Mas às vezes você pode ter uma percepção diferente com a outra mão.	
Vivian	Essa também tá pulando. Eu acho que ela se mexeu pelo impacto... a outra se mexeu mais.	
Professora	Agora eu vou fazer com a Edna. Edna, o que você sentiu na bola parada?	
Edna	Ela se mexeu.	
Professora	Como ela se mexeu?	
Edna	Assim...	Mostra a bola pra um lado e pra outro
Professora	Tá.	
Professora	Vou fazer mais umas perguntas pra vocês.	
Vivian	Vai ter mais experiência? Ou vai ser só esses dois?	
Professora	Tem.	
Vivian	Uhu. O do choque?	
Professora	Não.	
Vivian	Ahhh.	
Professora	O que vocês sentiram na bola parada?	Professora refaz as perguntas, para que os alunos em grupo possam discutir suas experiências
João	Ela ficou se mexendo, se movimentando.	
Professora	Como ela se mexeu?	
Vivian	De baixo pra cima.	
Glauce	Ah, sei lá, essa bola é meio estranha.	
Vivian	Quicando, sei lá.	
Glauce	Ela vai quicando, dançando.	
Professora	E como que o movimento chegou nela, se ela tava parada?	
Glauce	Através da bola batendo na água.	
Vivian	Acho que foi pelo impacto, porque a água, quando você jogou a outra bola, a água se	Vivian consegue fazer a associação com o

	movimentou. A água é meio que o fio é... qual o nome daquilo? Do pêndulo. A água é o fio do pêndulo.	experimento anterior. Relaciona a água, ao fio horizontal nos pêndulos
Professora	Vocês concordam com essa afirmação?	
João	É tipo isso.	
Glauce	É tipo assim: a bola que tava na nossa mão esquerda...	
João	Era o primeiro pêndulo.	João faz a analogia
Glauce	Era o primeiro pêndulo, aí a gente jogou ela...	Glauce coopera e explica em cima desta analogia
Vivian	Soltou ela.	
Glauce	Soltou ela, a água se movimentou e movimentou a bola.	
Vivian	Automaticamente a bola.	
João	E a bola...	
Professora	Então a água fez o papel de quê?	
Glauce	Do fio.	
Vivian	Ela fez o papel de propagação.	Vivian compreende que podem existir diferentes formas de propagação
Professora	Ela ajudou?	
Vivian	Sim, ela praticamente fez tudo.	
Glauce	Ela não se mexeu sozinha não, ela não tem essa energia, como a Vivian falou não.	
Vivian	Eu falei energia?	
Glauce	Uhum.	
Vivian	Que energia que eu falei?	
Glauce	Quando eu perguntei que...	
Professora	Então se propagou o movimento assim como nos pêndulos?	
Vivian	Sim.	
Glauce	Sim.	
Professora	De onde pra onde?	
João	Da queda da bola pra água, até a bola que tava na outra mão.	
Glauce	É o quê?	
João	Começou na bola que tava inquieta, passou pela água e chegou até a bola que tava presa na outra mão.	O aluno explica de onde veio a energia e o caminho por qual passou
Vivian	É.	
Glauce	É, pode ser.	
Professora	E a bola que tava parada fez que tipo de movimento?	
João	Ela fez o mesmo movimento que a água tava fazendo.	

Glauce	Aí ela vai te perguntar qual movimento que a água fez.	
Professora	Vocês ouviram o que o Vítor falou? Não era a bola que tava se mexendo, era a água que tava se mexendo, e aí por isso ela se mexeu.	
Vivian	Não, mas a bola também se mexeu.	
João	Mas era a água que tava fazendo a bola se mexer.	
Glauce	É. Na minha opinião a bola é mais leve que a água, qualquer um confirma isso.	
João	Por isso que ela tava se mexendo com o movimento da água.	
Glauce	Então, exatamente. Mas a bola pode se mexer um pouquinho mais que a água.	
Vivian	Sim, pois é.	
Glauce	Porque ela é mais leve, e ela é um movimento circular...	
Vivian	É só encostar nela que ela se move.	
Glauce	Meu irmão, se uma mosca encostar ne bola ela...	
Vivian	Que nojo.	
João	Ela pode ser mais leve que a água, mas se ela tá imersa na água, a água é que vai exercer um movimento sobre ela.	
Professora	Tá bom, então a gente vai fazer uma comparação com os pêndulos, né? Então a bola que você largou lá em cima é como se fosse...	Professora redireciona os argumentos à comparação dos experimentos
Glauce	O pêndulo da esquerda.	
Professora	O pêndulo que vocês soltaram e aí chegou na outra bola, mas pra chegar na outra bola...	
Vivian	Precisou da água.	
Professora	Precisou da água.	
Vivian	Que seria o fio.	
Professora	Que seria aquele fio...	
Vivian	Horizontal.	
Professora	Aquele fio horizontal, certo?	
Vivian	Uhum.	
Professora	Então da mesma forma que aconteceu uma perturbação que se propagou nos pêndulos, vocês perturbaram a água num ponto, jogando a bola, a água se perturbou e propagou essa perturbação.	
Vivian	Uhum.	
Professora	Que chegou naquela bola. Se tivessem outras bolas, também se moveriam?	
Vivian	Sim.	
Glauce	Sim.	

Professora	E se tivesse bola mais pra esquerda ou mais pra direita?	
Vivian	la se movimentar também. Por causa da água. A água vai se mover do mesmo jeito, então ela ia ...	
João	Tudo que tivesse imerso na água.	
Professora	Então nesse caso aconteceu uma propagação de movimento?	
João	Sim.	
Vivian	Com certeza.	
Professora	Posso dizer que eu perturbei um local e essa perturbação se propagou?	
Todos	Sim.	
Professora	Então eu posso dizer que nesse caso, vocês fizeram uma onda na água?	
João	Sim.	
Vivian	Sim.	
Glauce	Sim.	
Professora	Essa onda chegou na bola?	
Glauce	Sim	
Professora	Ok. Então nós vimos até agora dois casos de onda.	
Vivian	Dois?	
Professora	Dois casos de onda. Vocês inclusive visualizaram como fica o desenho da onda.	
Vivian	Ah, da curva e essa quicante aí.	
Professora	Isso. O desenho que vocês receberam no braço, essas curvas, é a imagem visual de uma onda transversal, tá? Depois a gente classifica os tipos de onda. Na água também aparece essa mesma imagem, só que no plano da água, subindo e descendo. Também tem esse formato ondulatório, esse formato curvilíneo, tudo bem?	
Todos	Uhum.	

