



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

Superposição de ideias em Física ondulatória

Manoel Jorge Rodrigues Marim

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
Coorientador:
Marcos Binderly Gaspar

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2014

Superposição de ideias em Física ondulatória

Manoel Jorge Rodrigues Marim

Orientadora:
Deise Miranda Vianna
Coorientador:
Marcos Binderly Gaspar

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. Deise Miranda Vianna (IF-UFRJ) (Presidente)

Dr. Marcos Binderly Gaspar (IF-UFRJ)

Dr. Isa Costa (IF - UFF)

Dr. André Bessadas Penna-Firme (FE-UFRJ)

Dr. Ana Maria Senra Breitschaft (IF-UFRJ)

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

M336	<p>Marim, Manoel Jorge Rodrigues Superposição de ideias em física ondulatória/ Manoel Jorge Rodrigues Marim. – Rio de Janeiro, 2014. 155 f. : il. ; 30 cm.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-graduação em Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Orientadora: Dra. Deise Miranda Vianna Co-Orientador: Me. Marcos Binderly Gaspar Bibliografia: f. 94-96.</p> <p>1. Ensino de física. 2. Física ondulatória. 3. Ensino por investigação. I. Vianna, Deise Miranda. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Física. III. Título.</p> <p>CDD 530.07</p>
------	--

Dedico esse trabalho ao meu
pai, Paulo e a minha mãe, Nilda.

AGRADECIMENTOS

Começo pela minha orientadora Deise Miranda Vianna que sempre esteve pronta para auxiliar. Obrigado pelo comprometimento, pela visão lúcida da realidade das salas de aula e do desejo de mudar essa realidade.

Meu coorientador Marcos Binderly Gaspar agradeço pela paciência, solicitude e compreensão.

Agradeço aos colegas de mestrado que participaram das discussões sobre física e ensino, principalmente ao Eric Barros Lopes e ao Carlos Frederico Marçal Rodrigues que contribuíram diretamente na criação das atividades aqui descritas.

A minha amada esposa Anna, sempre ao meu lado, levando ao pé da letra a parte do “na alegria e na tristeza, na saúde e na doença”. Obrigado por me trazer tranquilidade nas horas difíceis e etc.

A minha família que tanto investiu em mim, mesmo nos tempos que isso significava investimento de alto risco. Obrigado meu pai e minha mãe por fazerem o papel de vocês com excelência.

A Jesus, que também agradeço nas preces. Agradeço principalmente pelos momentos difíceis em que me trouxe serenidade. Assim como agradei a todos os outros diretamente e fiz questão de registrar aqui, com ele não poderia ser diferente.

A Deus.

RESUMO

Superposição de ideias em Física ondulatória

Manoel Jorge Rodrigues Marim

Orientadora:

Deise Miranda Vianna

Coorientador:

Marcos Binderly Gaspar

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.

Desenvolvemos atividades para o ensino de conceitos básicos de Física ondulatória com uma abordagem de ensino por investigação, buscando envolver ativamente os estudantes na construção de seus conhecimentos. Para isso fazemos uma breve reflexão sobre: a importância do ensino de Física ondulatória; como esse ensino costuma ser feito no Brasil; e também as dificuldades cognitivas específicas do ensino desse assunto. Em seguida, no desenvolvimento de nossa atividade, abordamos os conceitos de pulsos, ondas, amplitude, frequência, interferência construtiva e destrutiva e também as variáveis envolvidas na velocidade de pulsos em molas. Aplicamos essas aulas em um colégio público na cidade do Rio de Janeiro em turmas de ensino médio. As aulas foram registradas em vídeo e as falas de todos os alunos registradas em áudio. Posteriormente fizemos uma análise do desempenho dos alunos baseada em suas discussões e atitudes. Com esse material verificamos que nossa proposta permite a aprendizagem dos conceitos estudados e favorece o envolvimento dos alunos, além de estimular a reflexão, discussão e a criatividade.

Palavras-Chave: Ensino de Física, Física ondulatória, ensino por investigação.

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2014

ABSTRACT

Superposition of ideas in wave physics

Manoel Jorge Rodrigues Marim

Supervisors:
Deise Miranda Vianna
Marcos Binderly Gaspar

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.

We develop activities for teaching basic concepts of wave physics with an approach to teaching as inquiry, actively seeking to engage students in building their knowledge. For this, we briefly reflect on: the importance of wave physics teaching; how this teaching is usually done in Brazil; the specific cognitive difficulties of teaching this subject. Then, in the development of our activity, we discuss the concepts of pulse waves, amplitude, frequency, constructive and destructive interference and also the variables involved in the speed of pulses in spring. We have applied these lessons in a public school in the city of Rio de Janeiro in high classes classes. The lessons were recorded on video and the statements of all students registered in audio. Subsequently, we have analyzed the students performance based on their attitudes and discussions. With this material, we have verified that our proposal allows learning the concepts studied and promotes student engagement, and stimulates reflection, discussion and creativity.

Keywords: Physics education, wave physics, teaching as inquiry.

Rio de Janeiro
February 2014

Sumário

Introdução.....	1
Capítulo 1 - REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	3
1.1 Ensino por investigação.....	3
1.1.1 Críticas procedem.....	5
1.1.2 Estratégias investigativas.....	6
1.1.2.1 Demonstrações investigativas.....	6
1.1.2.2 Laboratórios investigativos.....	7
1.1.2.3 Questões abertas e problemas abertos.....	9
1.2 Física Ondulatória.....	10
1.2.1 A importância da Física ondulatória versus a importância dada à Física ondulatória.....	10
1.2.2 Da obviedade da superposição e reflexão de pulsos em cordas.....	11
1.2.2.1 Como os estudantes veem as ondas mecânicas.....	12
1.2.3 Velocidade da onda em uma corda.....	19
Capítulo 2 - DESENVOLVIMENTO.....	22
2.1 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	23
2.1.1 Primeira Atividade.....	23
2.1.1.1 Primeira parte.....	23
2.1.1.2 Segunda parte.....	27
2.1.2 Segunda atividade.....	31
Capítulo 3 – ANÁLISE.....	36
3.1 Dados.....	36
3.2 Transcrição.....	38
3.2.1 Entendendo a transcrição.....	38
3.3 Primeira aula.....	40
3.4 Segunda aula.....	54
3.5 Terceira aula.....	71
3.6 Seguindo em frente.....	81
Capítulo 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
4.1 Sobre a aprendizagem dos conceitos.....	82

4.1.1 Amplitude e pulso.....	82
4.1.2 Interferência.....	82
4.1.3 Velocidade de pulsos em meios materiais.....	83
4.1.4 Considerações sobre aprendizagem para a continuação do trabalho.....	84
4.1.4.1 Perspectivas de aprofundamento.....	84
4.2 Discussão metodológica.....	85
4.2.1 Envolvimento e motivação dos alunos.....	85
4.2.2 Criatividade.....	86
4.2.3 Reflexão e discussão.....	87
4.2.4 Considerações para o prosseguimento do trabalho.....	88
4.2.5 Questões técnicas.....	90
4.3 Quem acha a superposição de pulsos óbvia?.....	91
4.4 Em busca de conclusões.....	92
Referências	94
Apêndice 1: Material do professor.....	A1
Apêndice 2: Transcrições detalhadas da aula sobre interferência construtiva.....	A7
Apêndice 3: Transcrições detalhadas da aula sobre interferência destrutiva.....	A28

Lista de figuras

FIGURA 1 – Exemplo de pergunta discursiva e de múltipla escolha com múltiplas respostas.....	14
FIGURA 2 – Comparação das respostas antes e depois da instrução.....	15
FIGURA 3 – Questão de um pré-teste aplicado depois da instrução tradicional....	16
FIGURA 4 – Respostas comuns para a questão relacionada à superposição de pulsos.....	16
FIGURA 5 – Questão sobre superposição de ondas, antes da instrução.....	17
FIGURA 6 – Respostas comuns para a questão da figura 5.....	18
FIGURA 7– Primeira e segunda parte da atividade 1.....	24
FIGURA 8 – Segunda parte da atividade 1.....	28
FIGURA 9 – Superposição que derruba objeto.....	30
FIGURA 10 – ilustração utilizada em slide mostrando o que é um pulso transversal.....	35
FIGURA 11 – Ilustração utilizada didaticamente em slide de aula subsequente às atividades.	35
FIGURA 12 – Momentos chave de cada grupo.....	37
FIGURA 13 – Entendendo a transcrição.....	39
FIGURA 14 – Corrida de pulsos transversais.....	73
FIGURA 15 – Pergunta para gerar discussão sobre a corrida de pulsos.....	78
FIGURA 16 – Resposta do grupo M.....	81
FIGURA 17 – Quatro momentos de um aluno desesperado.....	86

INTRODUÇÃO

Existe uma preocupação dos brasileiros com relação à educação no país; 21% afirmam que o que precisa mudar no Brasil para que suas vidas melhorem de verdade é a educação (PNUD, 2009). E o que mais preocupa esse percentual de pessoas é a qualidade da educação. Após ouvir aproximadamente quinhentos mil brasileiros de todos os estados, a pesquisa Brasil ponto a ponto do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento verificou que essa é a maior preocupação dos que citam a educação como prioridade para mudança (PNUD, 2009). Alcançar qualidade no ensino básico é citado também como um dos desafios dos objetivos de desenvolvimento do milênio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2009).

Alunos, professores e autoridades em educação concordam que o ensino de Física pode e deve melhorar muito sua qualidade, ainda que possam discordar como essa qualidade deva ser alcançada.

Um ensino de Física com memorizações de fórmulas, com exercícios sem ligação com a realidade dos alunos e muito matematizado não é visto atualmente pelo MEC como um ensino de Física de qualidade.

Muitos professores e pesquisadores defendem que essa forma de ensino deve ser substituída por um ensino que mobilize a atividade do aluno ao invés de favorecer sua passividade. Segundo essa corrente denominada construtivista, é importante que o aluno se envolva, comprometido com a busca de respostas e soluções para questões que sejam apresentadas pelo professor (BORGES, 2002).

Esse trabalho sugere algumas atividades para aulas de Física, onde se busca o envolvimento dos alunos para resolver questões de Física ondulatória. Muitas vezes na forma de uma investigação, eles são estimulados pelo professor que tenta propor perguntas que possam motivar sua participação.

Esta abordagem sugerida para o ensino de conceitos de Física ondulatória foi aplicada em um colégio público da cidade do Rio de Janeiro, e analisamos essas aulas através de gravações de áudio e vídeo das atividades.

Durante a análise buscamos indícios da capacidade das aulas de promover a aprendizagem dos conceitos abordados e o envolvimento ativo dos alunos na construção de seus conhecimentos, entre outros fatores.

No primeiro capítulo desse trabalho estudaremos o referencial teórico de ensino por investigação, metodologia utilizada para nortear o desenvolvimento das atividades propostas. Também faremos considerações sobre a importância do ensino de Física ondulatória, de que forma ele costuma ser feito nas escolas e trataremos das dificuldades cognitivas conceituais que existem no ensino desse assunto.

No capítulo posterior iremos descrever as práticas que propomos para o desenvolvimento das atividades; abordaremos duas sugestões nossas de aulas para tratar dos conceitos de pulsos, ondas, amplitude, frequência, interferência construtiva e destrutiva e velocidade de pulsos em meios materiais não dispersivos e não deformáveis.

No terceiro capítulo iremos apresentar os dados referentes às gravações de áudio e vídeo que obtivemos ao aplicarmos essas atividades propostas e faremos uma análise dos diálogos dos alunos e de suas atitudes.

Na última parte de nosso trabalho faremos uma reflexão sobre as análises do capítulo anterior e considerações sobre a relevância de nossa proposta. Trataremos também de aspectos a serem considerados na continuação desse trabalho em um momento posterior.

Capítulo 1

REFERENCIAIS TEÓRICOS

1.1 Ensino por investigação

A seguir estudaremos conceitos que julgamos principais para fundamentar as atividades que desenvolvemos em Física ondulatória.

Segundo os pressupostos construtivistas, é fundamental que o aluno se envolva ativamente em sua aprendizagem.

Essa característica muitas vezes vai de encontro com uma prática de ensino comum que é o ensino expositivo, onde ao aluno cabe tentar entender a linha de raciocínio proposta pelo professor e geralmente ele fica em uma posição de passividade intelectual perante as aulas.

Dentre as várias maneiras de se buscar o envolvimento do aluno no aprendizado, existe uma que tem como característica propor investigações para os alunos, que devem ter algumas semelhanças com os aspectos investigativos do trabalho feito por cientistas em suas pesquisas.

O ensino por investigação, segundo Hodson (1992), possibilita ao estudante o seu desenvolvimento conceitual e uma compreensão da ciência como uma atividade reflexiva e permite a eles perceber a integração entre fazer ciência, aprender ciência e aprender sobre ciência.

Mesmo com interesse crescente em ensino por investigação, no Brasil o assunto ainda é relativamente pouco discutido. Por outro lado, em países da América do Norte e da Europa o assunto é quase senso comum quando se fala em inovação no ensino (MUNFORD, LIMA, 2007).

Apesar de algumas divergências entre os pesquisadores em educação sobre o que se caracteriza como ensino por investigação, podemos perceber a grande maioria deles apontando para uma característica fundamental que possibilite uma investigação que traga envolvimento intelectual para os alunos. Essa característica é a importância de um problema apresentado aos alunos que os mobilize em busca de uma solução. Citando a contribuição de Piaget nesse sentido Carvalho chama atenção para essa questão:

Um dos pontos que podemos salientar, e que se torna claro nas entrevistas piagetianas, é a importância de um problema para o início da construção do conhecimento. Ao trazer esse conhecimento para o ensino em sala de aula, esse fato – propor um problema para que os alunos possam resolvê-lo – vai ser o divisor de águas entre o ensino expositivo feito pelo professor e o ensino em que proporciona condições para que o aluno possa raciocinar e construir seu conhecimento. (CARVALHO, 2013, p.2)

Um problema sobre a perspectiva do ensino por investigação não se resume a um exercício sobre o conteúdo que está sendo visto em sala. É comum no ensino de Física aulas onde os conceitos e formulações matemáticas sejam expostos pelo professor e que, após isso, alguns exemplos de aplicação e exercícios sejam apresentados ou propostos aos alunos.

Na abordagem investigativa um problema até pode ser um exercício do tipo “lápiz e papel”. Mas, diferentemente do exercício tradicional, esse problema deve fazer sentido para o aluno, propiciar a elaboração de hipóteses, estimular a criatividade (AZEVEDO, 2004) e não apenas aplicar um algoritmo de resolução de exercício, que muitas vezes é aplicado sem a reflexão e a percepção conceitual do fenômeno em questão.

A proposta de uma situação problematizadora, além de estar relacionada com a teoria da construção do conhecimento de Piaget, é importante, pois é uma das semelhanças que o ensino por investigação tem com as investigações realizadas por cientistas. De acordo com Bachelard (2005, p. 18), “todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico”.

Tornando ainda mais clara a diferença entre os exercícios tradicionais e os problemas:

Resolver um problema consiste em encontrar um caminho previamente não conhecido, encontrar uma saída para uma situação difícil, para vencer um obstáculo, para alcançar um objetivo desejado que não pode ser imediatamente alcançado por meios adequados.
(POLYA, 1980 apud WILSEC, TOSIN, 2010, p.10)

Este problema possibilita não só participação ativa do aprendiz, mas também que, ao formular hipóteses e elaborar suas próprias explicações para os fenômenos, o aluno construa uma visão menos distorcida da ciência.

De acordo com Azevedo (2004), ao fazer observações e agir sobre o problema, os alunos podem perceber que o conhecimento científico se dá através de uma construção, ao contrário de um modelo do método científico rígido, fechado e composto de passos a serem seguidos, que muitas vezes é citado em livros didáticos. Esse modelo contribui para uma visão de que a ciência é fechada e criada somente a partir da observação.

A utilização da abordagem investigativa traz outras consequências positivas no processo de aprendizagem, entre elas: favorece fortemente a motivação dos alunos, fazendo-os adquirir atitudes tais como a curiosidade, confrontar resultados, acostumar a duvidar de certas afirmações, desejo de experimentar e obter profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais (LEWIN, LOMASCÓLO, 1998).

1.1.1 Críticas procedem?

Algumas críticas são comumente feitas à abordagem do ensino por investigação, sendo algumas concepções equivocadas principalmente entre professores são responsáveis por boa parte dessas críticas (NRC, 2002).

Uma crítica comum é a de que se deseja abordar todo o conteúdo de uma disciplina utilizando ensino por investigação.

De acordo com a literatura sobre o assunto, não se deseja que todo o conteúdo de uma disciplina seja trabalhado com ensino por investigação. Como é possível verificar, por exemplo, no documento norte-americano “Investigação e os Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências: Um Guia para Ensino e Aprendizagem” a afirmação de que ensinar ciências por apenas um método seria inefetivo e impossível na prática, e por isso mesmo indesejado (NRC, 2002).

Existem críticas também baseadas na crença de que se espera que os estudantes sejam capazes de alcançar sozinhos leis Físicas ou conceitos, mas segundo Azevedo:

a experimentação baseada na resolução de problemas não é suficiente para a descoberta de uma lei Física, tampouco achamos necessário que o aluno passe por todas as etapas do processo de resolução de maneira autônoma.
(AZEVEDO, 2004, p. 22)

Carvalho (2013) também chama atenção para essa questão deixando claro que não há a expectativa de que os alunos vão pensar ou se comportar como cientistas.

Pelo contrário, Borges (2002) sugere que haja uma progressão das investigações ao longo do curso, que deveriam ser simples e em pequenos grupos e preferencialmente introduzidas no ensino fundamental.

Isso se deve, segundo ele, ao fato de que ensinar a pensar criticamente é difícil e requer tempo, e sendo assim não devemos esperar observar progressos rápidos e espetaculares no desempenho e autonomia dos aprendizes.

1.1.2 Estratégias investigativas

Além dos problemas de “lápiz e papel”, diferentes estratégias podem ser utilizadas com uma abordagem investigativa.

1.1.2.1 Demonstrações investigativas.

Nas demonstrações investigativas o aluno é levado a participar da formulação de hipóteses sobre uma demonstração experimental realizada pelo professor e também da análise dos resultados envolvidos. O professor estimula a reflexão e o debate dos alunos sobre o fenômeno observado (AZEVEDO, 2004).