A professora então resume os dois experimentos apresentados até então, e explica que a superfície da água se comporta como os pêndulos, fazendo o mesmo formato, inclusive.

7.3.3 Episódio 3.3

Agora, a professora vai realizar a atividade com a Caixa de Ondas, o desenho em relevo se uma curva senóide, colada na tampa da caixa. Os detalhes podem ser

vistos no capítulo de Confecção de Materiais. Eles colocarão o braço para perceber o movimento desta curva ao longo do eixo vertical (seu braço). O objetivo é que eles observem o movimento do conjunto (onda), e o movimento individual de cada pedaço que compõe o grupo (cada bolinha).

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Aí eu vou fazer o seguinte com vocês, eu tenho uma outra...	
Vivian	São quantos experimentos?	
Professora	Pelo menos três.	
Vivian	Ahhh. Pensei que fosse mais.	
Professora	Vocês não querem que acabe a aula não?	
Vivian	Bom, eu não quero ir pra aula. Esses experimentos são mais legais que a aula.	
Professora	Tudo isso faz parte da mesma aula, tá?	Professora pega a caixa de ondas
Vivian	Essa é a última ou vai ter outras?	
Professora	É a última.	
Todos	Ahhhh.	
Glauce	Você podia dar aula pra nós.	
Vivian	Pois é.	
Professora	Eu topo.	
Glauce	Pode vir.	
Professora	Só não vai fazer parte do meu trabalho, mas eu teria mais coisa pra mostrar pra vocês.	
Professora	Eu quero que vocês olhem o que tem na frente de vocês. Podem colocar as mãos.	
Vivian	Devagar, seus brutos.	
João	Isso é a cópia do...	
Glauce	Do nosso desenho!	
João	Do que a gente fez no papel.	
Glauce	É.	
Vivian	Ih, caraca.	
Professora	Edna, tá vendo?	
Edna	Tô.	
Glauce	Joga pra cá pra eu entender um pouquinho, que eu não tô conseguindo entender direito.	
Vivian	São curvinhas também, olha.	



Figura 7.27: Alunos visualizam a imagem da onda em relevo
 Fonte: Autoria própria

Nome	Fala	Breve comentário
Glauce	Quem fez isso aí, tá de parabéns.	
Vivian	Qual o nome daquela cola que tu falou?	
Glauce	Aquela tipo 3D.	
Professora	Não, essa daí, na verdade...	
Glauce	Não a da semana passada?	
Professora	Acrilex.	
Glauce	Acrilex!	
Professora	Esse daí eu coleí com cola quente umas bolinhas, é um fio.	
Glauce	De bijuteria, eu sei.	
Professora	É, tipo de bijuteria	
Vivian	Eu tenho uma pulseira com as bolinhas igual a essa.	
Glauce	Lá na Caçula, quando minha mãe vai comprar "strass" tem um monte disso.	
Professora	Então, este instrumento que eu criei também não tem nome, eu chamo de caixa de onda.	Risos
Glauce	O outro era o quê? Oscilo...	
Professora	Oscilobrilie.	Risos
Glauce	Esse daqui vai ser oscilopedras.	
Professora	Esse daí tem uma peculiaridade.	
João	O outro é oscilobicho.	
Professora	Vivian, essa parte da direita, você pode puxar pra direita.	
Vivian	Deixa eu puxar.	Vivian puxa a tampa

Glauce	E o que é isso aqui?	Pergunta sobre a parte interna
Vivian	Tem ondas também?	
Professora	Isso é uma caixa, é como se fosse...	
Vivian	É como se fosse aquele negócio da tela, que dava pra puxar.	
Professora	Isso, é o mesmo princípio.	
Vivian	Tira a pata, que eu vou fechar.	A aluna avisa que vai fechar, para que ninguém se machuque
Professora	Só que no caso do oscilobrilho, vocês fizeram a oscilação de um e foram puxando, aí registraram esse desenho. Nesse caso aqui, o que que eu reproduzi pra vocês?	
Vivian	O próprio desenho que a gente fez na outra aula.	
Professora	Isso daqui, eu quero que vocês visualizem o seguinte: essas ondas que estão nesse papel aqui, é como se fosse, uma foto. Ou seja, uma imagem de um instante apenas...	
Vivian	Uhum.	
Professora	Do movimento dos pêndulos no seu braço.	
Vivian	Aham.	
Glauce	Aham.	
Vivian	Então essa é uma representação do movimento dos pêndulos, né?	
Professora	Isso. Então essas bolinhas todas é como se fosse cada pêndulo, em determinado instante. Então se eu parasse os pêndulos em determinado instante, como se fosse uma foto, cada pêndulo estaria nessa posição.	
Vivian	Uhum.	
Professora	Tudo bem? Entendem isso?	
Vivian	Uhum.	
Glauce	Uhum	
Professora	Concordam, que se eu tirasse uma foto, cada bolinha ali representaria um dos pêndulos?	
Glauce	Sim.	
Professora	Tudo bem que eles são mais próximos do que aqueles pêndulos, mas vocês interpretaram assim? Então, essa fotografia, a gente usa muito nos livros didáticos pra representar uma onda transversal.	
Vivian	Ah, é essa onda que eles falam?	A aluna identifica que esse formato é conceituado como onda pelos videntes