Diferente das demonstrações tradicionais onde o objetivo é mostrar um fenômeno, nas demonstrações investigativas o fenômeno mostrado pelo professor é o instrumento que irá possibilitar fazer uma pergunta e apresentar um problema aos alunos.

Ainda segundo Azevedo (2004) esse tipo de abordagem permite possibilidade de criação de conflitos cognitivos em sala, aproximação de uma atividade investigativa em sala e percepções das concepções espontâneas dos alunos, entre outras.

Muitas vezes é útil lançar mão dessa estratégia quando o experimento for perigoso para manipulação direta dos alunos.

1.1.2.2 Laboratórios investigativos.

No laboratório investigativo ou aberto, os alunos tentarão resolver o problema com o auxílio de um ou mais experimentos.

Inicialmente propõe-se um problema que estimule a curiosidade científica dos estudantes. É importante também que essa questão não seja muito específica para que possa gerar uma discussão ampla (AZEVEDO, 2004).

Um dos objetivos é que os alunos sejam capazes de elaborar um plano de trabalho do qual possam extrair dados confiáveis e que saibam interpretar esses dados. Por não ser uma tarefa fácil de ser alcançada, a interação construtiva entre o professor e o aluno é necessária (CARVALHO, 2010).

Entretanto, realizar uma atividade experimental não significa necessariamente realizar uma atividade investigativa. De acordo com Borges (2002), o ensino experimental tradicional envolve, na maioria das vezes, atividades fortemente estruturadas, com alunos passivos em relação ao que está sendo feito e com uma manipulação de objetos e artefatos sem um comprometimento com a atividade. Por isso, uma atividade pode ser considerada investigativa desde que permita ao aluno refletir, discutir, explicar e relatar suas ideias; essas oportunidades darão ao trabalho do aluno características de uma investigação científica (AZEVEDO, 2004).

Além disso, o professor precisa conhecer bem o assunto para poder propor questões que levem o aluno a pensar, elaborando raciocínios, verbalizando e justificando ideias. O professor precisa se tornar questionador, que procure argumentar, que saiba conduzir perguntas, estimular, propor desafios e que promova oportunidades para reflexão (AZEVEDO, 2004). São necessárias essas atitudes se queremos que o aluno argumente, reflita e interaja com a atividade. É claro que além da capacidade questionadora e reflexiva do professor é preciso que ele continue com o domínio do assunto que está tratando, Driver menciona que:

“Por um lado, se espera que os aprendizes explorem um fenômeno por si mesmos, colem dados e façam inferências baseadas nestes dados; mas por outro, este processo é intencionalmente encaminhado para a lei ou princípio aceito atualmente” (p.3). Nós esperamos que os professores convidem seus alunos a construir um significado, mas ao mesmo tempo, se espera que eles construam o significado correto.
(DRIVER, 1983 apud CARLSEN, 2007, p. 62)

Dentro dessa perspectiva é fundamental que durante a atividade o professor percorra os grupos fazendo perguntas que contribuam para a construção do conhecimento que se espera dos alunos de Física.

Após o trabalho dos grupos, recomenda-se que o professor peça a um ou mais alunos de cada grupo que explique para o restante da turma como fizeram para resolver ou tentar resolver o problema, e de que maneira as hipóteses que levantaram estão de acordo ou não com o que observaram experimentalmente. Zômpero e Laburú (2011) chamam essa etapa de expressão e comunicação dos resultados e mostram que ela é uma das etapas que está presente em diferentes abordagens de ensino por investigação.

Carvalho (2010) explica que nessa etapa os alunos têm a chance de desenvolver um raciocínio metacognitivo que os leve a tomar consciência de suas ações e o porquê destas. É possível que nessa fase o professor os ajude a perceberem, por exemplo, as relações entre as variáveis do fenômeno físico estudado. A autora explica que apesar dessas relações serem propostas de maneira qualitativa pelos alunos, elas são o primeiro passo para introdução da linguagem matemática no ensino de Física.

Mais uma vez as questões que o professor propõe são importantes para auxiliar essa tomada de consciência. Por exemplo, é comum que ao longo de uma atividade os alunos mudem suas hipóteses e explicações para o fenômeno. No final da atividade muitas vezes apresentam apenas as hipóteses e a explicação que julgam a correta, sem mencionar o caminho que os levou àquela explicação e as hipóteses que a princípio acreditaram corretas, mas que depois foram descartadas. Cabe então ao professor fazer perguntas para obter essas informações, do tipo: Como suas ideias se modificaram? Por que se modificaram?

Ao final da atividade se tem a oportunidade de sintetizar e sistematizar as explicações para o fenômeno estudado. Nesse momento o professor dá

ênfase em como a ciência descreve esse fenômeno e, caso necessário, apresenta as representações matemáticas que descrevem aquele fenômeno (AZEVEDO, 2004). Essa etapa é a que mais se parece com as aulas expositivas tradicionais, mas uma diferença fundamental é que os alunos ao serem apresentados ao conteúdo sistematizado tiveram antes a oportunidade de se envolverem intelectualmente e de forma ativa no fenômeno físico estudado. Nas relações qualitativas entre as variáveis do fenômeno que possivelmente estabeleceram, encontram um primeiro passo para compreender um conceito sintetizado em uma fórmula matemática.

De acordo com Carvalho (2010) os alunos precisam entender que a Física não é apenas descritiva mas principalmente propositiva. Ela propõe conceitos novos para o seu entendimento e esses conceitos são construídos justamente para dar sentido à realidade.

1.1.2.3 Questões abertas e problemas abertos.

Ao propor uma pergunta conceitual sobre um conteúdo de Física de uma situação concreta e relacionada ao dia-a-dia do aluno estaremos possibilitando ao aluno refletir e discutir com seus colegas. Chamamos essas perguntas conceituais de questões abertas. Uma vez que o professor permita a reflexão, a argumentação entre os alunos e auxilie com intervenções e perguntas que ajudem a construir o conhecimento de Física esperado, teremos também nesse caso uma atividade investigativa.

No caso de se desejar abordar matematicamente o conteúdo de Física objeto de estudo, utilizam-se então os problemas abertos. Diferentemente da resolução de exercícios, que encontramos no ensino tradicional onde o aluno aprende uma espécie de passo-a-passo para resolver esses exercícios. Nos problemas abertos se apresenta uma situação geral que os alunos vão enfrentar primeiramente de forma qualitativa, elaborando hipóteses, situações de contorno e, após discussões, passa-se para uma abordagem quantitativa, algébrica e numérica (AZEVEDO, 2004).

As diferentes maneiras que se pode trabalhar com ensino por investigação, sejam problemas, questões, laboratórios ou demonstrações, nos mostram as principais características dessa abordagem de ensino. Ela

privilegia a participação ativa do aluno na aula e requer um papel desafiador para o professor, seja na elaboração das aulas ou na aplicação dessas aulas com uma nova postura, de maneira a estimular o raciocínio e argumentação dos alunos, possibilitando um ensino de Física mais eficiente e atraente.

1.2 Física Ondulatória

É preciso ter uma visão um pouco mais aprofundada de como o ensino de Física costuma ser feito no país e o que se espera dele. Além disso, existem dificuldades cognitivas conceituais específicas ao ensino de Física ondulatória que precisam ser levadas em conta ao pensarmos em sua forma de ensinar. Nas próximas seções abordaremos essas duas questões com o objetivo de melhor embasar nosso trabalho.

1.2.1 A importância da Física ondulatória versus a importância dada à Física ondulatória

Os conhecimentos de Física Ondulatória são essenciais para um melhor entendimento dos fenômenos da natureza. Por exemplo, o som, o eletromagnetismo e a Ótica Física são algumas partes da Física que necessitam da abordagem ondulatória para que possam ser compreendidos.

Esses conteúdos estão intimamente relacionados com a vida das pessoas atualmente e também por isso esperaríamos que sempre fossem abordados no ensino médio. Mas na prática é comum que isso não aconteça. A Física Ondulatória é muitas vezes relegada a um segundo plano no ensino médio (BRASIL, 2010), sendo deixada para o final desse curso (3º ano desse nível de escolaridade), sendo que muitas vezes não é abordada por falta de tempo para “cumprir o programa”.

Apesar da deficiência em Física Ondulatória, há alguns anos existe uma preocupação sobre a inclusão ou não do ensino de Física Moderna e/ou Contemporânea no ensino médio (OSTERMANN, MOREIRA, 2000) e alguns pesquisadores defendem o ensino de conhecimentos em Mecânica Quântica. O ensino da dualidade-onda partícula é visto por muitos professores da área de Física como um dos conhecimentos da Mecânica Quântica que deveriam ser

ensinados aos alunos (OSTERMANN, MOREIRA, 2000). Em alguns casos se sugere que o ensino de Mecânica Quântica comece com a apresentação do experimento mental da dupla fenda com elétrons ou com difração de elétrons. Algo semelhante à abordagem escolhida por Feynman no primeiro capítulo do terceiro volume de seu livro Lições em Física (FEYNMAN, 2008), ele escreve que a dualidade onda partícula tem em si o coração da Mecânica Quântica e contém seu único mistério. Com isso temos de maneira bem explícita a importância de conhecimentos sólidos em Física Ondulatória, caso se deseje realmente avançar em direção ao ensino da Mecânica Quântica no ensino médio.

Já nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), documento elaborado pelo Ministério da Educação Brasileiro para auxiliar no desenvolvimento do currículo da escola e no trabalho das equipes escolares (BRASIL, 1999), a presença de conceitos de Física ondulatória aparecem diversas vezes, em temas diferentes: som e imagem, equipamentos elétricos e telecomunicações e no tema matéria e radiação (BRASIL, 2002). Se analisarmos o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) iremos verificar que o número de questões relativas ao objeto de conhecimento “Oscilações, ondas, óptica e radiação” associado à Matriz de referência do exame, foi de três questões para os exames de 2010/1, quatro questões para o exame de 2010/2 e quatro questões para o exame de 2011/1 (GONÇALVES JUNIOR, 2012).

Nos anos mencionados o número total de questões de física foi de 15 em média.

Pelo que foi exposto podemos perceber uma situação contraditória sobre o ensino de Física Ondulatória no Brasil. Por um lado é tido como importante de acordo com Parâmetros Nacionais, pesquisadores em ensino e ENEM, por outro lado é deixado em segundo plano e, por vezes, nem é abordado no ensino médio.

1.2.2 Da obviedade da superposição e reflexão de pulsos em cordas.

A compreensão de várias situações físicas exige a compreensão do fenômeno de interferência entre ondas. Por acreditar que o fenômeno citado é algo não trivial para os estudantes de Física, um dos objetivos desse trabalho é desenvolver uma atividade que permita a melhor compreensão da interferência entre ondas. Para isso foi elaborada uma prática que, a partir da superposição de pulsos, permite que os estudantes atinjam um objetivo estipulado. Espera-se que a partir daí se obtenha uma melhor compreensão da interferência.

Não é incomum que a superposição e reflexão de pulsos sejam abordadas no ensino médio de maneira muito rápida. Algumas vezes são apresentadas em alguns minutos por meio de desenhos de curvas que representam pulsos viajando em cordas e setas que indicam a direção e o sentido de propagação do pulso.

Nessas situações a superposição de pulsos é explicada através de uma sequência de desenhos ao descrever o passar do tempo, que, conseqüentemente “mostra” como os pulsos se deslocam na corda e o que acontece quando eles se encontram.

De maneira análoga, sequências de desenhos são feitos para “mostrar” o que acontece quando um pulso encontra uma extremidade de uma corda fixa ou livre para oscilar.

A rapidez com que esse assunto costuma ser abordado talvez possa sugerir que a superposição e a reflexão de pulsos são vistas pelo professor como algo óbvio e por isso não se deveria “perder muito tempo” com isso.

Outra hipótese é a de que por ser um assunto normalmente abordado de maneira qualitativa, seja por isso mais fácil de entender e, conseqüentemente, mais fácil de ensinar. Isso justificaria a rapidez ao se tratar de pulsos no ensino médio.

1.2.2.1 Como os estudantes veem as ondas mecânicas.

Uma pesquisa realizada na Universidade de Maryland mostra que, mesmo após estudarem sobre pulsos e ondas, os alunos que participaram da pesquisa mantiveram concepções equivocadas sobre a velocidade de pulsos em uma corda e sobre a superposição de pulsos (REDISH, WITTMANN, STEINBERG, 1999). Segundo os autores, dois conceitos críticos devem ser

aprendidos pelos alunos quando se iniciam nos estudos sobre o modelo de pequena amplitude de ondas mecânicas em um meio não dispersivo e deformável:

1) A propagação da onda é uma resposta do meio para uma perturbação. Nesse modelo, as características de propagação dependem apenas do meio e não da natureza da perturbação.

2) A superposição de ondas ocorre pela soma de deslocamentos individuais ponto a ponto em qualquer instante.

Essa pesquisa que passamos a relatar nos indica o quanto os alunos têm dificuldade com ambas dessas, ideias de acordo com o que foi observado pelos autores mesmo após instrução específica para o assunto.

A pesquisa realizada por esses autores está muito relacionada com o trabalho que desenvolvemos, devido a isso algumas das informações que julgamos mais importantes sobre o estudo realizado na Universidade de Maryland foram traduzidas e serão abordadas a seguir.

O estudo realizou testes com amostragens de alunos que variavam de grupos entre 65 alunos e um pouco mais de 180 alunos. Antes da instrução sobre ondas, os alunos respondiam a perguntas com respostas discursivas. Logo após elas eram recolhidas e então os estudantes eram apresentados a questões de múltipla escolha que poderiam conter múltiplas respostas corretas. Essas questões se referiam ao mesmo assunto de ondas que as questões discursivas. Com isso era possível perceber se as alternativas da múltipla escolha, de alguma maneira, influenciavam as respostas dos alunos fazendo com que respondessem de maneira incoerente com o que haviam escrito na discursiva. Segue um exemplo de questão:

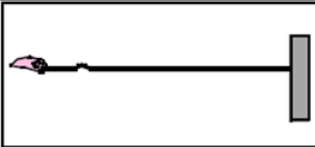
	<p>Versão 1 : Formato resposta livre: Uma corda esticada está amarrada a uma parede distante. Um pulso se movendo em direção à parede atinge a parede no tempo t_0 (veja o diagrama). Como você faria para diminuir o tempo que o pulso leva para alcançar a parede? Explique sua resposta.</p>
<p>Versão 2 :Formato múltipla escolha, Resposta Múltipla: Uma corda esticada está amarrada a uma parede distante. Uma demonstradora movimenta sua mão para criar um pulso se propagando em direção à parede (veja diagrama). A demonstradora quer produzir um pulso que leve um tempo maior para atingir a parede. Qual das ações dentre a-k devem ser feitas por ela mesma irá produzir esse resultado? Mais de uma resposta pode estar correta. Em caso afirmativo, marque todas elas. Explique seu raciocínio.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Movimentar sua mão mais rapidamente (mas ainda apenas para baixo e para cima uma vez, a mesma quantidade). b. Movimentar sua mão mais devagar (mas ainda apenas para baixo e para cima uma vez, a mesma quantidade). c. Movimentar sua mão uma distância maior, mas para cima e para baixo com a mesma quantidade de tempo. d. Movimentar sua mão uma distância menor, mas para cima e para baixo com a mesma quantidade de tempo. e. Usar uma corda mais pesada do mesmo comprimento, sob a mesma tensão. f. Usar uma corda mais leve do mesmo comprimento, sob a mesma tensão. g. Usar uma corda da mesma densidade, mas diminuir a tensão. h. Usar uma corda da mesma densidade, mas aumentar a tensão. i. Colocar mais força na onda. j. Colocar menos força na onda. k. Nenhuma das respostas acima irá causar o efeito desejado. 	

Figura 1 – Exemplo de pergunta discursiva e de múltipla escolha com múltiplas respostas. (REDISH, WITTMANN, STEINBERG, 1999), tradução nossa.

Alternativas marcadas pelos alunos que fossem contrárias aos dois conceitos críticos citados acima mostravam que aqueles estudantes não possuíam uma boa compreensão sobre o assunto.

Após esse pré-teste, no início do semestre, a instrução era iniciada e consistia de aulas tradicionais e em laboratório, exercícios para casa do livro texto e vídeos tutoriais desenvolvidos para ajudar os estudantes a superar os problemas conceituais críticos já citados. Esses vídeos foram baseados em estudos preliminares sobre essas dificuldades dos alunos, e tentavam auxiliar a visualização de ondas que se propagam.

Ao fim do semestre, os estudantes fizeram novamente testes discursivos e de múltipla escolha de maneira semelhante à que foi feita no início do semestre.

O estudo mostrou que, mesmo após um semestre de aulas, uma grande parte dos alunos não adquiriu uma boa compreensão sobre as variáveis que influenciam na velocidade de um pulso em uma corda.

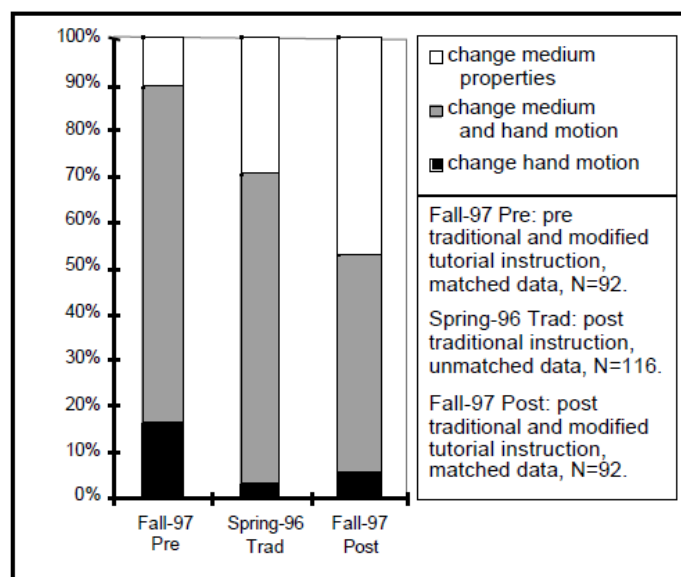


Figura 2 – Comparação das respostas antes e depois da instrução (REDISH, WITTMANN, STEINBERG, 1999).

Antes da instrução, como pode ser visto na figura 2 (coluna da esquerda), aproximadamente apenas 10% dos alunos possuía uma compreensão sólida de que apenas as propriedades do meio influenciavam na velocidade do pulso. E a grande maioria acreditava que tanto as características do meio quanto o movimento da mão tinham um papel importante na velocidade do pulso na corda. Aproximadamente 15% atribuíram somente ao movimento da mão a velocidade do pulso na corda.

Após a instrução (colunas do meio e da direita), o número de estudantes que atribuíam à velocidade do pulso somente as características do meio aumentou consideravelmente. Mas aproximadamente metade dos estudantes continuou acreditando que o movimento da mão pode influenciar na velocidade de um pulso em uma corda.

O trabalho mostra que os estudantes muitas vezes tentam descrever fenômenos ondulatórios com ideias do modelo newtoniano da Mecânica da Partícula. Vários estudantes acreditam que pulsos feitos com mais força se propagam mais rapidamente do que outros feitos com menos força, assim como uma pedra se move mais rapidamente se atirada com mais força. Ou, assim como objetos menores são arremessados mais facilmente, um pulso menor se propagaria com uma velocidade maior que um pulso maior.

Perguntas sobre a superposição de pulsos também foram feitas.

A Figura 3 abaixo mostra uma pergunta feita em um pré-teste após as aulas tradicionais.

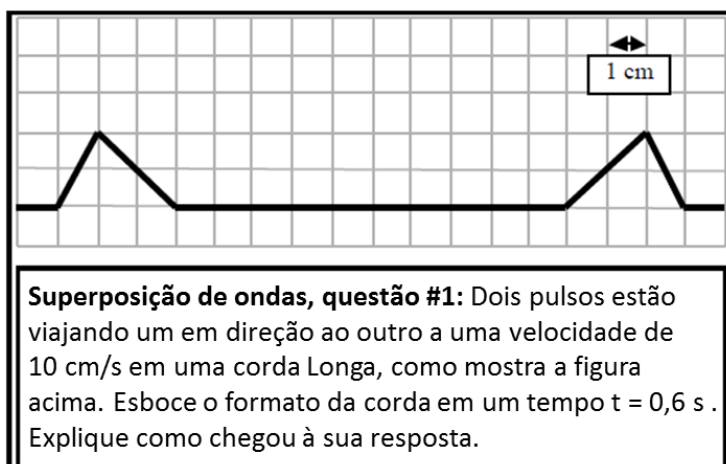


Figura 3 – Questão de um pré-teste aplicado depois da instrução tradicional, $N = 65$. Estudantes haviam completado as aulas sobre superposição de pulsos. (REDISH, WITTMANN, STEINBERG, 1999). Tradução nossa.

A resposta correta (com os formatos individuais dos pulsos indicados) e as duas respostas incorretas mais comuns estão mostradas na Figura 4.

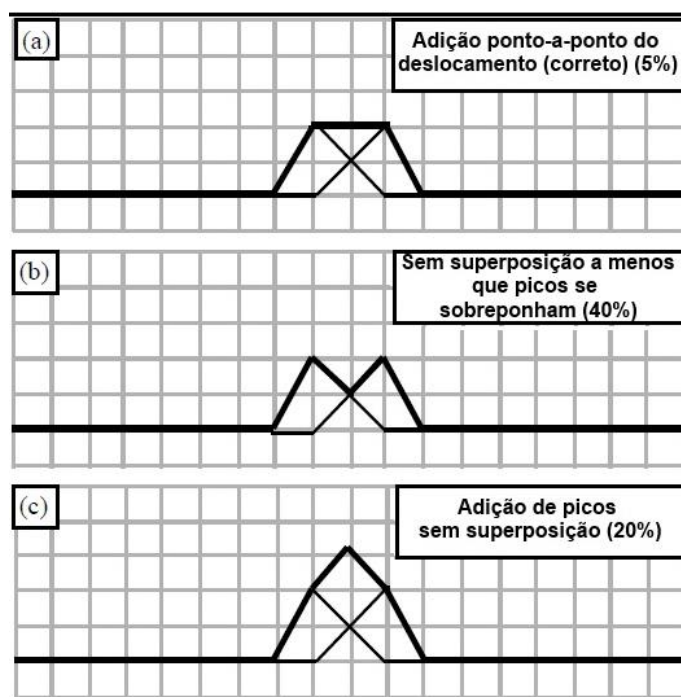


Figura 4 – Respostas comuns para a questão relacionada à superposição de pulsos. (a) Resposta correta, (b) resposta incorreta comum, (c) resposta incorreta comum. (REDISH, WITTMANN, STEINBERG, 1999). Tradução nossa.

A figura 4(c) estabelece que os pontos de deslocamento máximo vão se somar mesmo que eles não estejam na mesma localização da corda. Um estudante entrevistado que respondeu dessa maneira explicou que as “amplitudes” se somaram pelo fato das bases dos pulsos estarem uma sobre a outra. Esses estudantes veem a superposição como sendo a adição apenas dos deslocamentos máximos e não como sendo a adição de todos os deslocamentos em todos os pontos da corda. Os estudantes que respondem dessa maneira parecem simplificar o pulso a um único ponto.

É interessante analisar também a pergunta mostrada na figura 5 que foi feita para 182 estudantes antes da instrução sobre ondas. Para responder a essa pergunta corretamente os alunos deveriam ter a compreensão de que pulsos que passam através de outros não apresentam um efeito permanente devido à superposição momentânea ocorrida entre eles.

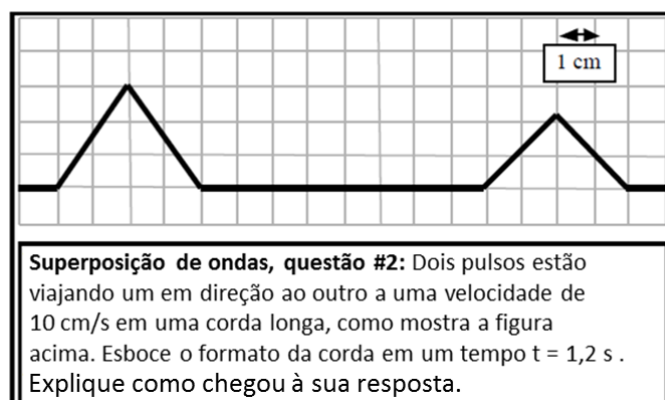


Figura 5 – Questão sobre superposição de ondas, antes da instrução (N=182 estudantes). (REDISH, WITTMANN, STEINBERG, 1999). Tradução nossa.

Nessa questão, 55% dos alunos responderem corretamente, como mostrado na Figura 6(a). A Figura 6(b) também mostra a resposta incorreta mais comum. Sobre essa questão, um estudante explicou que parte da onda grande é cancelada pela onda pequena. As explicações incorretas dos alunos sobre essa questão implicam que eles estavam pensando em uma espécie de colisão ao analisar essa situação. Poderíamos imaginar, analogamente, dois carrinhos de tamanhos diferentes se movendo um em direção ao outro com velocidades iguais. Se esses carrinhos colidirem em uma colisão inelástica perfeita os dois

carrinhos grudados vão se mover na direção que o carrinho maior estava se movendo, só que agora com velocidade menor.

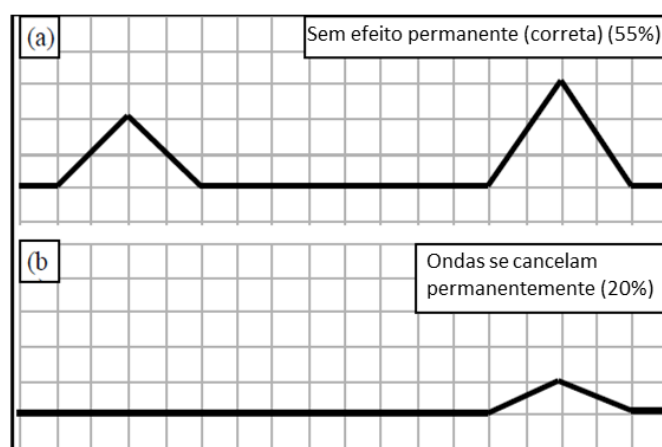


Figura 6 – Respostas comuns para a questão da Figura 5. (a) resposta correta, (b) resposta incorreta mais comum. (REDISH, WITTMANN, STEINBERG, 1999). Tradução nossa.

Ao comentar sobre essa questão, um aluno escreveu que na Figura 6(b) o pulso que restou está se movendo para a direita só que com uma velocidade menor. Em outras questões, os autores relatam que alguns alunos às vezes afirmam que pulsos de mesmo tamanho ricocheteiam.

As respostas a todas essas questões vistas nesta pesquisa apontam que os alunos possuem uma compreensão a respeito de pulsos e ondas que traz muitas analogias com o modelo newtoniano do movimento das partículas. Além das considerações que já foram feitas sobre a velocidade do pulso na corda depender do movimento da mão, vemos que vários estudantes parecem tratar um pulso de maneira que apenas um ponto dele (o pico) seja relevante, o que sugere uma analogia com a descrição do movimento de objetos extensos apenas considerando o centro de massa do objeto.

Várias vezes tratam o pulso como algo que pode colidir com outro pulso, muitas vezes ricocheteando ou cancelando um ao outro, o que sugere uma analogia com as colisões de objetos, de acordo com a mecânica newtoniana, onde esses objetos têm seus movimentos alterados após essas colisões.

Considerando tudo que foi dito nos últimos parágrafos, somado ao fato de que essa visão dos alunos é muito resistente à mudança para o modelo que se deseja que os alunos possuam, mesmo após aulas tradicionais e de

laboratórios desenvolvidas especialmente para vencer essas dificuldades, afirmamos que é necessário que se dê mais importância para o ensino da Física ondulatória. Mesmo que pareça óbvio para os professores, é necessário que se busquem alternativas para o ensino dos conceitos críticos de difícil aprendizagem, mostrados nessa pesquisa desenvolvida na Universidade de Maryland.

1.2.3 Velocidade da onda em cordas e molas

Está presente em muitos livros de Física a formulação matemática da velocidade (v) de um pulso ou onda em uma corda e sua dependência com relação à tensão (T) na corda e à densidade linear (μ) da corda.

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

1.1 – Equação da Velocidade (v) de um pulso em uma corda.

Essa equação normalmente não é demonstrada no ensino médio. Ela possui uma relação entre grandezas que podem ser estudadas qualitativamente com relativa facilidade em experiências com cordas ou molas.

É comum, em livros e páginas de internet encontrarmos a equação 1.1 próxima de figuras de pulsos se propagando em molas, o que pode nos trazer a impressão de que essa equação também é válida para se obter a velocidade de pulsos e ondas em molas. Isso é verdade para pulsos transversais, mas nem sempre para pulsos longitudinais.

Em meios que obedecem à lei de Hooke, temos uma equação para a velocidade de pulsos transversais (v_t) e outra para velocidade de pulsos longitudinais (v_l) (HUGGINS, 2008).

$$v_T = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{K(L - L_0)}{\mu}}$$

1.2 – Equação da Velocidade de um pulso transversal em um meio que obedece à lei de Hooke.

$$v_L = \sqrt{\frac{KL}{\mu}}$$

1.3 – Equação da Velocidade de um pulso longitudinal em um meio que obedece à lei de Hooke.

Nessas equações L_0 é o comprimento do objeto antes de ser esticado, L é o comprimento depois de esticado, K é a constante elástica do objeto e μ é a densidade linear do objeto.

Conforme demonstra experimentalmente Huggins (2008), na situação das molas de brinquedo, os pulsos transversais e longitudinais apresentam aproximadamente a mesma velocidade¹.

Analisando as equações acima, podemos entender porque isso ocorre na prática. Essas molas possuem uma constante elástica fraca, e possuem um comprimento L_0 muito pequeno, com relação ao quanto se costuma esticar essas molas para realizar experimentos em sala, o que praticamente torna as Equações 1.2 e 1.3 iguais.

Por isso, para as atividades que iremos desenvolver podemos considerar que tanto pulsos transversais quanto longitudinais obedecem à Equação 1.1.

Uma vez que o aluno obtenha uma boa compreensão sobre essa equação, mais à frente teremos a possibilidade de que o estudante, por analogia, se sinta mais à vontade com a formulação matemática da velocidade do som, expressa na Equação 1.4.

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

1.4 - Equação da velocidade do som para os gases em geral.

Na Equação 1.4, o termo B representa o módulo de elasticidade volumar do meio e o termo ρ representa a densidade do meio. A elasticidade

¹ Huggins também demonstra casos onde nem sempre isso é verdade. Em cordas metálicas de violão o comprimento final da corda (L) é muito maior do que o quanto esticou ela ($L - L_0$). Isso faz com que a velocidade do pulso longitudinal seja aproximadamente 10 vezes maior que a do pulso transversal.

volumar dá uma ideia da elasticidade do meio, de acordo com a variação da pressão da onda sonora durante sua propagação.

Outro assunto interessante que pode ser explorado a partir da fórmula do pulso em cordas é o debate que aconteceu no passado sobre existência do éter luminífero.

Por analogia, para a existência de um meio material onde a luz se propagasse com sua velocidade fantástica, o meio deveria ter uma rigidez enorme e ao mesmo tempo ser permeável para a maioria dos corpos. O entendimento do conceito por trás da Equação 1.1 ajuda a perceber uma grande dificuldade que a Física encontrou durante seu desenvolvimento.

Nosso trabalho busca trazer uma maior familiaridade com a equação da velocidade de um pulso em uma corda como passo inicial para essas discussões mais avançadas que mencionamos aqui. E para abordar esses assuntos de maneira substancial, decorar simplesmente essa fórmula não parece ser a melhor maneira possível.

Capítulo 2

DESENVOLVIMENTO

Nesse capítulo serão relatadas as atividades sobre Física ondulatória que desenvolvemos e aplicamos em uma escola. Essas atividades foram pensadas de maneira a permitir a reflexão e a participação dos alunos.

Três atividades foram desenvolvidas para abordar os conceitos de pulso, onda, amplitude, frequência, velocidade de pulsos em meios materiais e superposição de pulsos.

Elas foram aplicadas no ensino médio regular público, no Colégio Estadual Compositor Luiz Carlos da Vila, na cidade do Rio de Janeiro, bairro de Mangueiras, em três turmas do último ano, no turno da manhã, e com alunos que se encontravam em uma faixa etária de 16 a 19 anos.

A maioria dos alunos desse colégio possui baixa renda familiar.

As aulas foram gravadas em áudio e vídeo para posterior análise. Foram distribuídos gravadores de áudio para cada grupo das atividades. Esses gravadores, na grande maioria das vezes registraram a conversa dos participantes dos grupos do início da atividade até o final, sem interrupções. Uma câmera de vídeo filmou as atividades do início ao fim, também sem interrupções. Ela foi posicionada de maneira a filmar a maior parte da sala de aula possível e não foi movimentada durante a gravação. Isso foi feito para, na medida do possível, conseguir filmar sempre o(s) mesmo(s) grupo(s).

Em alguns momentos foi utilizada outra câmera filmadora para fazer vídeos curtos adicionais para verificar as tentativas dos alunos de realizar as tarefas. Esses vídeos foram feitos para mostrar aos próprios alunos os resultados de suas tentativas.

Além disso, procuramos manter os mesmos integrantes para os grupos nas diferentes aulas.

Originalmente as três atividades foram pensadas para serem aplicadas em duas aulas, onde cada aula teria noventa minutos de duração. Apesar disso, não foi possível cumprir esse cronograma inicial. Assim, cada atividade ocupou uma aula inteira, totalizando três aulas de noventa minutos.

Julgamos ser possível realizar as três atividades em apenas duas aulas. Fazemos essa afirmação pelo fato de que um tempo precioso foi utilizado para a distribuição, operação e orientação sobre os gravadores, montagem de suporte e posicionamento da câmera de vídeo. Esse tempo não seria despendido em uma aula normal. Além disso, a preparação da sala para a atividade também ocupou um tempo razoável, mas julgamos que a partir da segunda vez que o professor aplique as atividades, será possível preparar a sala em menos tempo, principalmente se tivermos a ajuda dos alunos para isso.

2.1 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

2.1.1 Primeira Atividade

A primeira atividade tem como objetivo abordar os fenômenos de interferência construtiva e destrutiva em pulsos e ondas. Essa atividade também possibilita a apresentação de alguns conceitos como: pulso, onda, amplitude e frequência.

2.1.1.1 Primeira parte

O professor apresenta a seguinte situação para os alunos:

Uma mola de brinquedo esticada e com suas duas pontas presas em mesas com barbantes, como se vê na Figura 7.



Figura 7 - Primeira e segunda partes da atividade 1.

O que o professor propõe é que os alunos pensem e digam se é possível derrubar, com o auxílio da mola, o objeto comprido que está na vertical perto do meio da mola. Não é feita nenhuma restrição sobre como os alunos devem fazer para derrubar o objeto (no nosso caso, uma garrafa).

Essa etapa do problema é de fácil solução para os alunos, e foi pensada para ser assim de modo a estimular os alunos a perderem o medo de compartilhar suas ideias. Sabendo que a maioria dos alunos de Física não está acostumada a verdadeiramente expor seus raciocínios, essa etapa se torna importante. Se um aluno decide sugerir alguma maneira de derrubar o objeto e o professor recebe bem a sugestão, independente de se a sugestão tenha potencial para alcançar o objetivo ou não, os outros alunos se sentem seguros para dar suas opiniões também.

Após a troca de ideias entre os alunos e professor sobre maneiras de se derrubar o objeto, o professor pede que testem suas conjecturas.

O fato da solução do problema ser fácil, permite que diferentes alunos tenham diferentes ideias de como derrubar o objeto e vários deles passam a querer participar quando percebem que um colega conseguiu derrubá-lo com a

mola. A intenção é que entre as diversas formas que os alunos sugerem para derrubar a garrafa seja sugerida uma onda e/ou um pulso.

A onda, como uma possível solução do problema, é relativamente comum de ser sugerida, ainda que os alunos não utilizem o termo físico correto. O pulso não é comum de ser sugerido como hipótese para a solução do problema.

Após a troca de ideias entre os alunos e professor sobre essa possibilidade, o professor pede que testem suas conjecturas.

Logo após essa parte introdutória é perguntado se é possível fazer com a mão um movimento na mola que derrube o objeto, mas com as seguintes condições:

- A mola inicialmente deve estar em cima de uma das fitas, como visto na figura 1.

- O movimento da mão não pode ultrapassar o limite da fita branca da direita.