Professora	Isso. E hoje a gente vai estudar algumas questões da onda. Que é a velocidade de propagação, o período de propagação, tá? E outras coisas que a gente vai colocando aí, tá bom?	
Vivian	Tá.	
Professora	Resumindo: essa imagem representa a foto de um instante, dos pêndulos no braço de vocês. Então é a foto de uma onda. Só que a onda não fica parada, eu preciso de uma foto pra registrar ela parada, entendeu? Então por isso, que esse desenho de curva, a gente chama de onda. Porque é a foto de uma onda em determinado instante. Só que essa onda, ela não é composta de um único oscilador, são vários que oscilam, certo?	Professora esclarece que essa imagem pode ser considerada uma foto instantânea de uma onda.
Vivian	São várias curvas.	
Professora	Isso. Então, eu vou fazer com cada um de vocês. Assim como no osciloscópio, eu vou pegar essa foto e vou deslocar para a direita, certo? Só que aí...	
Glauce	Não vai ter relevo pra gente fazer.	
Professora	Mas já está feito. Então eu vou fazer o seguinte: vocês já exploraram o desenho, eu vou colocar o braço do João, depois vou fazer com vocês também. O braço esquerdo na vertical desse desenho, tá? Você tá sentindo a bolinha encostar aqui, João?	
João	Aham.	
Professora	Tenta fazer assim que ele encaixa melhor. Aí você vai fazer o seguinte: eu vou te ajudar a segurar aqui e você vai puxar com a mão direita, e eu quero que você diga o que você vai sentir nesse braço esquerdo, tá? Vamos lá.	Professora ajusta o braço do aluno.

Professora puxa a tampa com o desenho (Figura 7.28).



Figura 7.28: Professora posiciona o braço do aluno perpendicular ao eixo que a tampa desliza e puxa a tampa
 Fonte: Autoria própria



Figura 7.29: Professora movimentando a tampa da caixa, enquanto segura o braço do aluno
 Fonte: Autoria própria

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	O que você sentiu, João?	
João	Então, dessa vez, invés da gente tá fazendo a marca com o braço no oscilobrilha, o oscilocaixa tá fazendo a marca no nosso braço com as pedrinhas.	
Professora	Que marca que está fazendo?	

João	A marca não, mas tá fazendo o desenho.	
Professora	O que você tá sentindo?	
João	O desenho das ondas.	
Professora	É? Mas como é que você explicaria esse desenho? Me fala aqui nesse braço (esquerdo), tenta explicar aqui o que que acontece.	A professora coloca o braço dele na vertical
João	Vai passando assim, assim, assim.	O aluno desenha uma senóide no ar
Professora	Mas o que você sente nesse braço?	
João	Então, essas ondinhas que estão aqui, passando aqui, oscilando.	Com a mão direita, sobre e desce no braço esquerdo.



Figura 7.30: Aluno mostra o movimento que as bolas fazem no braço
 Fonte: Autoria própria



Figura 7.31: Aluno mostra o movimento que as bolas fazem no braço, subindo e descendo
 Fonte: Autoria própria

Nome	Fala
Professora	Tá, eu vou fazer isso com a Glauce e ela vai confirmar ou não se ela tá sentindo isso, tá? Olha, Glauce, tenta encaixar de um jeito que você perceba todo o movimento. Tá sentindo as bolinhas aqui, com o braço esquerdo?
Glauce	Uhum.
Professora	Então, você vai puxar com o braço direito, não precisa ser rápido, tá? E eu quero que você perceba o que acontece aqui, nesse braço esquerdo. Vai. O que que você percebeu?



Figura 7.32: Aluna repete o procedimento puxando a tampa da caixa
 Fonte: Autoria própria



Figura 7.33: Aluna realizando o movimento de puxar a tampa da caixa

Fonte: Autoria própria

Nome	Fala	Breve comentário
Glauce	Desenhando.	
Professora	Desenhou o que?	
Glauce	As ondas. Todas as pedrinhas passaram pelo meu braço.	
Professora	Mas passaram como no seu braço?	Glauce desenha um zigue zague no braço
Professora	Agora eu vou passar rápido, tá? O que você percebe no braço esquerdo?	Reproduz o mesmo desenho que o aluno João
Professora	Tá sentindo a bolinha? Eu e você vamos puxar. E eu quero que você perceba o que acontece no eixo do seu braço, tá?	Professora faz a demonstração com a Vivian
Vivian	Aonde?	
Professora	Aqui, no eixo do seu braço, o que você sente embaixo do seu braço.	
Vivian	Ih, caraca. Ele tá passando pelo meu braço...	
Professora	Oi?	
Vivian	Ele tá passando pelo meu braço... todo.	
Professora	É?	
Vivian	Tipo, ele tava lá atrás, parece com o pêndulo. Ele tava lá atrás e foi parar lá na frente.	Vivian percebe que o conjunto, ao passar pelo braço, oscila como os pêndulos
Professora	Quer fazer de novo?	
Vivian	Quero.	

Professora	O que é atrás no seu braço?	Vivian aponta para o punho, e na frente, o cotovelo
Professora	Então repete.	
Vivian	Ele volta pro meu... não, não. Tipo, ele passa pelo meu pulso e vai lá pra cima.	
Professora	Ele sobe e desce no seu braço?	
Vivian	Não, ele só sobe.	Professora posiciona o braço novamente, para repetir
Professora	Onde ele tá agora?	
Vivian	Tá sem a bolinha, cadê a bolinha?	
Professora	Você não tá sentindo a bolinha não?	
Vivian	Ah, tá aqui.	
Professora	Localiza no seu braço onde tá a bolinha.	
Vivian	Tô sentindo ela nessa parte aqui.	Próximo ao cotovelo
Professora	Agora desenha nesse braço aqui, conforme eu for puxando, onde está a bolinha. Fica com um dedo só, que é melhor. Você tá sentindo embaixo, mas você indica em cima, tá bom?	Professora pede para que a aluna indique em cima do braço onde ela está sentindo a bola, na parte inferior do braço
Vivian	É porque eu não tô sentindo muito bem embaixo.	
Professora	Tá sentindo?	
Vivian	Agora sim	Puxou-se a tampa

A aluna indica com o dedo, conforme vai subindo.