- A mola não pode ser desamarrada do objeto que prende suas extremidades.

- Não levantar a mola.

Durante a aplicação, em algumas aulas foi solicitado aos alunos para não esticar muito as molas, tendo em vista que alguns deles esticaram tanto algumas molas que elas arrebentaram. É importante esclarecer aos alunos que o que não pode passar da linha é a mão de quem faz o movimento, e não a mola. Os alunos algumas vezes entendem que o que não pode passar pela linha é a mola.

Pede-se que eles defendam se é possível ou não e por que. Nessa fase, os alunos normalmente querem utilizar logo as molas ao invés de discutir sobre o problema. Cabe ao professor insistir para que primeiro defendam se é possível ou não e porquê e só depois utilizem as molas.

Após um tempo determinado pelo professor, eles devem tentar verificar se suas ideias ou hipóteses são razoáveis ou não.

Caso acreditem que não é possível derrubar o objeto, devem mostrar ao professor essa impossibilidade, fazendo um pulso ou onda na mola que não consegue derrubar o objeto. É sugerido desafiar os alunos dizendo que é sim possível e pedindo que eles descubram como é possível.

Durante a fase das tentativas, os alunos utilizarão termos próprios para amplitude, frequência, pulsos e ondas. O professor aproveita essa oportunidade para ir introduzindo os termos corretos, na medida em que esses conceitos aparecem na atividade desenvolvida pelos alunos.

Essa fase traz também a possibilidade da discussão da influência da dispersão de energia que aparece diversas vezes em pulsos e ondas reais, nesse caso o atrito.

Parte dos alunos consegue perceber e/ou obter na prática que é possível derrubar o objeto desde que dois alunos façam pulsos cada um em uma extremidade da mola que vão se “somar” perto do objeto.

Um exemplo da possibilidade está disponível para visualização em <http://www.youtube.com/watch?v=79RUo0PwLog&feature=youtu.be>

Alguns poucos alunos conseguem obter na prática outra solução para derrubar o objeto, sozinhos e atendendo às restrições. Essa outra solução consiste em fazer uma onda estacionária. Com pequenos movimentos, desde que feitos com algumas das frequências de ressonância (harmônicos ímpares, pois a garrafa está no meio) da mola, é possível obter uma onda com uma amplitude bem maior do que o delimitado pelas fitas.

Essa solução, apesar de não ter sido pensada no desenvolvimento da atividade, é muito rica para uma discussão de ressonância, ondas estacionárias e assuntos correlatos. Caso o professor não deseje fazer essa discussão naquele momento, uma sugestão é mostrar aos outros alunos que foi obtida uma solução para o problema e perguntar se existe outra. Essa foi a estratégia que utilizamos, quando dissemos aos alunos que iríamos aumentar o grau de dificuldade, restringindo para um o número de pulsos que cada aluno poderia fazer.

Voltando à solução que permite a discussão da superposição de pulsos, caso os alunos acreditem que com todas as restrições não é possível, algumas perguntas podem ser úteis para ajudar a perceber que é possível. Essas perguntas foram organizadas de modo que podem ser feitas na ordem proposta, de modo que só se faria a pergunta seguinte se, após fazer a anterior, a dificuldade permanecesse. Sempre deixando um tempo para os alunos refletirem sobre as perguntas.

- Ao invés de fazer um movimento/pulso na mola para derrubar o objeto será que é possível derrubar com mais movimentos?

- Faria alguma diferença ter outro aluno tentando ao mesmo tempo na outra extremidade da mola?

- Um pulso pode atrapalhar o outro, com o objetivo de derrubar o objeto?

- Um pulso pode ajudar o outro, com o objetivo de derrubar o objeto?

Depois de conseguirem derrubar o objeto, estimulam-se os alunos a descreverem suas atitudes e pensamentos que utilizaram durante a proposta. Utilizamos essa fase para sistematizar os conceitos de pulsos, ondas, amplitude, frequência e interferência construtiva.

2.1.1.2 Segunda parte

É apresentada a situação vista na Figura 8, quando perguntamos se é possível fazer um pulso em cada extremidade da mola ao mesmo tempo, com a máxima amplitude delimitada pelas fitas, de modo que nenhum dos dois objetos seja derrubado pela mola.

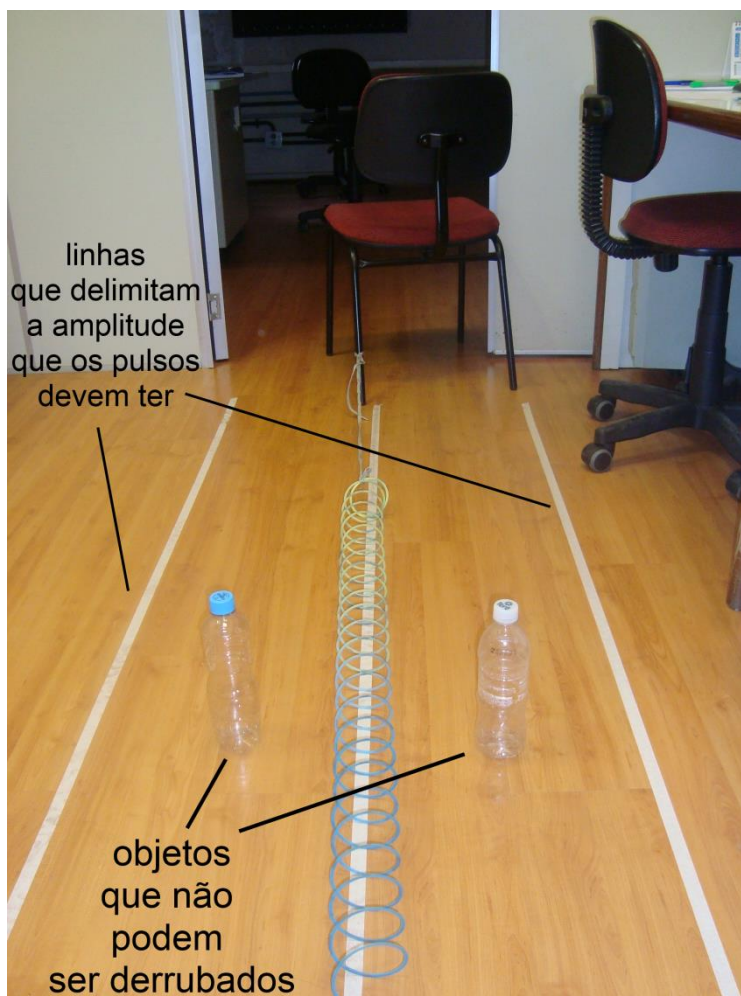


Figura 8 - Segunda parte da atividade 1.

Após reflexão e descrição (do por quê) de suas opiniões, pede-se que eles tentem, caso acreditem que sim. Caso acreditem que não, sugere-se que seja dito que é possível e que seja proposto aos alunos o desafio de conseguir mostrar isso na prática.

Uma solução algumas vezes citada pelos alunos e que atende às restrições é a de fazer os pulsos transversais ao chão, ou seja, com movimento da mão para cima e para baixo.

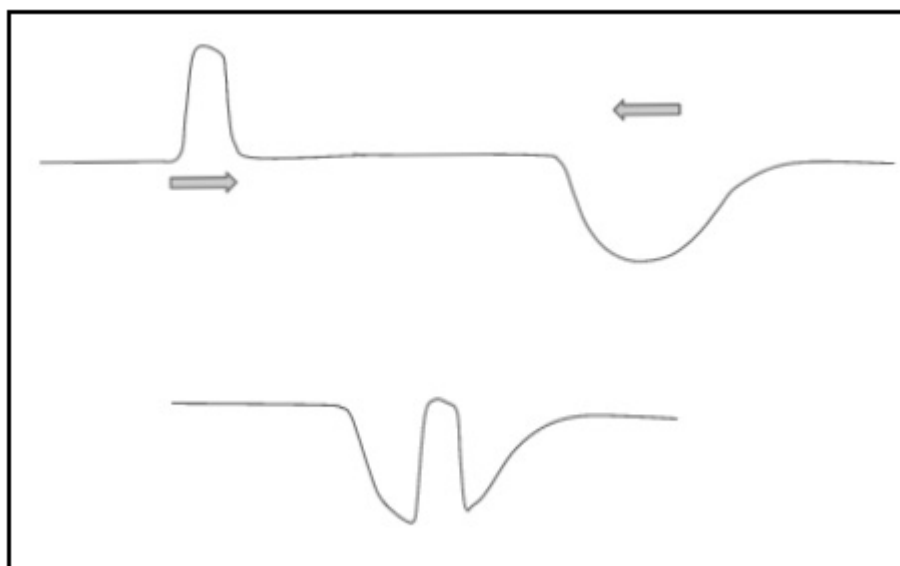
A atitude que tomamos ao sermos apresentados a essa solução foi a de apresentar a solução para o restante da turma, mostrando que respeitava as restrições e que solucionava o problema.

Depois disso era dito que o grau de dificuldade seria aumentado e que a partir de então uma nova restrição seria feita: a de que a mola não poderia ser retirada do chão. Novamente perguntamos se seria possível ou não derrubar a mola com essas novas restrições e continuávamos a atividade.

Sabendo que alguns alunos trazem essa solução, uma questão que pode surgir é: por que não colocar essa restrição desde o início?

Achamos que não colocar essa restrição é uma maneira de valorizar a criatividade e o raciocínio dos alunos que se sentem mais seguros quando veem que conseguiram trazer uma solução para o problema. Além disso, acreditamos que alguns alunos pensam nesse procedimento, mas não falam por imaginar que essa não seria a solução que o professor queria ouvir. Mas ao notar que o professor a considerou como correta, esse aluno provavelmente deva se sentir mais seguro para participar com alguma ideia que acreditava correta, mas que não falava também por medo de achar que não era a resposta que o professor gostaria de ouvir.

Voltemos a nos referir à solução que permite que se discuta interferência destrutiva. Com um aluno em cada extremidade da mola fazendo pulsos em sentidos opostos e ao mesmo tempo, é possível atingir o objetivo proposto. Tecnicamente esse segundo desafio é mais difícil, pois requer uma boa sincronia entre as pessoas que fazem o pulso, e que elas consigam fazer pulsos com amplitudes muito parecidas. Além disso, o objeto precisa estar bem no meio para pulsos sendo feitos ao mesmo tempo. Não obstante, os pulsos precisam ter formatos parecidos, caso não tenham, a superposição não será “perfeita” e parte da oscilação dos pulsos pode “sobrar” e derrubar o objeto, uma ilustração dessa situação pode ser vista na Figura 9.



.Figura 9 - Superposição que derruba objeto.

Caso os alunos acreditem não ser possível, uma pergunta que pode auxiliar é:

- Se pensarmos o fenômeno da interferência construtiva visto na primeira parte como uma “soma” de pulsos, será que é possível realizar uma “subtração de pulsos?”

Com a reflexão e tentativa dos alunos para resolver esse desafio, surge a oportunidade de introdução do conceito de interferência destrutiva.

Essa atividade torna-se mais relevante com a filmagem das tentativas dos alunos permitindo que eles possam visualizar com maior cuidado e mais detalhes o que acontece nas diferentes tentativas que realizam. Recomenda-se o uso de um computador para visualizar esses vídeos, facilitando a análise dos alunos, para tentar explicar se é possível ou não atingir os objetivos propostos pelo professor.

Atualmente os sistemas operacionais mais populares são dotados de programas simples para visualização (players) de vídeos feitos em celulares ou câmeras de vídeo. Esses programas já são muito úteis para rever de maneira satisfatória as tentativas dos alunos. Apesar disso, caso se queira, é possível realizar uma análise quadro-a-quadro das tentativas utilizando programas de edição de vídeo, como por exemplo o Windows Movie Maker que já vem instalado na maioria dos computadores que possuem Windows.

Os vídeos citados nessa seção foram filmados sem equipamento profissional de gravação, apenas com um telefone celular.

2.1.2 Segunda atividade

O objetivo nesse segundo momento é investigar quais fatores influenciam na velocidade do pulso na mola, como também analisar qualitativamente a relação que existe entre a tensão na mola e a velocidade dos pulsos na mola.

É proposta aos alunos uma corrida de pulsos, onde dois grupos irão tentar fazer com que seu pulso seja mais rápido que o do grupo adversário. Nessa etapa também se recomenda a gravação para facilitar a decisão de qual grupo faz o pulso mais rápido.

Nessa etapa, colocam-se duas molas “idênticas” lado a lado e os grupos devem ser orientados a fazer pulsos simultaneamente, cada grupo em sua respectiva mola, para que se possa julgar qual pulso chega à outra extremidade primeiro.

Antes da corrida é importante perguntar aos alunos como eles fariam para que seu pulso seja mais rápido que o do adversário. Esse cuidado é necessário para estimular o raciocínio do aluno sobre quais variáveis ele acredita que influenciam na velocidade do pulso. A tentativa de explicação de suas hipóteses proporciona oportunidades de melhoria de sua argumentação e, com auxílio do professor, permite a apropriação do vocabulário esperado de um aprendiz em Física.

As variáveis normalmente mencionadas pelos alunos como as que influenciam a velocidade do pulso são força, amplitude, tipo de pulso (transversal ou longitudinal) e o quanto a mola está esticada.

Explicamos aos alunos que no momento que fossemos testar suas hipóteses, pequenas diferenças na chegada dos pulsos não seriam levadas em conta, tendo em vista que um aluno pode começar seu pulso ligeiramente depois do outro. Além de que não é tão fácil ter a certeza de qual pulso chegou primeiro visualmente. Dessa forma, somente não consideraríamos empate quando a maioria dos alunos mencionasse uma diferença significativa no tempo de chegada dos pulsos.

Na etapa da corrida em si é possível perceber que, desde que feitos ao mesmo tempo, as variáveis: formato do pulso, amplitude inicial, frequência (caso ache que os pulsos subsequentes façam com que o da frente ande mais rápido) não influenciam na velocidade do pulso.

Quando algum grupo resolve esticar mais sua mola pode perceber que seu pulso chega mais rápido. Com isso podem descobrir a relação de proporção entre a tensão na mola e a velocidade do pulso. Sugere-se que o professor peça que eles expliquem por que o pulso chega mais rápido, favorecendo a tomada de consciência da proporcionalidade.

Na hipótese de ninguém tentar com a mola mais tensionada, é possível que os alunos cheguem à conclusão de que não importa o que eles façam, os pulsos chegam sempre ao mesmo tempo. Se isto acontecer sugere-se que o professor entre na disputa com os alunos, mas a mola utilizada pelo professor deve possuir aproximadamente $\frac{3}{4}$ do tamanho das molas que estavam sendo utilizadas pelos alunos. Como o tamanho é apenas um pouco menor é possível que os alunos não percebam de imediato a diferença.

Ao participar da corrida com os dois grupos iniciais, a mola do professor ficará mais tensionada por ser menor e com isso seu pulso chegará mais rápido que o dos alunos.

Com isso, pede-se aos alunos que descubram por que o pulso do professor é mais rápido. Em uma análise mais cuidadosa da mola vencedora, é possível verificar que ela está mais esticada, ou caso eles decidam analisar as molas relaxadas, umas ao lado das outras, perceberão que a do professor é menor. Sugere-se que o professor mais uma vez estimule os alunos a explicar o porquê seu pulso é mais rápido, ajudando os alunos a se darem conta da proporcionalidade existente.

Um exemplo disponível da corrida de molas está em <http://www.youtube.com/watch?v=jygUcMB7zuA&feature=youtu.be>. Nesse vídeo o aluno da esquerda faz um pulso longitudinal e o da direita faz um pulso transversal. Outro exemplo disponível está em: <http://www.youtube.com/watch?v=e1sHN7tizVo>. Nesse outro vídeo uma mola tem o dobro do tamanho da outra para facilitar a visualização da diferença de velocidade entre os pulsos.

A atividade da corrida de molas foi pensada inicialmente para abordar apenas o aspecto da tensão do meio em que o pulso se propaga. Apesar disso, durante a aula da corrida de pulsos apresentamos também uma demonstração investigativa para abordar o efeito da densidade da mola na velocidade de propagação do pulso. Essa atividade consistiu em passar aos alunos uma mola grande, do tamanho das que foram utilizadas nas outras atividades; metade do comprimento dessa mola era composto na verdade de duas molas idênticas coladas de maneira a compor uma mola com o dobro da espessura da mola original. Ficamos então com uma mola onde metade do comprimento dela possui uma espessura, e a outra metade do comprimento possui o dobro da espessura.

Pedimos que cada aluno examinasse a mola e verificasse o que essa mola tinha de diferente das outras, rapidamente os alunos discutem e podem verificar que metade da mola é mais espessa, mais densa e conseqüentemente mais pesada. Em seguida, amarramos a mola como nas outras atividades e criamos um pulso na extremidade mais espessa da mola. A partir daí é possível ver um pulso que se propaga com uma velocidade na parte espessa da mola e que ao chegar à parte mais fina da mola passa a se propagar mais rapidamente.

O professor então pede que os alunos verifiquem do que depende a velocidade do pulso na mola nesse caso. Qual relação de proporção é possível verificar?

Com mais ou menos intervenção do professor, é possível que os alunos verifiquem que quanto maior a densidade da mola, menor a velocidade do pulso e vice-versa.

Em seguida apresentamos a seguinte questão para que os alunos refletissem, discutissem e respondessem:

Qual das proporções representa melhor a velocidade do pulso que se propaga na mola?

Tabela 1 – Pergunta sobre variáveis que definem velocidade de um pulso.

a) $v \propto \frac{\mu}{T}$	b) $v \propto T \cdot \mu$	c) $v \propto \frac{T}{\mu}$
d) $v \propto T^2 \cdot \mu$	e) $v \propto T \cdot \mu^2$	f) $v \propto (\mu - T)$

Na Tabela 1 a letra v representa a velocidade do pulso, a letra T representa a tensão e a letra μ a densidade da mola. Nas turmas em que apresentamos essa questão, muitos alunos não possuíam desenvoltura matemática e não se sentiam à vontade para trabalhar com proporções matemáticas. Sendo assim, fizemos uma abordagem sobre grandezas diretamente e inversamente proporcionais e foi sugerido aos alunos que, ao decidir qual fórmula representava a velocidade, fizessem um “teste” numérico escolhendo valores para tensão e densidade, transformando o sinal de proporcional em uma igualdade, obtendo assim um valor para velocidade, em seguida aumentando uma das grandezas, e verificando se a velocidade obtida numericamente aumentou ou diminuiu e se isso estava coerente com o que verificaram nas atividades com molas.

Na sequência dessas atividades, o professor pode sistematizar todo o conhecimento estudado, organizando as ideias dos alunos a partir das atividades desenvolvidas: conceituando pulsos e ondas, diferentes formas de pulsos, classificando pulsos e ondas de acordo com sua forma de propagação, apresentando a formulação matemática da velocidade de um pulso em uma corda, em função da tensão e da densidade linear da corda, etc.

É importante ressaltar que a sistematização é feita em um momento onde os termos e fenômenos fazem muito mais sentido para os alunos, e após terem discutido as variáveis que aparecem na formulação matemática da velocidade do pulso em um meio material.

Mesmo não tendo como fazer uma investigação sobre a raiz quadrada que aparece na fórmula, é razoável que a formulação matemática passe a fazer mais sentido após essas atividades.

Como dissemos no início, a gravação em vídeo de alguns momentos das atividades é muito útil para as aulas subsequentes ou na própria aula, na medida em que podem ser utilizadas didaticamente. Um exemplo é o vídeo que citamos, no qual fica claro o empate entre diferentes tipos de pulsos: <http://www.youtube.com/watch?v=jygUcMB7zuA&feature=youtu.be>, a edição desses vídeos pode certamente ser feita na própria aula rapidamente. Por exemplo, a câmera lenta vista no vídeo acima, é feita muito facilmente em alguns programas gratuitos de edição, e utilizamos o Windows Live Movie

Maker, disponível nos computadores que possuem sistema operacional Windows 7 ou Windows 8.

A gravação também é muito útil para obter imagens para uso didático. As Figuras 10 e 11 são exemplos e serviram para criação de slides utilizados em aulas após as atividades:



Figura 10 – ilustração utilizada em slide mostrando o que é um pulso transversal.

Exercícios

- 1) Imagine que cada quadrado do quadriculado da figura tenha aproximadamente 5 cm de lado, responda qual é a amplitude aproximada do pulso:
 - a) 55 centímetros.
 - b) 50 centímetros.
 - c) Não faz sentido falar em amplitude desse pulso.
 - d) 5 centímetros.
 - e) 15 centímetros.
 - f) 120 centímetros.

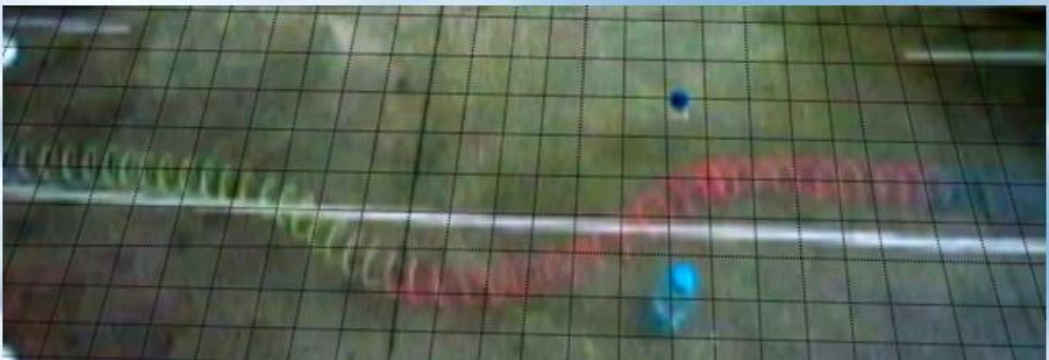


Figura 11 – Ilustração utilizada didaticamente em slide de aula subsequente as atividades.

Capítulo 3

ANÁLISE

Nesse trabalho além de propormos outra abordagem para os conceitos de Física ondulatória, também realizamos uma análise das discussões e atitudes dos alunos que participaram das práticas, a partir de suas falas. Buscaremos identificar indícios de que os estudantes aprenderam os conceitos abordados e indícios de que as atividades tenham proporcionado o envolvimento e a motivação dos alunos. Procuramos também nas falas e gestos dos alunos verificar se nossa proposta possibilitou desenvolver a criatividade dos alunos e se essa proposta estimulou a reflexão e discussão dos alunos. Esse capítulo trata dessa análise.

3.1 Dados

Três aulas de 1 hora e 40 minutos para 3 turmas de aproximadamente 50 alunos geraram pelo menos 90 horas de áudio. Cada grupo com aproximadamente 5 alunos ficou com um gravador de áudio em sua mesa, que gerou um arquivo de um pouco mais de uma hora por aula. Além disso, 3 arquivos com aproximadamente 1 hora de vídeo ininterrupto cada um, foram obtidos. Alguns vídeos curtos também foram feitos com outra câmera para permitir um olhar mais detalhado de alguns momentos das aulas.

Todos os arquivos de vídeo foram vistos mais de uma vez, e todos os arquivos de áudio foram ouvidos pelo menos uma vez.

Na primeira audição de cada grupo fizemos um arquivo com os nomes dos integrantes e identificamos os grupos com uma letra, exemplo, grupo F. Além disso, durante a audição registramos o momento que algo relevante acontecia na gravação, como visto na Figura 12:

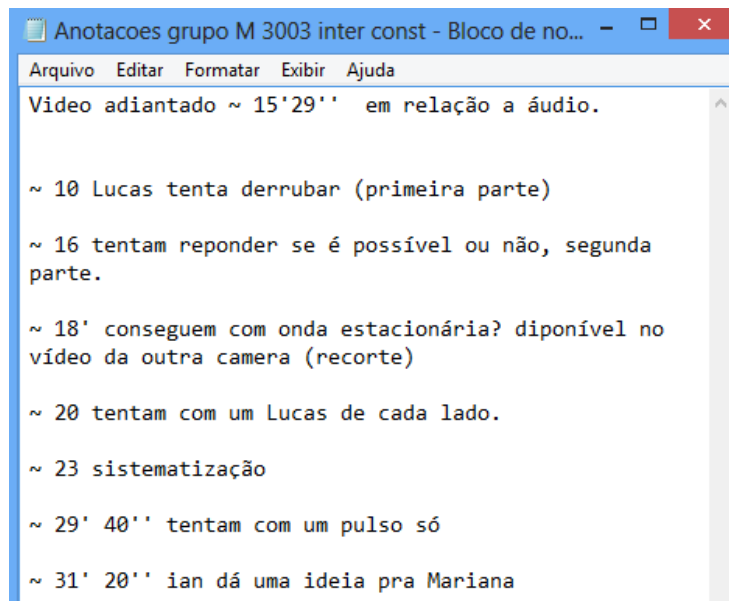


Figura 12 – Momentos chave de cada grupo.

Para possibilitar a audição dos alunos e ao mesmo tempo ver o que os alunos faziam na gravação de vídeo, identificamos quanto tempo o vídeo estava adiantado ao áudio de cada grupo, tendo em vista que cada gravador de áudio começou a gravação em um momento. Com isso é possível assistir ao vídeo da turma ouvindo o áudio de um grupo específico escolhido. Permite também adicionar permanentemente ao vídeo da turma o áudio de um grupo que se queira analisar com mais detalhe. Para fazer essa adição, utilizamos o programa de edição de vídeo Live Movie Maker, disponível gratuitamente na Internet.

Após a audição de todos os grupos, informações importantes foram obtidas: desempenho/comportamento de cada turma, respostas e atitudes frequentes foram registradas, respostas e atitudes inesperadas foram observadas etc. Com isso escolhemos um grupo para fazer a transcrição de todo o diálogo das aulas de interferência construtiva e de interferência destrutiva. Escolhemos um grupo que apresentasse atitudes que mais comumente verificamos na maioria dos outros grupos. Além disso, buscamos um grupo que tivesse poucas mudanças em seus integrantes.²

² Mudanças em integrantes ocorreram apenas por algum aluno ter faltado no dia da aula.

3.2 Transcrição

A transcrição de cada aula levou algo entre 10 e 20 horas. Buscamos transcrições literais e as mais completas possíveis de acordo com o que foi dito pelos alunos durante as aulas.

Foram feitos recortes destacando nas transcrições trechos que julgamos significativos, mas a transcrição completa encontra-se no apêndice deste trabalho.

Os nomes dos alunos foram trocados.

3.2.1 Entendendo a transcrição

Utilizamos uma metodologia semelhante à utilizada por alguns pesquisadores para a transcrição dos diálogos.

Consiste em utilizar uma maneira própria para pontuar a escrita da transcrição, separar as falas dos envolvidos em turnos numerados, e utilizar um espaço onde é possível fazer observações sobre cada turno. Além disso, utilizaremos turnos próximos coloridos com a mesma cor para representar que aconteceram ao mesmo tempo, conforme ilustrado na Figura 13.

Barra utilizada para sinalizar interrupção abrupta na fala. Nesse caso interrompida pela fala do turno 132

Linhas para mostrar que a fala do professor é logo após a fala do aluno.

Cores iguais indicam que as falas nos turnos 123 e 124 aconteceram ao mesmo tempo.

122	Professor – será que dá?	
123	Lúcio S. – a aquele professor	Fala com o professor, professor não dá atenção.
124	Professor – _____ discutam aí isso... se dá se não dá... como fazer...	
125	Miriam– acho que tem que chacoalhar mas tem que chacoalhar mais forte...	Fala com outros integrantes do grupo
126	Lúcio F. – mas vai que...	
127	Lúcio S. – o professor...	
128	Professor – (inaudível)	Falando com outros alunos.
129	Lúcio S. – o professor...	
130	Miriam– vocês puxa ela um pouquinho... quando ela tiver ficar bem estica da você chacoalha ela...	
131	Lúcio S. – a aquele que eu fiz chacoalhando\	
132	Miriam– _____ é mas você tem que puxar um pouquinho mais ela... esticar mais um pouquinho...	
133	Júlio – mas não pode esticar muito	
134	Miriam– e chacoalhar	

Figura 13 – Entendendo a transcrição.

O único ponto que utilizamos com o mesmo significado é o de interrogação.

Reticências significam pausas nas falas dos envolvidos. Sublinhados sem palavras em cima são utilizados de maneira a organizar turnos que aconteceram ao mesmo tempo para dar uma noção de como as falas dos envolvidos se complementam. Barras invertidas são utilizadas para sinalizar interrupções abruptas na fala, podendo ser causadas por outra pessoa falando ou mesmo quando a pessoa que fala se auto interrompe. Palavras com letras maiúsculas significam um tom de voz mais alto ou gritos.

Erros de português cometidos por alunos não foram corrigidos e as falas dos envolvidos foram transcritas sem supressão de palavras, com exceção de palavrões, que não foram transcritos mas informados quando ditos. Em nenhum momento palavras foram substituídas.

Para diferenciar a numeração dos turnos das diferentes aulas, a numeração dos turnos da segunda aula foi sublinhada, e a numeração dos turnos da terceira aula foram duplamente sublinhados.

De maneira a facilitar a leitura de nosso trabalho, a versão digital dessa dissertação permite o clique na numeração de um turno que esteja sendo citado no corpo do texto. Ao fazer isso o documento será automaticamente direcionado para o local onde esse turno aparece na tabela de transcrições.

3.3 Primeira aula

Após preparar a sala e ligar os equipamentos de gravação, distribuimos um roteiro para os alunos (disponível no apêndice). Nele havia a frase: “Observe a mola presa nas duas pontas, pense e opine com seus colegas se é possível derrubar o objeto com o auxílio da mola.” Segue abaixo a transcrição do início da aula.

		Observação
1	Lúcio Santos – professor... uma pergunta... olha só Miriam... é só puxar pro lado de cá da garrafa...	Sugerindo puxar mola na direção da garrafa.
2	Lúcio Santos – ó a garrafa tá aqui a mola aqui... tá falando puxar assim pra mola bater?	
3	Miriam - não você\... é só você puxar ela pra trás alá ... tá no meio... você puxa ela pra trás e solta quando soltar aí mola vai pra frente e vai voltar	Sugerindo puxar a mola na direção oposta a da garrafa, “método estilingue”.
4	Lúcio Santos – mas pro lado da garrafa	
5	Denis – eu não entendi... faz a pergunta de novo... qual é a pergunta?	
6	Miriam - ó um exemplo... a mola tá aqui... a mola é isso aqui...	
7	Denis – _____ não... quero saber a pergunta.	
8	Lúcio Santos – tá... a mola é aí... vai explica	
9	Denis – qual é a pergunta?	
10	Miriam - a mola é aqui e aqui tá a garrafa... você puxa a mola quando você soltar a mola vai voltar	
11	Lúcio Santos – mas é\... por que você não puxa a mola pro lado de cá?	
12	Lúcio Santos – quando a mola voltar ela vai vir trazendo a garrafa	
13	Denis – qual é a pergunta? _____ qual é a pergunta?	
14	Miriam - _____ mas acho que não pode... eu acho que tem que ser na marcação da linha	
15	Lúcio Santos – LÊ A PARADA MALUCO	
16	Denis – qual a perg\... _____	
17	Miriam - lê aí	
18	Denis – aonde? qual é?	
19	Lúcio Santos – ah tá... deve ser só até ali ((inaudível))	
20	Miriam - é deve ser só até a linha... por que se for assim vai ficar muito fácil... ele não vai passar uma coisa tão fácil assim	

Logo que o roteiro é distribuído, os alunos começam a participar e sugerir formas de alcançar o objetivo proposto de maneiras diferentes, turnos 1, 2, 3, 10, 11, e outros. Nessa primeira etapa diversos alunos trouxeram sugestões em vários grupos, como é possível ver no vídeo da aula.

30	Miriam - a Carol falou que achou que tinha água na dela... mas ela não me explicou direito...	
31	Lúcio Santos – todo mundo cuspiu nessa garrafa	
32	Miriam - _____ porque o professor não deixou	
33	Lúcio Santos – é pra opinar com seus colegas... vocês acham que é possível? eu acho que sim	
34	Miriam - eu também acho que sim	
35	Lúcio Santos – ((inaudível)) falou que conseguiu né?	
36	Denis – acho que sim	
37	Miriam - ((sussurra)) cala boca ((inaudível))	Dá um tapa em Lúcio S. , provavelmente por ele ter falado que uma aluna de outra turma contou que conseguiu.

É válido comentar também que é relativamente comum os alunos analisarem com um olhar, que não é puramente o olhar sobre o desafio proposto em si. Como era de se esperar, tentam chegar à resposta perguntando aos colegas de outras turmas (turnos 30, 32, 35, 36 e 37), pois essa atividade foi aplicada no mesmo dia para três turmas diferentes. Ou tentam analisar a atividade de acordo com o que estão acostumados em termos de ensino (turno 20), entre outras “malandragens”. Por esses motivos prestamos bastante atenção para que nenhum aluno tentasse algum tipo de consulta por celular.

Essa parte da aula durou aproximadamente 7 minutos, nesse tempo 5 maneiras diferentes foram tentadas por diferentes grupos.

Em seguida, perguntamos aos alunos se era possível derrubar o objeto com as restrições que constavam no roteiro: a mola estando inicialmente em cima da fita central, o movimento da mão não podendo ultrapassar as fitas brancas laterais, a mola não podendo ser desamarrada do objeto que prende suas pontas. Além dessas restrições, pedimos que não esticassem muito as molas, para não as danificar e que não as levantassem. Vale destacar que

novamente pedimos para que a partir de então apenas discutissem se é possível ou não, e que só depois testassem na mola.

97	Professor – será que dá?	
98	Lúcio S. – aquele professor que eu fiz assim	Fala com o professor, mas professor continua a fala pra turma. Aluno se refere a onda estacionária.
99	Professor – _____ discutam aí isso... se dá se não dá... como fazer...	
100	Miriam - acho que tem que chacoalhar mas tem que chacoalhar mais forte...	Fala com outros integrantes do grupo.
101	Lúcio F. – mas vai que...	
102	Lúcio S. – ô professor...	
103	Professor – (inaudível)	Falando com outros alunos.
104	Lúcio S. – ô professor...	
105	Miriam - vocês puxa ela um pouquinho... quando ela tiver ficar bem esticada você chacoalha ela...	
106	Lúcio S. – aquele que eu fiz chacoalhando dá\	Se refere novamente a onda estacionária.
107	Miriam - _____ é mas você tem que puxar um pouquinho mais ela... esticar mais um pouquinho...	Acredita que para conseguir derrubar com onda estacionária precisa da corda mais esticada.
108	Denis – mas não pode esticar muito	
109	Miriam - e chacoalhar	
110	Lúcio S. – Não m\ m\ mesmo\ mas mas eu pensei em esticar.. dá d\ dos dois jeitos...	
111	Júlio – _____ (inaudível) não pode passar da linha	
112	Lúcio S. – esticando ou não esticando dá...	Para ele, com onda estacionária é possível, independente de estar esticada ou não.
113	Miriam - mas ela vai passar alí... vai passar	
114	Lúcio S. _____ a mola pode passar cara... a garrafa tá fora...	
115	Jonas – a mola pode o braço não...	
116	Miriam - não eu sei _____ eu sei mas o braço vai acabar passando...	
117	Lúcio S. - _____ o m\	
118	Miriam - eu acho que tinha que puxar um pouquinho mais a mola	
119	Lúcio S. - _____ maiara... ma\ Miriam...	
120	Lúcio S. – olha o tamanho disso aqui... aqui... como é que meu braço vai passar?	
121	Lúcio S. – aqui (inaudível)	
122	Miriam - mas tem que chacoalhar forte...	
123	Lúcio S. – então... meu braço não vai passar...	

Durante os turnos 97 até 187 percebe-se predominantemente a participação dos alunos Lúcio S. e Miriam defendendo que é possível derrubar

o objeto atendendo às restrições. Ainda que o aluno Lúcio S. tenha tentado e não conseguido derrubar o objeto com uma onda estacionária (primeira parte da atividade), aparentemente ambos acham que é possível derrubar dessa forma. Aos poucos, com o debate nota-se uma diferença entre as opiniões; Miriam acha que para derrubar dessa forma é necessário esticar a mola, enquanto que Lucas S. não acha imprescindível.