Figura 7.34: Aluna indicando com o dedo indicador, onde ela sente a bolinha na parte inferior do braço. Dedo próximo ao cotovelo
Fonte: Autoria própria



Figura 7.35: Aluna indicando com o dedo indicador, onde ela sente a bolinha na parte inferior do braço. Dedo na metade do braço
 Fonte: Autoria própria



Figura 7.36: Aluna indicando com o dedo indicador, onde ela sente a bolinha na parte inferior do braço. Dedo próximo ao punho
 Fonte: Autoria própria

A professora repete mais devagar, e aluna acompanha melhor, subindo e descendo o dedo.

Nome	Fala
Vivian	Ele passou, agora tá voltando. Ele foi e voltou, aí ele passou aqui, depois subi de novo.
Professora	Edna, eu vou fazer com você diferente, porque você tem uma visualização. Invés de você colocar o braço, vou colocar uma máscara aqui, tá?

Vivian	Mas pra ela colocar o braço vai ficar ruim?
Professora	É porque ela consegue visualizar.
Glauce	E a pessoa que visualiza, gosta de olhar com o olho, entendeu? Tudo quer botar os óio.
Professora	Edna, você tá visualizando isso aqui?
Edna	Uhum.
Professora	Então agora eu quero que você perceba o que acontece nesse eixo aqui. O que que tá acontecendo com a bolinha aqui? ela tá em cima ou embaixo?
Edna	Em cima.
Professora	Aí eu vou puxando. E agora, ela tá aonde?
Edna	Embaixo.
Professora	Tá descendo ou tá subindo?
Edna	Descendo.
Professora	E agora?
Edna	Subindo.
Professora	Vai falando.
Edna	Descendo. Subindo.
Professora	Então o que aconteceu nesse eixo? Qual foi sua visualização da bolinha?
Edna	Ela fica subindo e descendo.

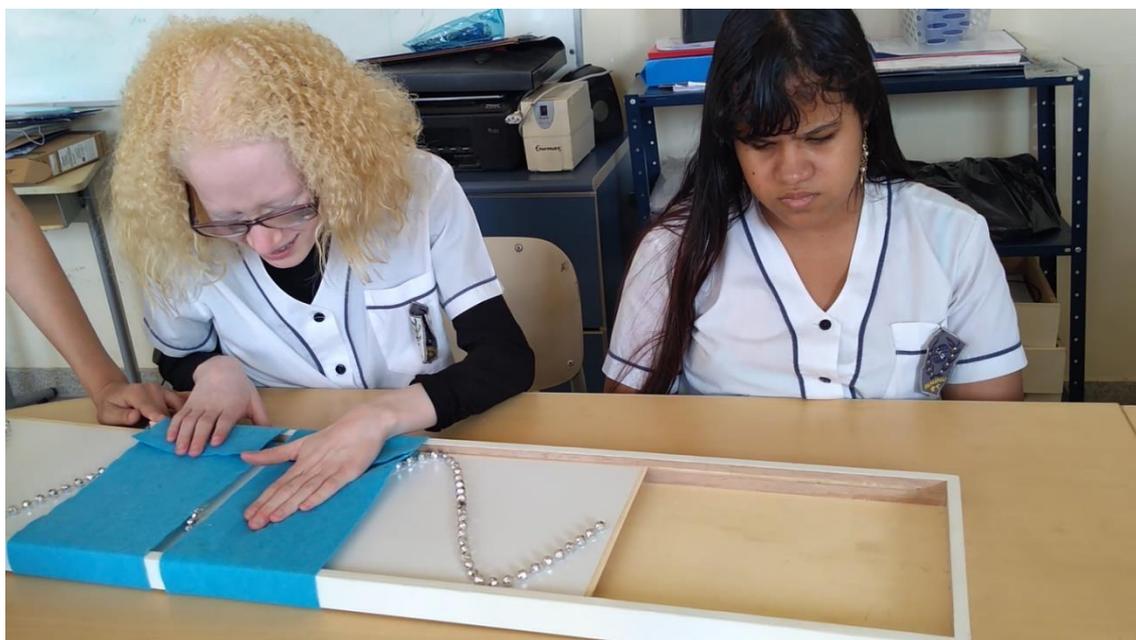


Figura 7.37: Aluna visualizando a oscilação das bolinhas com a ajuda da máscara tampando as laterais
Fonte: Autoria própria

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Então o que aconteceu nesse eixo? Qual foi sua visualização da bolinha?	
Edna	Ela fica subindo e descendo.	