142	Júlio – pega e joga...	
143	Professor – então eu não posso passar pela linha...	
144	Professor – minha mão não (inaudível)	
145	Júlio - _____ é só pegar _____	
146	Lúcio S. - _____aquele mexendo assim dá	Se referindo à onda estacionária que tentou anteriormente.
147	Professor – se eu conseguir jogar a mola a mola pode passar...	
148	Lúcio F. – faz aí Lúcio então...	
149	Miriam - não pode levantar...	
150	Lúcio S. – professor esse mexendo aqui dá...	Insiste em sua ideia.
151	Professor – você acha que dá?	Indo até o grupo M.
152	Lúcio S. – acho que dá...	
153	Professor – mesmo sua mão não passando?	
154	Lúcio – mesmo...	
155	Professor – beleza... vocês acham que tem alguma outra maneira?	Se dirigindo aos outros integrantes do grupo.
156	Lúcio S. – eu não s\	
157	Professor - _____concorda... não dá?	
158	Denis – fazer aquilo voc\... professor... fazer aquilo que você fez... mas jogando a... o... essa cordinha... jogando em cima da garrafa...	Sugere maneira diferente da do alunos Lúcio S.
159	Professor – é... o que eu pedi pra vocês é tentar sem... levantar a mola...	
160	Denis – ah...	
161	Lúcio F. – sem levantar a mola...	
162	Miriam - eu acho que tem que puxar ela só mais um pouquinho... por que aí alá...	Professor se afasta do grupo.
163	Miriam - ali não vai ela tá muito mole...	
164	Lúcio S. – (inaudível) alá (inaudível)	
165	Miriam - então Lúcio...	
166	Lúcio S. – não precisa esticar\	
167	Miriam - _____só que eu acho que se você esticar ela mais um pouquinho as ondas vão aumentar...	Acredita em amplitudes maiores desde que a mola esteja esticada.
168	Lúcio S. – (inaudível)	
169	Júlio – faz que nem o Lúcio fez... foi puxando ela\	
170	Miriam - _____é vai... puxa e chacoalha que as ondas vão aumentar... eu penso assim não sei...	Acha que o método do Lúcio S. poderia funcionar caso a mola esteja esticada.
171		Alguns segundos de silêncio.

172	Lúcio S. – eu acho também mas pode esticar a mola?	
173	Miriam - ele falou que pode só não pode esticar muito...	
174	Júlio – faz isso aí logo...	
175	Lúcio S. – ele falou que não é pra tentar agora não...	
176	Lúcio S. – é esse jeito é o único mesmo... o único não eu\ esse eu sei que tá certo...	
177		Conversa paralela durante 1'30'' aproximadamente.
178	Júlio – Professor	
179	Júlio – (inaudível) duas pessoas na (inaudível) esticar (inaudível)	
180	Júlio – se não esticar (inaudível) por que aqui essa mola aqui tá bem esticada (inaudível)	
181	Miriam – ô professor	
182	Lúcio S. – sabe um jeito que seria maneiro também? fosse em grupo... assim... é é... tipo (inaudível)	
183	Lúcio S. – em cada ponta (inaudível) no meio e soltava...	
184	Miriam - _____ mais é isso que _____ não ele tá falando	
185	Miriam - ele tá falando de um ficar lá o outro ficar aqui... puxar um pouquinho cada lado chacoalha eeeeem sincronismo...	Sugere o método de Lúcio S com 2 pessoas em sincronia.
186	Lúcio S. –nem isso tudo... não precisa cara...	
187	Professor – SSHHH...	

Até então os alunos estavam apenas discutindo as ideias, a partir daí o professor pede que testem essas ideias.

Alunos do grupo analisado (grupo M) conseguiram atingir o objetivo proposto até então com dois alunos fazendo o terceiro harmônico de uma onda estacionária, como é possível ver no link http://youtu.be/J-LHwYwL_U8 disponível na internet.

O aluno Lúcio S. aceita as sugestões de esticar a mola e ser ajudado por outro integrante na outra ponta da mola, provavelmente por não ter conseguido sozinho e sem esticar a mola.

Após derrubar a garrafa, os alunos não fizeram nenhum comentário sobre isso.

Em seguida o professor filma o grupo L (vídeo disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=hPxnaKXr6Pk>) que consegue esticando a mola e com cada aluno fazendo um pulso, obtendo então uma interferência construtiva, aproximadamente no meio da mola.

O método da onda estacionária, apesar de rico para outros debates não favorece a visualização da superposição de pulsos, e a superposição de pulsos com a corda esticada é visualmente menos didática do que quando a corda não está esticada. É possível comparar a superposição de pulsos obtida

pelo grupo L, com a mola menos tensionada, disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=79RUo0PwLog>. Nesse último vídeo é mais fácil de observar os dois pulsos antes de se superporem e durante a superposição.

Ao observarmos essas soluções dos alunos, informamos que eles haviam atingido o objetivo, e então, tanto nessa turma como nas outras, estabelecemos a partir daí que eles deveriam dizer se ainda seria possível derrubar o objeto, só que sem poder esticar a mola, e que cada aluno só poderia fazer um pulso. Isso para facilitar a visualização da superposição de pulsos, tendo em vista que o aumento da tensão na mola faz o pulso viajar mais rápido.

Nessa turma, antes de propor essas novas restrições, conceituamos parte do que foi trabalhado pelos alunos como pode ser visualizado em <http://www.youtube.com/watch?v=4BXSaAt8BTY>. Essa sistematização, durante a atividade foi decidida por diversos fatores. Um dos motivos é para de alguma maneira tranquilizar parte dos alunos que inicialmente ficam um pouco incomodados por não ter uma aula onde o professor fala e eles prestam atenção. Como visto no referencial teórico, sugere-se que atividades abertas sejam inseridas aos poucos, e de preferência no ensino fundamental. Isso, entre outras coisas, faz com que os alunos encarem uma aula desse tipo como uma aula normal. No nosso caso, eles não tiveram essa oportunidade de se adaptarem pouco a pouco com atividades investigativas. Por isso achamos importante essa sistematização no meio da atividade. Durante esse período, com a ajuda das falas dos alunos, conceituamos pulsos e ondas.

Mais à frente diferenciamos pulsos de ondas e, além disso, julgamos pertinente durante esses momentos abordar a questão do transporte de energia por pulsos e ondas, sem o transporte de matéria. Apresentamos duas maneiras de derrubar uma garrafa, uma com um pulso e outra arremessando um objeto até a garrafa. Fizemos perguntas que os ajudaram a dizer frases como as seguintes:

281	Lúcio S. – não mais aí professor você manda só um objet\ a aqui você mexe ali pro mov\ pro pulso passar em toda mola até chegar aqui é derrubar...	Explica que o que se propaga para derrubar a garrafa é o pulso.
282	Cássia - _____forç\	Acha que o que se

		propaga para derrubar a garrafa é a força.
283	Professor – então olha só... aqui eu tenho matéria... isso aqui é matéria né? coisa...	Mostra objeto semelhante a uma tampa de garrafa.
284	Professor – matéria indo daqui até lá...	
285	Professor – aqui... não tem nenhuma matéria que tava aqui comigo...	Mostra uma extremidade da mola.
286	Professor – que tava aqui na minha mão que foi até lá...	
287	Professor – o que que foi daqui pra lá no caso do pulso?	
288	Lúcio S. – a força...	
289	Cássia – o movimento...	

Depois da exposição desses raciocínios pelos alunos, concluímos:

298	Professor – ele não transporta a matéria junto... uma pedrada pra eu derrubar aquilo dali...	
299	Professor – eu tenho que transportar a matéria... a matéria... vai matéria e vai energia...	
300	Professor – o pulso não... vai só... energia... a matéria não sai daqui até lá...	

Como dito anteriormente, para favorecer a visualização da superposição de pulsos, dissemos aos alunos que iríamos aumentar o grau de dificuldade e que, a partir de então, eles teriam que dizer se seria possível derrubar o objeto sem esticar a mola e que cada aluno só poderia fazer um pulso na mola.

A partir de então, vários alunos começam a interagir entre si e com o professor, dificultando assim separar a transcrição do grupo M do restante da turma.

O grupo M passa a fazer comentários de tentativas de outros grupos, por isso passamos a inserir na transcrição do grupo M as falas de alunos de outros grupos.

Apesar de alguns alunos terem conseguido anteriormente derrubar a garrafa com uma superposição de pulsos (mola esticada) e outros com onda estacionária, apenas identificamos um grupo nessa turma, relatando teoricamente a solução do problema antes de conseguir obter a solução na prática. Isto nos levou a entender que possivelmente foi útil aumentar as restrições para facilitar a percepção da superposição de pulsos.

E, além disso, vários alunos não acreditavam ser possível atingir o objetivo proposto atendendo a todas as restrições que foram impostas.

372	Denis – não... não dá...	Falando com o grupo.
373	Professor – mais força? pode fazer ...	
374	Lilian Gentil (grupo J) – mas professor... a mola não pode esticar não?	
375	Professor – sem esticar a mola...	
376	Lilian Gentil (grupo J) – aí cê tá querendo de mais...	Drica do grupo H tenta sozinha em uma mola.
377	Júlio – Aí não dá né?	Falando muito baixo. Rosangela do grupo L tenta sozinha em uma mola.
378	Professor – então não dá?	
379	Lilian Gentil (grupo J) – então não dá	Exclamando.
380	Lilian Gentil (grupo J) – não não dá	
381	Aluna do grupo K – se for d\ duas pessoas dá sim	

Vários alunos participam da atividade, como pode ser visto em <http://www.youtube.com/watch?v=i8s1HYK0AmA>, e uma hipótese é sugerida pelo aluno Cauan de outro grupo:

411	Mônica (grupo I) – tem que ser um pulso ao mesmo tempo...	Olhando para as tentativas de Vera do grupo L e mais uma aluna que tentam na mesma mola.
412	Cauan (grupo L) – manda ela fazer pro outro lado...	Fala com Hilton do grupo L para que Vera faça o pulso no sentido oposto ao da outra aluna.
413	Cauan (grupo L) – porque aí se onda for pra lá vem pra cá mais forte...	Faz gestos com mão indo e voltando. Dá a entender que a mola poderia sofrer um efeito semelhante a de uma gangorra.
414		Miriam presta atenção no que Cauan fala pra Hilton no turno anterior.
415	Professor – e aí gente... dá ou não dá?	Falando com alunos do grupo K que estavam sentados.
416	Miriam - é verdade... ele tá falando aqui um raciocínio certo...	Falando com os Lúcius que estão testando em outra mola e apontando pro Cauan do grupo L.
417		Cauan que estava observando e sugerindo levanta e vai em direção a uma mola assim que Miriam fala que ele tem um raciocínio certo.
418	Miriam - se você jogar a mola pra cá (direita do vídeo)(inaudível) a força vai pra lá (esquerda do vídeo, sentido da garrafa) quer ver?	Miriam levanta e vai em direção à mola onde os Lúcius estão.

Nos turnos anteriores, vemos alguns alunos se interessarem por uma hipótese onde apenas um pulso para o lado esquerdo faria a mola ir no sentido oposto. Duas possibilidades para esse pensamento dos alunos são: acreditar que a mola se comportaria de alguma maneira semelhante a uma barra rígida presa no meio (gangorra) ou a possibilidade de terem notado a reflexão do pulso (extremidade fixa) com inversão de fase e terem interpretado dessa forma.

No grupo M apesar de pouca discussão os alunos seguem tentando, e tudo indica que sem sucesso.

A partir de então é possível ver que no centro do vídeo dois alunos (Olavo e Brenda) tentam fazer uma superposição de pulsos. Esses alunos apesar de não fazerem parte do grupo M serão observados por outros alunos de vários grupos e mais à frente o fato de serem observados por outros alunos permitiu a nossa abordagem sobre superposição de pulsos.

Como é possível ver no vídeo disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=Z2qjl3O7-DU>, eles conseguem derrubar a garrafa com uma superposição de pulsos, mas não é possível afirmar se atenderam a todas as restrições.

484	Olavo (grupo K) – um dois três...	Faz interferência const. com Brenda (grupo K), aparentemente consegue.
485		Garrafa cáí, Olavo (grupo K) bate palma. Alguém comemora.

Como não vimos que Olavo e Brenda conseguiram, perguntamos para a turma quantos alunos achavam possível e quantos achavam impossível. Dos que se manifestaram, aproximadamente metade achou possível e a outra metade achou que não.

Enquanto isso, Olavo e Brenda aparentemente não responderam se é possível ou não, mas derrubaram a garrafa mais duas vezes, aparentemente atendendo às restrições. Alguns alunos, ao perceberem que eles estavam conseguindo, ficaram surpresos e pediram para que o professor visse o que aqueles alunos estavam fazendo.

Abaixo transcrevemos esses acontecimentos e o vídeo com esse trecho da aula está disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=H7ol7aQ0WzY> .

493	Professor – GENTE OLHA SÓ... quem acha que não dá?	
494	Angela (grupo J) - acabou de conseguir ali...	Vera aponta para Olavo e Brenda que estavam com uma mola. Cinco alunos levantam a mão, Hilton, Beatriz, Mônica e Jéssica e mais um.
495	Professor – quem acha que dá?	Quatro alunos levantam a mão, Drica, Evelin, Lilian Vitória e mais um
496	Júlio – quem conseguiu aí?	
497	Ludmila Alves (grupo K) – Quem acha que é milagre?	
498	Olavo (grupo K) – um dois três...	Faz novamente interf. Constr. com Brenda (grupo K).
499	Lúcio S. – professor um pulso só... perai perai perai... um pulso só...	Derruba garrafa com o pulso (mão).
500		Alunos riem.
501	Hilton (grupo L) – Conseguiu Olavo?	
502		Olavo (grupo K) levanta a garrafa novamente.
503		Professor anda pela sala.
504	Olavo (grupo K) – (inaudível)	
505	Olavo – um dois três...	Fazem novamente interferência construtiva.
506	Cássia - derrubou?	Surpresa.
507	Algum aluno – CARACA...	
508	Miriam - que que vocês fizeram?	
509	Miriam - o que que eles fizeram?	
510	Algum aluno – já derrubaram mais de quatro vezes...	
511	Lúcio S. – (inaudível)	Muitos alunos falando ao mesmo tempo
512	Professor – PERAI GENTE... é um de cada vez... esse grupo tá falando ah vê aí vê aí... esse também...	Se referindo aos grupos I e K.
513		Professor levanta garrafa que Olavo e Brenda tentam.
514	Drica (grupo H) – ah eu consegui... eu conseguiiii	Drica derruba garrafa com outra mola, sozinha.
515		Olavo e Brenda conseguem derrubar garrafa, aparentemente atendendo as restrições. Derrubam com Interf. Const. Professor observa mas aparentemente não fala nada.
516	Professor – GENTE...SSHHH.... OLHA SÓ... olha só...	

Surge então a possibilidade de abordar a superposição de pulsos, depois que uma boa parte dos alunos percebeu que os alunos Brenda e Olavo

estavam conseguindo atingir o objetivo proposto. A partir de então, passamos a estimular os alunos a refletir sobre o que foi feito, com perguntas. O vídeo com essa parte da aula pode ser visto em <http://www.youtube.com/watch?v=shsXGnump0U> e a transcrição encontra-se a seguir:

541	Professor – com duas pessoas alguns grupos conseguiram...	
542	Professor – esses dois por exemplo conseguiram... ou não?	Se referindo a Olavo e Brenda, que ainda se encontravam nas extremidades da mola.
543	Olavo - ahan	Olavo e Brenda balançam a cabeça afirmativamente.
544	Professor – cada um fez um pulso?	
545		Olavo balança a cabeça afirmativamente.
546	Professor – sem ultrapassar a faixa branca?	
547		Olavo balança a cabeça afirmativamente.
548	Professor – e deu?	
549	Professor – como que vocês fizeram pra conseguir isso?	
550	Ludmila Alves (grupo K) - vish...	
551	Professor – se uma pessoa só não dá?	
552		Vários alunos falam ao mesmo tempo.
553	Vera(grupo L) – ele fez de um lado e ela fez do outro...	
554	Olavo – agente fez (inaudível)	Mexe a mão para esquerda do vídeo.
555	Lúcio S. – por causa da energia professor... os dois\	
556	Vera (Grupo L) – ah pra ficar maior professor...	
557	Professor – um fez de uma lado outro fez do outro?	
558	Denis – qual a pergunta professor?	Muitos alunos falando ao mesmo tempo.
559	Lúcio F. – por que duas cabe\ por que duas cabeças pensam melhor do que uma...	
560	Olavo – a gente mandou a força ao mesmo tempo...	
561	Professor – PERAÍ rapidinho... deixa eu escutar a deles que foram eles que fizeram... fala aí...	
562	Olavo – a gente mandou a força ao mesmo tempo na mesma direção...	
563	Alguma aluna – fica mais forte...	
564	Professor – ao mesmo tempo?	
565	Professor – aí você fez um pulso?	Pergunta pra Brenda que hesita.
566	Professor – não?	
567	Brenda – que?	Sorri.
568	Professor – fez um pulso ou não fez?	
569	Brenda – (inaudível) pro mesmo lado...	Rindo.
570	Professor – fez um pulso ou não fez?	Pressionando.
571	Vários alunos – FÊZ	

572	Professor – olha só eu quero saber se ela fez não quero saber se vocês (inaudível)	Rindo.
573	Lúcio F. – (inaudível)	
574	Professor – (inaudível)	
575	Professor – beleza... olha só... e aí porque que os dois pulsos conseguiram derrubar?	
576	Olavo – porque a energia se juntou e fez um pulso mais forte...	Faz gesto com a mão pro lado esquerdo.
577	Lúcio F. – é...	
578	Lilian Vitória – porque... porque veio um pulso de um lado e outro de outro e se juntou...	
579	Alguma aluna – foi o que eu falei os pulsos se se juntaram...	Vários alunos falando ao mesmo tempo.
580	Professor – _____ então olha só... olha só...	
581	Professor – você falou eu escutei... só eu que eu tô deixando as pessoas falarem...	
582	Professor – os dois pulsos se juntaram... no meio...	