Professora	Então, nesse eixo vertical ela fica subindo e descendo?	
Edna	É.	
Professora	Então, esse eixo aqui, foi onde eles colocaram o braço. Vou mostrar pra vocês a máscara que eu botei aqui, ó. Botei uma máscara pra ela só visualizar esse burquinho aqui.	Professora posta à Vivian
Vivian	Ahhh. Tá, aí tu foi subindo, aí tu foi puxando.	
Professora	Olha só, bota o braço aqui. Então você puxa, e vai sentir só o que tá nesse burquinho.	Professora repete o experimento com Vivian, agora com a máscara
Vivian	Ahhh, entendi.	
Professora	Entendeu?	
Vivian	Acho até que ficou mais fácil de visualizar. Até com o braço mesmo, eu acho que ficou melhor.	
Professora	Ficou?	
Vivian	Aham.	
Professora	Então o que acontece nesse eixo vertical?	
Vivian	Ele sobe e desce, sobe e desce. Ele vai oscilando, tipo: vai e volta, vai e volta.	A máscara facilitou a percepção da oscilação das bolinhas
Professora	Você percebeu uma oscilação?	
Vivian	Uhum. Acho que agora ficou mais fácil.	
Professora	João, aqui eu botei uma máscara, aqui e aqui, pra bloquear e só aparecer esse eixo daqui que ficou o burquinho, entendeu? Que foi o eixo que vocês colocaram o braço, entendeu?	
João	Uhum.	
Professora	Então puxa aqui. Isso. Conseguiu perceber o que acontece nesse eixo?	João coloca novamente o braço, agora com a ajuda da máscara
João	Uhum.	
Professora	O que acontece no eixo vertical?	
João	Ela vai tipo, ela passa subindo e depois passa descendo. Ela passa inclinada assim, e quando passa o final dela...	
Professora	E se eu deixar aparecer só uma bolinha? Não tem inclinação.	
João	É, aí vai tipo passar só a bolinha do ponto de equilíbrio... não, a bolinha do ponto de equilíbrio, a do ponto máximo e a do ponto mínimo.	
Professora	Só três posições que aparece?	
João	Ah não, aparece... como que eu vou explicar? Vai aparecendo exatamente como que é a... é, a amplitude da onda que aparece. Primeiro aparece só a crista dela, aí vai descendo,	O aluno descreve detalhadamente o movimento oscilatório

	descendo, descendo, descendo, no que você vai passando, ela vai descendo. Ou seja, com essa máscara aqui fechadinho, só aparece a parte da onda que tá passando aqui no momento. A parte da onda que não tá passando no momento não aparece. Passa a crista, aí vai descendo, descendo. Chega ao ponto mínimo e vai subindo de novo.	
Vivian	Sei lá, eu acho que tá mais fácil agora do que antes.	Vivian prefere a observação com a máscara
Professora	Aqui eu coloquei uma máscara, tapando todo o resto, deixando só um pedacinho ser visualizado, o pedacinho deste eixo. Nesse momento ela tá aqui (bolinha).	Professora explica novamente para Glauce, que repete o experimento
Glauce	Em cima.	
Professora	É. Aí, coloca o dedo aqui. E vai puxando devagar aqui. Bota bem de leve (a mão). Agora vai puxando.	
João	É tipo que, aí não é só mais um montão de ondas. Esse burquinho da máscara é o eixo y, e as ondas vira o eixo x.	
Professora	Não entendi esse negócio do eixo x e y.	Professora pede para que o aluno explique melhor
João	Porque tipo, o eixo y não é vertical e o eixo x não é horizontal?	
Professora	Uhum.	
João	Você vendo sem a máscara, é só um monte de ondinha. Não é muita coisa. Agora, você botando isso daí, esse burquinho é o eixo y e as ondinhas mostra a verdadeira inclinação do eixo x, em relação ao eixo y.	O aluno consegue perceber que a máscara mostra o que ocorre com um eixo
Professora	O que você entendeu, Glauce?	
Glauce	Então, aqui ela vai subindo e descendo. É a mesma coisa do outro, só que de um jeito diferente.	
Professora	O que tá subindo e tá descendo?	
Vivian	As bolinhas.	
Glauce	É, as bolinhas.	
Vivian	Porque você tá movimentando a caixinha...	
Glauce	A gaveta.	
Vivian	A gaveta... e as bolinhas vão se mexendo. E é isso.	
Professora	Como eu falei pra vocês, isso aqui é como se fosse uma foto, certo?	
Vivian	Certo.	

Glauce	De um determinado tempo.	
Professora	Só que como vocês estão puxando, o que acontece é exatamente o que acontece no braço de vocês. Por que?	
Vivian	Ele vai se movimentando.	
Professora	Como se tivesse uma fonte do lado esquerdo, propagando essas ondas, propagando esse movimento dos pêndulos, e se propagando no sentido da direita.	
Vivian	Tipo, a gaveta é como se fosse o fio do pêndulo.	A aluna entende que a gaveta está sendo responsável pela movimentação daquele desenho
Professora	Isso. É como se vocês fizessem um videozinho. Aqui é a foto de uma posição, aí conforme vocês vão puxando, isso daqui é o que acontece no braço de vocês. Então, quando eu faço vocês puxarem pra direita essa caixa, é como se fosse a simulação de uma onda se propagando. Só que essa onda é composta por vários pêndulos. Por que que eu coloquei o braço de vocês na vertical? Porque eu quero que você visualize o que acontece com apenas um pêndulo. O que acontece com um pêndulo, quando a propagação acontece da esquerda pra direita? O que você sente no seu braço, que está na vertical?	Professora pede para que expliquem o que acontece apenas com um pêndulo
João	Aí você vai perceber o movimento exato do pêndulo. A variação exata, porque você vai prestar atenção.	
Professora	Mas o que acontece nesse eixo?	
João	Ele desce, aí ele vai passando, ele vai subindo.	
Professora	Ele sobe e desce no eixo? Parece com o que?	
João	Com a onda do mar. Vai passando...	
Vivian	Parece o pula pula. Vai subindo e desce. Sobe lá pra cima, e desce de novo. Tipo isso.	Os alunos encontram exemplos de osciladores
Professora	Nesse eixo, as bolinhas estão subindo e descendo, certo? Então, eu quero que vocês percebam o seguinte: conforme a onda tá se propagando com determinada velocidade, cada pêndulozinho tá subindo e tá descendo. Concordam?	
Todos	Uhum.	
Professora	E cada um, separadamente, está realizando um ciclo. Só que cada um termina o ciclo em um momento.	

Professora pergunta se eles conseguem medir o período da oscilação de uma bolinha, indicando o início e fim de um ciclo, a partir do que cada um escolheu. Lembra a primeira aula, quando eles mediram o período da oscilação no balanço e em que momentos foram marcados como início e final do movimento, e pede pra que eles indiquem o início e final do período de oscilação de uma das bolinhas, enquanto observam um eixo vertical.

Todos os alunos escolheram uma crista, e pararam de contar na crista seguinte.



Figura 7.38: Aluna escolhe uma crista para iniciar o movimento
Fonte: Autoria própria



Figura 7.39: Aluna para de deslizar quando o dedo toda a próxima crista do desenho
Fonte: Autoria própria

Nome	Fala
Professora	Então é como se ali tivesse um pêndulo, e ele tava naquele momento ali, a onda passou, e ele oscilou, voltando para aquela posição. Então aquele pêndulo completou um ciclo, e a onda percorreu uma determinada distância.

7.3.4 Episódio 3.4

Nesse momento, a professora explica que em cada meio a onda tem uma velocidade de propagação e cita alguns exemplos de ondas, mostrando que todas são perturbações que se propagam. No caso do desenho, ela explica que ao puxar, a pessoa simula uma velocidade, pois é a pessoa que movimenta.

A professora recorda entre eles o conceito e a fórmula da velocidade.

Nome	Fala
Professora	Como é que vocês calculam a velocidade média de um corpo? Vocês lembram da fórmula?
Glauce	A quantidade de tempo que você...
Vivian	Percorre uma distância.
Professora	O tempo que você demora pra percorrer tal distância.
Meninas	Isso.
Professora	A unidade oficial na Física é metros por segundo. Vamos voltar à fórmula: a velocidade de um corpo é?
Meninas	Distância sobre tempo.

Professora constrói aos poucos a fórmula da velocidade da onda, introduzindo o conceito de comprimento de onda.

Nome	Fala
Professora	A velocidade da onda você pode calcular a distância que ela percorreu num determinado período de um daqueles osciladores. Aqui tem vários osciladores, mas pra onda acontecer, foi um primeiro que perturbou, que a gente chama de fonte da perturbação. Então você espera esse oscilador começar e terminar um período, e fecha.
Professora	Daqui até aqui, nesse espaço de tempo, quanto que a onda percorreu. Se a gente tirasse uma foto, nesse tempo que passou, a gente tem esse ponto, e esse próximo ponto. Não foi o que você escolheu? Você escolheu esse, e quando passou, você parou nesse aqui. Nesse caso, você escolheu esses dois pontos, certo?
João	Certo.
Professora	Esses dois pontos foi a distância que a onda percorreu num determinado período, tudo bem?
Vivian	Uhum.

Professora	Essa distância daqui a gente não vai chamar de d , de distância da onda. A gente vai chamar de comprimento de onda. Então invés de eu colocar velocidade igual a d sobre t qualquer, eu vou usar não um t qualquer, um período, com t maiúsculo. Então a fórmula da velocidade da onda vai ser velocidade é igual ao comprimento de onda sobre o período. Tudo bem?
Vivian	Sim

Nesse momento, a professora introduz os conceitos de crista e vale.

Nome	Fala	Breve comentário
João	E o comprimento de onda a gente mede de uma crista pra outra.	O aluno consegue transpor o novo conceito para o comprimento de onda que acabou de medir
Professora	Isso. A gente pode medir o comprimento de onda de uma crista até a próxima, de um vale até o próximo vale, ou de qualquer ponto...	
João	Que seja igual.	
Professora	Que seja exatamente igual. O que é igual aqui? Um ponto que esteja na mesma posição e mesma velocidade.	

A professora explica o conceito de condição de fase e exemplifica com o movimento do balanço.

7.3.5 Episódio 3.5

Professora relembra o conceito de período e frequência e converte o inverso do período para a grandeza frequência. Mostrando que a equação da velocidade da onda também pode ser expressa por: velocidade é igual ao comprimento de onda multiplicado pela frequência.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Se eu tiver tratando de uma mesma onda se propagando num determinado meio, a onda tem sempre a mesma velocidade. Então se a velocidade é constante, se eu altero a frequência de oscilação de cada pêndulo, eu vou alterar o deslocamento que a onda faz em cada período. Matematicamente dá pra você visualizar isso. Eu mantenho v constante, v igual a λ vezes f . Se eu aumento o λ , o que acontece com o f ?	

João	Se você aumenta o λ , você diminui o f .	
Professora	Pra manter a equação constante. Porque o v é constante naquele meio.	
João	Fala de novo.	
Professora	V é o lado esquerdo da equação. Ele se mantém constante pra cada meio. Se cada pêndulo oscilar com um período diferente, ou seja, também numa frequência diferente, o comprimento de onda vai mudar?	
João	Vai.	
Vivian	Vai.	
Professora	Então se eu aumento a frequência de oscilação no mesmo meio, o que acontece com o comprimento de onda?	
João	Ele vai ficar menor, né? Porque a frequência está maior... ué, acho que se for mais rápido, mesmo com a frequência menor, dá pra ter o mesmo comprimento de onda.	
Professora	Mas eu estou mantendo a velocidade de propagação.	
João	Ah sim. A mesma velocidade e aumentar a frequência?	
Professora	Uhum.	
João	Ah, o comprimento vai diminuir.	
João	Velocidade vai ser aquele negócio que você puxa do oscilobrilho, a frequência, vai ser o negócio que você vai e volta, com a caneta.	O aluno consegue associar as grandezas dentro do experimento
Professora	Isso.	
João	Então se você ficar na mesma velocidade, ou seja, puxar na mesma velocidade, e aumentar ou diminuir a frequência, o comprimento de onda vai aumentar ou diminuir. Se você aumentar a frequência, o comprimento de onda vai diminuir e se você diminuir a frequência, o comprimento de onda vai aumentar.	Colocando as variáveis no experimento, o aluno consegue assimilar mais rapidamente
Professora	Vocês concordam?	
Vivian	É... faz sentido.	

Professora sugere usar o oscilógrafo para repetir a oscilação, uma com frequência baixa e outra com frequência baixa. Enquanto João oscila, a professora puxa a tampa com velocidade constante nos dois momentos.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Professora: O comprimento de onda com a frequência maior, aumentou ou diminuiu?	