Fizemos perguntas sobre como e por que conseguiram, da maneira que fizeram. A explicação dada por Olavo aparece de maneira semelhante em outros grupos: A energia se juntou, os pulsos se juntaram e etc. O aluno Olavo comenta no turno 560 que fizeram os pulsos ao mesmo tempo, incentivamos então a reflexão sobre a importância de serem feitos ao mesmo tempo. Após fazer a pergunta do por que fizeram o pulso ao mesmo tempo, percebe-se que alguns alunos ficam incomodados ao serem questionados e, além disso, confundem os significados das perguntas “por que e como”. Alguns alunos respondem como eles fizeram para executar pulsos ao mesmo tempo ao invés do porquê. Atalho para essa parte da aula: <http://www.youtube.com/watch?v=IOnIO4HtFB4>

583	Professor – vocês fizeram ao mesmo tempo?	
584	Brenda – uhum...	Afirmativamente.
585	Olavo – ahan...	Afirmativamente.
586	Professor – por que?	
587	Olavo – (inaudível) maior.	Vários alunos falando ao mesmo tempo.
588	Alguma aluna do grupo K – se fosse um pra um lado e outro pro outro em sentidos diferentes... não ia... não ia	Falando para o grupo.
589	Ludmila Alves (grupo K) – eu falei que o Manoel\ opa...	Falando para o grupo. Lembrando do gravador?
590	Lilian Vitória – porque a força e maior...	
591	Hebe – por que contaram um dois três e fizeram...	
592	Lúcio S. – porque ele falou um dois três e já...	
593	Professor – SSHH... só um minutinho só um minutinho só um minutinho...	

594	Ludmila Alves (grupo K) – eu falei que o Manoel toda hora com essas perguntas de porque estressava... e eu tô falando pra ele escutar mesmo...	Falando para o grupo.
595	Lúcio S. – é entrosamento...	
596	Professor – SSHHH...só um minuto...	
597	Miriam - porque eles falaram um dois três e já	Rindo

A maneira utilizada para contornar essa dificuldade dos alunos na interpretação do como e do por que, sem ter que explicar para eles quando cada palavra deve ser utilizada foi mudar a pergunta. Perguntamos então se caso os alunos não fizessem os pulsos ao mesmo tempo se a garrafa iria cair; muitos alunos responderam que não. Então perguntamos por que não cairia caso não fizessem ao mesmo tempo. Com isso raciocínios interessantes aparecem nos turnos 606 e 609, explicitando que ainda não estava claro para alguns alunos o que ocorria na mola. Também é possível assistir essa discussão em <http://youtu.be/6-W6kFvhm90> .

598	Professor – perai perai perai rapidinho... se vocês não fizessem ao mesmo tempo ia derrubar?	Muitos alunos dizem não.
599	Lúcio S. – _____ objetiva a resposta	
600	Ludmila Alves (grupo K) – fico (palavrão) com esse cara... eu chego numa conclusão aí ele... por que? por que?	Falando para o grupo. Bate na mesa duas vezes.
601	Professor – aí que quero saber porque que não ia derrubar?	
602	Alguma aluna do grupo K – iam em sentidos diferentes...	
603	Vivia – as forças (inaudível)	
604	Hilton – quê?	
605	Alguma aluna do grupo H – porque são mais fracos...	
606	Alguma aluna do grupo I – porque os pulsos não ia se juntar...	
607	Professor – olha só... os pulsos não iam se encontrar se vocês fizessem ao mesmo tempo?	Olavo e Brenda não esboçam resposta.
608	Algum aluno – é...	
609	Alguma aluna do grupo K - isso ...	Falando baixo.
610	Professor – então faz aí sem ser ao mesmo tempo pra gente ver se os pulsos vão se encontrar....	Se dirigindo a Olavo e Brenda que ainda se encontram na extremidade de uma mola.
611	Alguma aluna do grupo H – se encontrar iam...	
612	Lilian Vitória – claro que ia....	Falando baixo.
613	Olavo – vai...	Fazem pulso.
614	Alguma aluna – não...	Falando baixo.
615		Professo se dirige até a mola e ocupa o lugar de Brenda.
616	Lúcio S. – o pulso dela passou (inaudível)	
617	Professor – eu vou fazer um pulso você faz também... você vai fazer	Olavo aponta pra esquerda

pra onde?

do vídeo.

Depois de algumas tentativas fizemos um pulso que se encontrou com o pulso feito pelo aluno Olavo. Esses pulsos foram feitos de maneira a não se encontrar no meio da mola.

633	Professor – eles se encontraram ou não?	Professor levanta.
634	Lúcio S. – só que quando eles fazem ao mesmo tempo se encontra bem no meio...	Vários alunos dizem sim.
635	Algum aluno do grupo K – não...	Fala baixo.
636	Alguma aluna do grupo K – em pontos diferentes...	
637	Professor – olha só... então... quando a gente faz ao mesmo tempo eles se encontram bem no meio...	
638	Professor – por isso que vocês\ por isso que quando vocês fazem juntos dá certo... porque a garrafa tá no meio...	
639	Professor – se eu coloco a garrafa aqui... como é que vocês iam fazer?	Coloca a garrafa mais perto de uma extremidade.
640	Lúcio F.- _____ aí complico...	Falando alto.
641	Professor – como é que vocês iam fazer pra derrubar?	
642	Alguma aluna do grupo K – milagre	Olavo aponta para Brenda
643	Ludmila Vitória – ia fazer sozinho...	
644	Lúcio S. – ela teria que fazer o pulso dali quando tivesse chegando perto aqui ele fazia	
645	Professor _____ ela teria que mandar o pulso primeiro	
646	Alguma aluna do grupo K – _____ é aí ele fazia... verdade...	
647	Professor – beleza olha só... outra coisa que eu quero que vocês saibam...	
648	Professor – isso que vocês viram aqui dois pulsos se encontrarem e se se... ajudarem... se somarem... isso tem um nome na Física...	
649	Professor – chama interferência construtiva...	

Nos turnos anteriores vimos que alguns alunos acreditavam que caso os pulsos não fossem feitos ao mesmo tempo eles não iriam se encontrar, para verificar isso sugerimos um teste onde pulsos que não foram feitos ao mesmo tempo fossem observados para ver se se encontravam ou não.

Após isso, passamos a sistematizar e relembrar conceitos que foram abordados nessa aula. Ondas, pulsos, amplitude e interferência construtiva. Partindo das falas dos alunos, tentamos ir aprimorando suas explicações para esses conceitos até se aproximar do conceito científico escolar.

Também tornamos disponível esse trecho da aula na internet em <http://youtu.be/nalwPS6hWQ4>, mas não apresentamos aqui nesse capítulo a

transcrição dessa parte da aula, que está completa disponível no apêndice (A2 e A3).

Durante essa etapa da aula alguns alunos pediram para que escrevêssemos os conceitos que estavam sendo sistematizados, mas foram informados que em uma aula posterior faríamos isso.

Para encerrar essa aula pedimos que cada grupo fizesse um desenho que representasse como fizeram para derrubar a garrafa e um outro desenho representando uma interferência construtiva.

3.4 Segunda aula

Na segunda aula tratamos de interferência destrutiva, que começou com uma revisão de 5 minutos sobre os conceitos vistos na aula anterior. Relembramos esses conceitos fazendo perguntas para os alunos.

Em seguida, foi perguntado a eles se seria possível fazer um pulso em cada extremidade da mola, com amplitude máxima, sem derrubar nenhuma garrafa. Essa parte da aula, que pode de ser vista em http://youtu.be/h_v0KUnhd_E, mostra que os alunos do grupo M rapidamente passam a discutir sobre a pergunta que foi feita e que duas maneiras são sugeridas para atingir o objetivo. Uma delas, sugerida no turno 9, seria uma maneira de contornar o encontro dos pulsos no meio da extensão das molas. Para isso um aluno teria que esperar o pulso do colega passar pelas garrafas para que depois ele fizesse seu pulso. Essa ideia apareceu muitas vezes independente da turma em questão

Ela é interessante porque indica que o aluno compreendeu que pulsos em uma mola podem se sobrepor construtivamente, e ele se mostra preocupado para que isso não aconteça para que ele atinja o objetivo. Mas ao mesmo tempo mostra que apesar de ter entendido uma espécie de “soma” de pulsos, não é trivial observar uma “operação inversa” que seria uma “subtração” de pulsos.

A outra sugestão, turno 6, também é interessante e é rapidamente sugerida pela aluna Miriam. Ela mostra que os alunos pensam de uma maneira ampla, que permite rapidamente resolver o problema da maneira que foi

enunciado. Para contornar o fato de que essa solução não iria permitir a discussão da interferência destrutiva, impusemos mais uma restrição, não levantar a mola.

A transcrição do início do que pode ser ouvido no vídeo mencionado acima foi inserida a seguir:

1	Professor – é possível fazer um pulso em cada extremidade da mola... com amplitude máxima sem derrubar nenhuma garrafa?	
2	Professor – na aula passada a gente queria derrubar a garrafa... nessa a gente não quer derrubar a garrafa... nenhuma das duas...	
3	Lúcio Freitas – vai lá tu é a garrafa	
4	Lúcio Santos – eu sei _____ ele falou...(incompreensível) tem que fazer o que?	
5	Professor – _____ mola no meio...	Ajeitando as molas.
6	Miriam – _____ É você só chacoalhar pra cima e pra baixo	
7	Júlio – é só uma só hein... é so um pulso cada um	
8	Professor – _____ mola no meio	Ajeitando as molas.
9	L. Santos – é só um dá/ dá com força daqui... só que o pulso vai passar... quando ele chegar no outro... o outro dá... aí eles vão se encontrar pertinho	
10	Professor – _____ o que que é amplitude máxima? O que que é amplitude máxima? É isso aqui ô...	Indica fita lateral.

Após a nova restrição de não levantar a mola o aluno Lúcio Freitas apresenta para o professor a ideia que teve no turno 9. Pedimos que ele descrevesse sua ideia para os outros alunos do grupo para ver se concordavam; com isso, quase todos os alunos do grupo comentam sobre essa hipótese. No turno 118 a participação do aluno Jonas³ foi fundamental para tornar explícito um problema nessa ideia, a de que o primeiro pulso feito talvez já derrube uma garrafa.

A partir daí o aluno Lúcio Santos age como se já tivesse percebido esse problema na sua hipótese, apesar de ainda não tê-lo mencionado. O áudio da transcrição a seguir está disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=-udGZp9wISI>.

100	L. Santos – é... você falou na outra aula... as vezes eu posso dar um pulso forte desse lado...	Se dirigindo ao professor.
101	Júlio – é melhor falar que é impossível	

³ Esse aluno nos disse no início da primeira aula que se recusaria a falar qualquer coisa durante as aulas por estarmos gravando. Suas poucas falas sugerem que em alguns momentos ele parece não “aguentar” e acaba opinando, sempre falando muito baixo, talvez por estar contrariado.

102	L. Santos - esperar ele chegar do outro lado... passar das garrafas... e a pessoa do outro lado dá o pulso... aí ele vai se encontrar lá perto...	
103	Miriam – o Jonas que desenha... e escreve também...	
104	Lúcio S. - e não va\ derrubar a garrafa	
105	Professor – então... ele\ olha só gente... tem um integrante aqui que tem uma sugestão... acha que dá...	
106	Professor – explica pra eles... se vocês entrarem em um consenso... faz um desenho que explique isso aí...	Dirigindo-se ao restante do grupo.
107	Professor – um primeiro outro depois...	
108	Miriam – mas pode primeiro testar na mola? Fazer\	
109	Professor – não	
110	Professor – GENTE! sem testar.... silêncio por favor tá? Já volto...	Dirigindo-se à turma.
111	Lúcio S. – assim ó (inaudível) ... deixa eu explicar... aula passada... se lembra que que? como é que? que o professor falou assim só pode derrubar com um pulso... que a...o o outro grupo conseguiu... que os dois fez um pulso ao mesmo tempo... aí os pulsos se encontravam num lugar e ficavam mais forte aí derrubava a garrafa?	Explicando superposição de pulsos da aula anterior.
112	Lúcio S. – aí... mas ele também ensinou que... por exemplo... eu dou um pulso desse lado aqui... aí o pulso vai tipo andando pela mola... quando ele chega pertinho... o outro dá o pulso forte n\	
113	Cássia – mas aí já é\ já é a dois não pode...	Achou que só se poderia fazer um pulso nessa atividade.
114	Miriam – mas são dois pulsos...	
115	Lúcio S. – mas é dois pulsos... um de cada lado... não quer dizer que é ao mesmo tempo... se for ao mesmo tempo vai chegar forte vai derrubar a garrafa... mas se um dá de um lado... o pulso vai passar pelas garrafas... quando tiver perto do outro... o outro lá do outro lado dá... eles vão se encontrar bem perto...	Aparentemente não percebe que somente um pulso com amplitude máxima é capaz de derrubar uma garrafa
116	Júlio– mas vai ser... _____ tinha que fazer a força\	
117	Lúcio S. – ___ tá entendendo? _____ tá entendendo Jonas?	Se referindo ao aluno que se recusou a falar na primeira aula.
118	Jonas – mas o primeiro pulso pode acertar a garrafa...	
119	Lúcio S. – é... eu... o... aí... a minha dúvida é essa se o primeiro pulso vai acertar a garrafa...	
120	Lúcio S. – então ... a minha dúvida era essa	
121	Miriam – deixa eu falar um negócio pra você (inaudível)	
122	Algum aluno do grupo – (inaudível)	
123	Lúcio S. – é ... eu daria um pulso daqui... aí o pulso vai passando...	
124	Lúcio S. - vai passando na garrafa...	Daqui até o turno 144 vários alunos do grupo debatendo ao mesmo tempo.
125	Miriam – _____ qual é a garrafa (inaudível) derrubar ?	
126	Júlio– _____ mas pra derrubar as duas tem que dar pulso...m\	
127	Algum aluno – (inaudível)	
128	Cássia – você tem que ter certeza pra falar... eu não vou poder falar um negócio desses sem ter certeza...	Com medo de errar a “questão”.
129	Lúcio S. – _____ É o que o Jonas falou... A questão é essa... A questão ... o primeiro pulso poderia derrubar... o segundo não... porque o segundo ia se encontrar lá perto da extremidade...	
130	Lúcio S. – a\ a questão é o primeiro pulso que poderia derrubar garrafa...	

131	Miriam – _____ eu concordo tudo que você falou	Aparentemente brincando.
132	Denis – então mais olha só...um não tem... um não tem que chegar no outro?	
133	Lúcio S. – é...	
134	Denis – mas como é esse aqui vai chegar lá se você... se o outro vai ter (inaudível)	
135	Miriam – _____ mas não pod\	
136	Miriam – não Denis... porque ele chacoalha desse lado... aí o pulso vai pra lá...	
137	Lúcio S. – _____ mas o... mas o... mas o...	
138	Miriam - quando o pulso tiver chegando pertinho ele chacoalha de novo que o choque vai ser lá...	
139	Lúcio S - _____ aí... aí vai... aí vai se encontrar	
140	Miriam - não vai ser onde a garrafa tá _____	
141	Lúcio S. - _____ É... entendeu?	
142	Miriam - igual ele explicou semana passada...	Denis fala várias coisas que não dá pra entender até o turno 147
143	Lúcio S. – a questão é o que o Jonas falou... é o primeiro pulso não derrubar a garrafa	
144	Miriam- é... o primeiro pulso tem que ser mais fraco	
145	Lúcio S. – mais ele falou...essa é a questão... o pulso tem que ser máximo... a tua mão ter que ir até essa fita...	
146	Lúcio S. – a tua mão tem que ir até a fita e voltar aqui no meio	
147	Júlio– finge que vai fazer forte e faz fraco...	Risos.
148	Miriam – finge que vai fazer forte e faz fraco	

Após 3 minutos de conversa não relacionada à aula os alunos voltam a discutir se é possível ou não. A questão do pulso inicial derrubar o objeto aparece novamente e também a análise dos alunos se poderia ou não o professor passar uma atividade impossível de se conseguir na prática.

167	Lúcio S. – e aí cara... qual vai ser a nossa opinião? Possível ou impossível?	
168	Lúcio S. – tu vai saber desenhar? Isso que eu falei?	
169	Lúcio S. – é...	
170	Lúcio S.– então? Vamos usar isso?	
171	Lúcio S. – não vocês que sabem cara... tu acha que é possível ou impossível	
172	Júlio– o que?	
173	Lúcio S. – é... possível? Possível?	
174	Júlio– uhm... tô em dúvida...	
175	Lúcio S. – tô em dúvida também cara...	
176	Cássia – vai ser difícil na prática	
177	Lúcio S. – por causa do primeiro pulso (inaudível)	
178	Miriam – eu acho que se ele passou deve ser possível né porque (inaudível)	
179	Lúcio F. – é impossível bota aí... impossível	Batendo na mesa
180	Lúcio S. – é possível	

<u>181</u>	Lúcio F. – é impossível	
<u>182</u>	Lúcio S. – se ele passou é porque é possível	
<u>183</u>	Lúcio F. – é impossível	
<u>184</u>	Lúcio S. – é possível	
<u>185</u>	Lúcio F. – impossível	
<u>186</u>	Lúcio S. – sabe porque? Quando o garoto falou lá é impossível... ele falou... impossível achei que ia tá certo... ele foi lá... você acha que é impossível... quem achar que é im\ que é possível...	

Depois de passar em outros grupos perguntamos aos alunos do grupo M se haviam se decidido se era possível ou não. Antes disso os alunos Miriam e Lúcio Santos aparentavam acreditar ser possível atingir o objetivo proposto. E apenas o aluno Lúcio Freitas defendia ser impossível.

Nesse trecho da aula percebemos os alunos tentando captar indícios na atitude do professor que indicassem a resposta. Do turno 200 ao turno 235 vemos o grupo defender a ideia até então proposta por eles. Enquanto escutamos atenciosamente parecendo estar interessado nessa ideia, é possível perceber o aluno Lúcio Freitas indicar nos turnos 230 e 234 que passou a simpatizar pela ideia.