Glauce	Diminuiu. Porque era aqui, agora tá aqui.	
João	Caraca, eu sou um físico. Primeiro físico cego. Vou ser um mártir.	
Vivian	Ninguém sabe da sua existência.	
João	Estou desperdiçando meus talentos.	
Professora	Mede o comprimento de onda aqui (o de maior frequência). O comprimento de onda aí foi maior ou menor?	Pergunta para Vivian
Vivian	Foi menor.	
Professora	João, você já viu? Esse daqui é o seu segundo desenho. Agora vamos pro primeiro desenho.	
João	Bem longe uma crista da outra.	Visualizando o primeiro
Professora	Então, você confirmou sua intuição?	
João	Confirmei.	
Professora	E vocês, meninas?	
Glauce	Sim.	
Vivian	Uhum.	
Professora	Então, puxando com a velocidade constante, quando maior a frequência, menor o comprimento de onda. Porque eles são grandezas inversamente proporcionais nessa equação. Eles estão do mesmo lado da equação, se multiplicando. Então pra equação continuar constante, conforme um aumenta, o outro tem que diminuir e vice-versa.	

João fica curioso em como se mede o comprimento de onda do som e de um flash de luz e a professora explica superficialmente.

7.3.6 Episódio 3.6

A final da aula, a professora pede que os alunos resumam o que aprenderam nas três aulas, explicando os conceitos com suas palavras.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	O que a gente pode resumir da aula? O que é uma onda?	
Vivian	É a propagação...não, peraí. A onda é quando...	
João	É a perturbação do...	
Vivian	É a perturbação da propagação do (inaudível) na do tempo. Não necessariamente tempo, mas...	
João	É a perturbação em certo meio.	
Vivian	Que se propaga, porque ela tem que se propagar.	

João	Igual ao ar, faz som. Quando perturba a água ela se movimenta.	
Glauce	E também tem que ter velocidade, né?	
Professora	Pra que aconteça a perturbação, e esse movimento se propague, pra todos os outros, eu preciso de algumas coisas dentro da onda, né? Acontecendo naquele meio.	
Vivian	Você precisa de alguma coisa pra interligar todos os movimentos.	Vivian lembra que as partículas tem que estar interligadas
João	Você precisa da fonte pra começar tudo, você precisa...	
Vivian	De um meio que interligue as coisas que vão se propagar.	Os alunos vão acrescentando informações importantes
João	Um meio praquilo fluir, praquilo acontecer.	
Professora	No caso do som, da onda sonora, qual é o meio...	
João	O ar.	
Vivian	O próprio ar. Quando você ouve alguma coisa, o ar que expande tudo aquilo, ele propaga tudo aquilo. Todo o som.	
João	Vítor: É mesmo!	

Professora diferencia a direção de vibração de cada oscilador do sentido de propagação da onda.

Nome	Fala	Breve comentário
Professora	Cada oscilador está indo pra cima e pra baixo, mas o movimento ondulatório, ele vai da esquerda pra direita.	
Vivian	Sim.	
Professora	É como nos estádios de futebol. Vocês já ouviram falar na ola?	
João	Ah, é uma onda que os torcedores vão fazendo.	
Professora	O que os torcedores fazem? Você tá do lado dele, o João tá do lado da Vivian, e a Vivian tá do lado da Edna.	
João	Aí faz uma reação em cadeia.	
Professora	É, uma reação em cadeia.	Professora simula com eles, levantando e descendo
Vivian	Ah, já fiz isso!	
Glauce	Efeito dominó.	
Professora	Exatamente. Esse efeito dominó, é a propagação do movimento oscilatório. É como se a Glauce	

	trouxesse o movimento pro João, o João trouxesse o movimento pra Vivian, e a Vivian trouxesse o movimento pra Edna e a Edna ia dar pra outra pessoa. Qual a informação que foi passada? A Glauce subiu e desceu, aí o João repete a mesma coisa. Depois a Vivian repete, e depois a Edna repete. Não foi isso que aconteceu nos pêndulos interligados?	
Vivian	Sim.	
João	Sim.	
Professora	Todos eles fizeram o mesmo movimento do primeiro, em intervalos de tempo diferentes. Um fez primeiro, quando o outro estava voltando, influenciou no outro, e depois no outro... e o que vocês perceberam na mão de vocês? Começou no início da mão e chegou até o cotovelo. Não foi isso?	
Vivian	Uhum.	
João	Uhum.	

Professora resume com os alunos a sequência das aulas e encerra.

Capítulo 8

Considerações finais

A expectativa deste trabalho era aproximar o deficiente visual de um fenômeno físico, que é ensinado em classes de maneira bastante visual e dinâmica que é a onda. Criou-se uma sequência didática na qual as características principais desse fenômeno seriam alcançadas iniciando pelo estudo de oscilações de sistemas mecânicos.

Nesse sentido, foram dispostos, em três aulas, experimentos escolhidos a fim de proporcionar uma interação do aluno com o movimento oscilatório e algumas formas de propagação da onda.

No capítulo Confecção de Materiais, foram relatadas propostas de como o professor pode selecionar e construir esses tipos de materiais. Também pertence ao trabalho um roteiro para cada aula, contendo instruções e perguntas, como sugestões, para proporcionar o desenvolvimento do raciocínio do aluno. A proposta contida nos roteiros é aplicar as aulas pelo método do Ensino por Investigação.

A aplicação das aulas foi realizada com um grupo de quatro alunos da mesma turma da 2ª série do Ensino Médio. As aulas foram registradas em vídeos e áudios e, posteriormente, transcritas. Parte dessas transcrições está registrada no capítulo Coleta e Análise de Dados, onde se encontram divididos os momentos em episódios de ensino.

Todas as perguntas planejadas no roteiro foram utilizadas, e outras foram acrescentadas, como se pode observar nas transcrições. A professora direciona as perguntas dos alunos para o objetivo final de cada aula, não respondendo suas dúvidas no mesmo instante, mas abrindo espaço para que os colegas respondam mostrando seus argumentos. Depois das argumentações e observações, a docente sistematiza os conceitos em etapas. No final da aula, os discentes resumem o que aprenderam.

Os alunos participaram de forma ativa, e embora a última aula tenha sido mais extensa pela quantidade de experimentos, todos prestaram atenção e interagiram uns com os outros.

A seguir, tem-se um trecho da fala do aluno após o encerramento da última aula, empolgado com o resultado das aulas:

Aluno: Ah, eu achei impressionante, eu achei sei lá... isso vai ser um marco na história. O início de uma nova era.

Professora: (Risos) Por que que você achou que foi muito bom?

Aluno: Porque quando a gente entende a base, entende a raiz do negócio, a gente entende ele por completo. Porque é o que você falou: Não adianta a gente... ah, isso aqui é assim, pronto, acabou. A pessoa nunca vai fazer direito porque ela nunca vai entender por completo. Talvez ela até faça direito, mas dependendo da situação, ela acaba se confundindo porque ela vai pensar que acontece de uma forma que não é realmente daquele jeito. Agora, quando ela entende a base daquilo, ela vai acertar independente da situação.

O aluno expressa com suas palavras a razão da sua empolgação, demonstrando estar feliz porque aprendeu explicar um fenômeno por completo. Ele, sendo cego, mostra que entender sobre algum conceito requer compreender a base dele. Ele argumenta que definir alguma coisa de uma só forma não é suficiente para conhecer por completo. E ele entende que, com suas vivências, manipulações e discussões com os colegas, que os experimentos realizaram a construção mais completa de uma definição sobre o conceito de Onda.

As transcrições revelam os momentos de descobertas, dúvidas e argumentações do grupo de alunos. Considera-se que as aulas foram satisfatórias aos seus objetivos pretendidos.

Os experimentos utilizados também servirão para uma extensão do trabalho. O professor poderá dar seguimento ao conteúdo de Física Ondulatória e utilizar esses e outros materiais para explicar os fenômenos pertinentes, inclusive numa abordagem para alunos não deficientes. Contudo, as características físicas gerais da onda foram trabalhadas nesse conjunto de aulas.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M. D. (2 de outubro de 2019). *O IBC*. Fonte: Instituto Benjamin Constant: <http://www.ibc.gov.br/o-ibc>.

AZEVEDO, A. C. Produção de material didático e estratégias para o ensino de física para alunos portadores de deficiência visual. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

AZEVEDO, M. C. P. Ensino por investigação problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*. São Paulo-SP: Thompson, 2004. cap. 2, p. 19-33.

BARBOSA-LIMA, M. C.; CATARINO, G. F. C. Formação de professores de Física inclusivistas: interdisciplinaridade por si. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – ENPEC, 9., 2013, Águas de Lindóia. Atas IX ENPEC,,: Águas de Lindóia, 2013, p. 01-08.

BRASIL, Decreto 5.296, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis n. 10.048, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção de acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 2004.

BRASIL, Lei nº 11.494, de 20 de junho de 2007, ementa: REGULAMENTA O FUNDO DE MANUTENÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO BÁSICA E DE VALORIZAÇÃO DOS PROFISSIONAIS DA EDUCAÇÃO:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11494.htm

BRASIL, Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, ementa: ESTABELECE AS DIRETRIZES E BASES DA EDUCAÇÃO NACIONAL:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm.

BRASIL. Ministério da Educação. Censo Escolar 2012. Brasília, DF: INEP, 2013a: <http://www.inep.gov.br/basica/censo/Escolar/Sinopse/sinopse.asp>. Acesso em: 10 de dezembro de 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva. Brasília. MEC/SEESP:

<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/politica.pdf>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2013.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica, PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BATISTA, C. G. Formação de Conceitos em Crianças Cegas: Questões Teóricas e Implicações Educacionais. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*. Jan-Abr 2005, Vol. 21 n. 1. pp. 007-015: <http://www.scielo.br/pdf/ptp/v21n1/a03v21n>. Acesso em: 16 de abril de 2019.

CAMARGO, E. P. Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física. 1. Ed. São Paulo: Editora UNESP, 2012. 274p.

CAMARGO, E. P. Inclusão e necessidade educacional especial: compreendendo identidade e diferença por meio do ensino de física e da deficiência visual. 1. Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. 268p.

DUSCHL, R. La valorización de argumentaciones y explicaciones: promover estratégias de retroalimentación. *Enseñanza de las ciencias*, 6 (3), p. 224-230, 1998.

DEBOER, G. E. Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools In Flick, L. D. and Lederman, N. G. (Ed.), *Scientific Inquiry and Nature of Science*, Netherland, NED, Springer, p.17-35, 2006.

FERNANDEZ, S. S. Uma Proposta de atividades investigativas envolvendo sistema métrico. 2012. 97f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

FERREIRA, B. A. Uma abordagem da Expansão do Universo para alunos com deficiência visual. Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura em Física. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

GIL PEREZ, D. VALDES CASTRO, P. La orientación de las practices de laboratorio como invetigagación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las ciencias*, 14 (2), 1996

LEWIN, A. M. F. e LOMÁSCOLO, T. M. M. La metodología científica en la construcción de conocimientos. Enseñanza de las ciencias, 20 (2), p. 147-1510, 1998.

MASINI, E. F. S. O perceber e o relacionar-se do deficiente visual. Brasília: Corde, 1994

NUNES, Camila dos Santos. Tópicos de óptica para deficientes visuais. Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura em Física. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SASSAKI, R. K. Inclusão: construindo uma sociedade para todos. 5. ed. Rio de Janeiro: WVA Editora, 1999.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do Ensino de Física, 2010.

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. Alfabetização científica na prática: 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Curitiba – 2008.

Vygotski, L. S. Obras Escogidas - V Fundamentos de defectologia: El niño ciego. Havana: Editorial Pueblo Y Educación, p. 4-87, 1997. (Originalmente publicado em 1934).