A partir do turno 237, a situação se inverte. Quando levantamos o mesmo problema que o aluno Jonas havia citado no turno 118, vemos um abalo na opinião dos alunos que defendiam a ideia de Lúcio Santos, e o aluno Lúcio Freitas se empolga acreditando que tinha razão em seu pensamento inicial. Nota-se até uma certa frustração do aluno Lúcio Santos nos turnos 256 e 262 quando “muda de ideia” aceitando a impossibilidade de atingir o objetivo. Atalho para esse trecho de áudio: <http://youtu.be/faoh6AGiaE4>

<u>200</u>	Professor – e aí gente? Dá ou não dá?	
<u>201</u>	Lúcio F. – professor olha só...	
<u>202</u>	Lúcio s. – ele é fluente em inglês	
<u>203</u>	Lúcio F – ele tá (inaudível) que dá... eu acho impossível...	
<u>204</u>	Professor – todo mundo acha impossível?	
<u>205</u>	Júlio– _____ eu acho...(inaudível)	
<u>206</u>	Lúcio S. – e ele tá em dúvida eu também tô em dúvida	
<u>207</u>	Miriam – eu também tô em dúvida	
<u>208</u>	Lúcio F. – eu acho que é impossível	
<u>209</u>	Denis – (inaudível)	
<u>210</u>	Lúcio S. - eu tô em dúvida professor...	
<u>211</u>	Miriam – porque eu tinha concordado com a opinião dele	
<u>212</u>	Lúcio S. – não... eu eu eu eu eu também... a minha opi\	

213	Miriam – só que aí surgiu outra opinião aí gente ficou confuso...	
214	Lúcio S. _____ a minha opinião... a minha opinião...	
215	Professor – ahn	
216	Lúcio S - eu acho que é possível....mas eu tô em dúvida no primeiro pulso... porque o primeiro pulso que é... que é máximo... pode já derrubar antes de ... do... (inaudível) chegar lá na outra extremidade... no outro companheiro....	
217	Professor – vocês acham que daria como?	
218	Lúcio S. – se a garrafa fosse um pouco mais separada...	
219	Professor – aí fazia o que?	
220	Júlio– ia piorar	Júlio e Miriam Riem
221	Professor – aí cada um fazia o que?	
222	Lúcio S. – se a garrafa fosse (inaudível)	
223	Lúcio S. – ai...ai fazia	
224	Professor – (inaudível) lado?	
225	Lúcio S. – fazia o pulso forte... quando o pulso tivesse chegando na outra extremidade... o outro fazia o pulso forte... que... que eles iam se encontrar o choque não ia ser perto das garrafas	
226	Professor – entendi... entendi...	
227	Lúcio S. – O choque seria...	
228	Júlio– então acho que é impossível	Mostram empolgação com a hipótese que vinham discutindo, talvez por termos falado entendi duas vezes, dando a entender que era interessante.
229	Professor – um faz primeiro _____ aí o outro faz seguido?	
230	Lúcio F. _____ aí o outro faz seguido depois (inaudível)	
231	Professor -	
232	Miriam - _____ é quando tiver chegando na outra extremidade...	
233	Miriam – por que aí o choque ia ser afastar da...	
234	Lúcio F. - _____ tipo assim... um fez... passou das garrafas o outro faz...	
235	Lúcio S. - _____ o choque _____ o choque vai se afastar da...	
236	Professor – entendi... mas ó... vamos lá... um fez grande...	Fingindo fazer o pulso na mola
237	Professor - esse pulso grande que ele fizer não vai derrubar aquela garrafa?	
238	Lúcio S. - _____ então... a nossa dúvida é essa	
239	Miriam- _____ ah... então... a gente tá com dúvida por isso	
240	Lúcio F. – tá vendo? por isso que é impossível rapá	empolgado
241	Júlio– (inaudível)	
242	Lúcio S. – a nossa dúvida é essa...	Professor se afasta um pouco do grupo
243	Lúcio S – é impossível ou possível?	
244	Lúcio F. – é IMPOSSÍVEL cara	
245	Professor - GENTE	Se dirigindo à turma
246	Lúcio S. – é impossível então...	Depois dessa intervenção do professor passa achar impossível.
247	Professor – GENTE...	Se dirigindo à turma
248	Júlio– então acertei...	Muda de opinião de novo
249	Miriam – agora o Jonas já desenhou... então vai ser possível...	

250	Lúcio F. – aqui professor... é impossível by Lúcio Freitas...	Entrega folhas que o professor tinha esquecido em sua mesa
251	Professor – _____ esse pessoal aí... o debate tá acalorado...olha só...	
252	Lúcio F. – escreveu que é impossível?	
253	Júlio– Ahn?	
254	Professor – é...	
255	Lúcio F. – escreveu que é impossível?	
256	Lúcio S. – ___ não... já escreveu que é possível... já até desenhou...	
257	Miriam – _____ não... deixa ele falar gente...	
258	Professor – Shhh...	Pedindo silêncio a turma.
259	Miriam – espera...	
260	Professor – a maioria acha que não dá... não tem como... é...	Se dirigindo a turma.
261	Professor - lembrando aí da aula passada _____ essa atividade que a gente tá fazendo hoje...	
262	Lúcio S. - _____ é impossível então	Bate na mesa
263	Miriam - _____ _____ espera _____ deixa ele...	
264	Lúcio S. - fez o Jonas copiar a toa? o Jonas desenhou a toa?	

Durante a passagem nos grupos verificamos que existia um número grande de alunos que acreditavam ser impossível atingir o objetivo com as restrições impostas. Devido a isso, dissemos para a turma que seria sim possível realizar o que foi proposto e dissemos que, a partir de então, pensassem como fazer.

Fizemos também, rapidamente, uma recapitulação do fenômeno da interferência construtiva da última aula, desenhando pulsos no quadro e dissemos que a atividade que estávamos fazendo tinha relação com o que tínhamos visto na aula passada. Os alunos Miriam e Lúcio S. comemoraram ao saber que estavam parcialmente certos, mas pareceram descartar a ideia dos pulsos transversais não simultâneos.

Lúcio Santos menciona então uma hipótese que, segundo ele, foi sugerida pelo aluno Denis. Nela seriam feitos pulsos longitudinais com amplitude do tamanho da amplitude sugerida na atividade. Interessante notar que os alunos parecem acreditar que pulsos longitudinais, ao se encontrarem, derrubariam a garrafa (turnos 306, 307, 308, 309). Para contornar esse problema, o aluno Lúcio Santos sugere que os pulsos longitudinais não sejam feitos ao mesmo tempo, com isso surge uma ideia que é uma mistura da sua hipótese com a hipótese do aluno Denis. Também disponibilizamos o vídeo

referente à transcrição abaixo, que pode ser acessado em http://www.youtube.com/watch?v=cC-SH_x0bgU&feature=youtu.be

278	Professor – É possível fazer... um pulso... grande... do tamanho disso aqui...	
279	Professor - e não derrubar nenhuma das duas garrafas... na verdade...	
280	Denis – _____ ahhh (inaudível)	
281	Professor – um pulso em cada extremidade... agora eu tô falando pra vocês... pedi pra vocês pensarem se dava ou não... maioria acha que não dá...	
282	Lúcio S. - é possível__ tá vendo?	
283	Professor – _____ DÁ	
284	Miriam – _____ VIU?	
285	Lúcio S. – é possível	
286	Professor – quero que vocês pensem como fazer... sem fazer pulso pra cima...	Miriam e Lúcio S. se comprimentam com batida de mãos
287	Alunos de outros grupos – (inaudível)	
288	Professor – dá pra fazer...	
289	Lúcio S. – eu acho que é o que o Denis falou...	Traz uma ideia de outro aluno, que não foi escutada na transcrição
290	Professor – _____ alguém aí deu uma... deu uma...	
291	Professor - uma... sugestão de como fazer...	
292	Lúcio S. – _____ é o que o Denis falou eu acho...	Defende a ideia do amigo.
291	Lúcio S. – o Denis falou assim Jonas... tu que entende...puxar a mola... puxar a mola toda...	
292	Professor – então vamos pensar aí como dá pra fazer... e aí depois a gente testa...	
293	Lúcio S. – depois soltar...vai ser um pulso reto... o que o Denis falou...	Sugerindo pulso longitudinal.
294	Lúcio F. – PROFESSOR chega mais...	
295	Miriam – mas e se ele falar que não pode puxar a mola? igual semana passada...	
296	Lúcio S. – oi?	
297	Denis – mas ele não falou isso...	
298	Jonas – mas tem que ser nas duas extremidades	
299	Lúcio S. – ah é tem que ser nas duas extremidades... não dá certo não Denis...	
300	Denis – tem que atingir (inaudível)	
301	Lúcio S. – Cada... Cada extremidade tem que\ dá um pulso	
302	Denis – ah é?	
303	Lúcio S. – PSIU	
304	Miriam – alá... é possível fazer um pulso em cada extremidade	
305	Lúcio F. - puxa as duas ao mesmo tempo... puxa...puxa as duas ao mesmo tempo	falando de pulso longitudinal?
306	Lúcio S. – não aí o choque vai ser lá no meio da garrafa...	Aparentemente acreditam que a
307	Miriam - _____ no meio da garrafa	interferência de pulso
308	Lúcio S. – a não ser se puxar um antes... e o outro puxar perto...igual eu falei...	longitudinais fará a
309	Miriam - _____ aí ela vai pular e vai... vai atingir a garrafa	garrafa ser derrubada.
310	Lúcio S. – ela vai pular lá perto...	

311	Cássia – (inaudível) mais lento ___(inaudível)_____ (inaudível)	gesticulando
312	Miriam – _____Sei lá gente... eu não sou gênica não...	
313	Miriam – tô cansada de pensar... já deu dor de cabeça já...	
314	Lúcio S. – mas tem que ser máxima...	Respondendo a Cássia.
315	Cássia – mas assim (inaudível) vai ser máxima	
316	Miriam - _____LÚCIO	
317	Jonas – (inaudível)	
318	Júlio– fazer lá no canto...	
319	Jonas – (inaudível) – às vezes pode até ser	
320	Miriam – não esticar muito é verdade...pode esticar... só não pode muito...	
321	Lúcio S. – é... eu acho que é esse	

Em seguida os alunos chamam o professor e perguntam sobre o pulso “reto”, que é como haviam chamado o pulso longitudinal. Explicamos que dessa forma seria possível e mostramos como fazer o pulso longitudinal com uma amplitude equivalente à pedida na atividade. Dissemos que ainda iríamos falar sobre esse pulso posteriormente e que nessa atividade tentaríamos apenas com pulsos transversais. Após poucos minutos de conversa paralela, Lúcio Santos sugere uma nova maneira, levando as mãos até a fita lateral lentamente e soltando. Logo após liberamos as molas para teste. No vídeo referente a esses momentos, <http://youtu.be/VjbH0LKdmgg>, é nítida a ansiedade dos alunos em testar suas hipóteses.

Os Lúcios então se dirigem um para cada extremidade da mola e tentam levar a mola para a fita que delimita a amplitude máxima e soltar a mola, sendo que puxam as molas em sentidos opostos. Durante essas tentativas alguns desentendimentos entre os integrantes e, no final, o aluno Lúcio Freitas parece se confundir e achar que o objetivo era derrubar a garrafa. Em algumas das tentativas eles conseguem não derrubar a garrafa e o aluno Lúcio Santos diz ao professor que eles conseguiram. O vídeo com essas tentativas está disponível em http://www.youtube.com/watch?v=Fd_WqGyttSo e nesse vídeo é possível verificar que na mola que está perto do fundo da sala há um grupo que está tentando atingir o objetivo utilizando interferência destrutiva, cujo grupo, mais à frente vai ser importante para o grupo M. Passamos então nos grupos perguntando se tinham testado suas ideias e, ao chegar no grupo M, os alunos disseram que haviam conseguido; sendo assim, pedimos que mostrassem o que haviam feito. Informamos aos alunos que, segundo o roteiro dado em aula, eles não poderiam começar com as molas nas

extremidades delimitadas. Com isso, eles passaram a tentar a primeira hipótese dos pulsos não simultâneos. Depois de várias tentativas frustradas, conseguem não derrubar a garrafa fazendo pulsos menores que os delimitados pelas fitas laterais. Não tivemos certeza se eles haviam ou não atendido a essa restrição e, como estavam fazendo pulsos em sentidos opostos, achamos que haviam conseguido (turno 500). O aluno Lúcio Freitas não parece muito satisfeito com o desempenho deles (turno 502). Esses momentos podem ser conferidos em <http://youtu.be/fXJ1vSXcU30>.

Logo que terminam e voltam para suas mesas dois alunos próximos à parede do fundo da sala passam a fazer interferências destrutivas sem derrubar as garrafas. Isso chama a atenção dos alunos do grupo M que ficaram surpresos com o que viram (turnos 516, 522, 523, 526 e 529). O vídeo que contém esses acontecimentos pode ser visto em <http://www.youtube.com/watch?v=g1rs8HnuJeo>

498	Professor – faz de novo...	Fazem pulsos. Lúcio F. faz pulso menor que a amplitude máxima. impossível ver pulso de Lúcio S. Garrafa não cai.
499	Lúcio S. – e aí?	
500	Professor – tá... tá bom... tá mais ou menos...	hesitante.
501	Lúcio F. – dez dez dez dez dez....	Os Lúcio levantam e voltam para suas mesas.
502	Lúcio F. – foi cara... mais ou menos...	
503	Lúcio S. – não... Jonas... Jonas... aí... mudou de novo... que o professor falou que tinha que começar do meio... é... é... que nós tinha colocado no início...	Explica que o professor vetou a ideia de começar das extremidades laterais.
504	Alguém- ah...	
505	Lúcio S. – por que essa aqui a gente tinha feito assim... só que ele falou que tinha que começar do meio... eu mandei o Jonas apagar... faz o desenho... dá primeira vez...só que não... ele falou que tem que começar do meio...	
506	Lúcio S. – é o que nós fez... nós temos que dar o pulso daqui... aí ele vai passar... quando ele tiver chegando aqui... tu vai lá e dá o pulso... ai vai se enc\ o choque vai ser aqui...	Explica que voltou a defender a ideia dos pulsos não simultâneos.
507	Miriam – AÍ meu Deus...	
508	Lúcio S. – entendeu Jonas? tú entendeu ó?	
509	Lúcio S. – eu dou o pulso daqui... ó ó...	
510	Miriam - _____ Jonas olha só	
511	Lúcio S. – ó ó ... Jonas...	
512	Jonas – (inaudível)	
513	Lúcio S. – Jonas eu to dand\ eu eu do o pulso daqui... aí vai passar a onda... o pulso vai passar...	
514	Miriam – _____ (inaudível)	
515	Lúcio S. - quando tiver chegando aqui ele dá o pulso daqui aí... ela vai lá e vai se chocar aqui...	

516	Lúcio F. – _____ alá lá lá lá lá lá	Surpreso. Se referindo ao grupo do Hilton que aparece na extrema direita do vídeo.
517	Miriam – (inaudível) essa borracha não vai dar pra apagar tudo isso... (inaudível) ele explicou	
518	Lúcio S. – tu entendeu o que eu quis dizer?	
519	Lúcio S. – é...	
520	Miriam – AÍ	
521	Lúcio S. – tem que começar no meio...	Se referindo a integrantes de outro grupo.
522	Júlio– conseguiram... CONSEGUIRAM...	Surpreso e se referindo ao grupo do Hilton que aparece na extrema direita do vídeo. Aparentemente esse grupo conseguiu fazendo pulsos em sentidos opostos ao mesmo tempo (interferência destrutiva).
523	Júlio- conseguiram lá...	
524	Lúcio S. – como?	
525	Cássia – (inaudível) diferente	
526	Júlio– eles fizeram normal... só que conseguiu fazer não sei como lá	Viu mas não entendeu.
527	Cássia – (inaudível) pra um lado (inaudível) pro outro	No vídeo a aluna Cássia parece explicar a Lúcio S. o que o outro grupo fez.
528	Lúcio S. - _____ com\	
529	Júlio– ficou maneiro...	
530	Júlio– vê de novo...	professor leva outra câmera para filmar grupo da extrema direita do vídeo.
531	Lúcio S. – (inaudível) cada um (inaudível) lado o outro fez pro do outro...	
532	Lúcio S.- então... tipo assim... o pulso de um tá dando pro lado de cá... o do outro tá dando pro lado de lá... ai se encontrou e e parou... entendeu?	percebe que é possível com interferência destrutiva.
533	Cássia – (inaudível)	
534	Lúcio F. – (inaudível) tem ser na mesma hora né...	Grupo de Hilton faz novamente.
535	Cássia – é...	nota a importância da sincronia.
536	Lúcio S. – é...	nota a importância da sincronia.
537	Professor – de novo... mais rápido...	Professor se referindo ao grupo que aparece na extrema direita do vídeo. Garrafa cai. Dá pra ver interferência destrutiva no vídeo em câmera lenta apesar da garrafa cair.
538	Miriam – ele quer dificultar...	

Os alunos Cássia, Lúcio Freitas, Lúcio Santos parecem rapidamente entender porque os integrantes de outro grupo conseguiram (turnos 532, 534, 535 e 536), enquanto que o aluno Júlio⁴ acha interessante, mas não entende o que aconteceu (turnos 526 e 529). Tudo indica que o aluno Lúcio Santos até o turno 524 não havia visto o que o outro grupo tinha feito e que a aluna Cássia (dá para ver que ela está gesticulando no vídeo) ou outro aluno explicou o que

⁴ Esse aluno passou boa parte da aula fazendo uma atividade de outra disciplina.

eles fizeram, e apesar disso, antes de ver o outro grupo fazendo novamente (turno 534), ele estava relatando o que eles haviam feito. Interessante notar que esse mesmo aluno que vinha defendendo novamente sua hipótese dos pulsos não simultâneos, se interessa pelo que outro grupo fez, explica o que fizeram e parece descartar o que vinha defendendo até então.

A partir daí Lúcio Santos fala conosco sobre a maneira que o outro grupo fez e sugerimos que, caso ele achasse possível dessa forma que testasse na mola.

543	Lúcio S. – Ô PROFESSOR...	
544	Júlio– isso daqui é teu? isso daqui é teu né?	Não estavam falando sobre a atividade.
545	Lúcio S. – não é da Cássia...	
546	Lúcio S. – ele fez\ eles fizeram... cada um fez pra um lado... então o pulso (inaudível) vai empurrar pra um lado... o outro vai empurrar pro outro... quando eles se encontram no meio (inaudível) ... igual eles fizeram lá... (inaudível) cada um fez pra um lado...	
547	Professor – vocês fizeram isso?	
548	Lúcio S. – não...	
549	Lúcio F. – não...	
550	Professor – não fizeram...	
551	Professor – você acha que assim dá?	
552	Lúcio F. – eu acho que assim (inaudível)	
553	Miriam – já tentou já...	
554	Professor – não conseguiu?	
555	Lúcio F. – não (inaudível)	
556	Lúcio S. – não... tentou ainda não...	
557	Professor – então tenta...	

Após algumas tentativas frustradas, voltamos até a dupla de Lúcios para gravar com outra câmera a tentativa realizada por eles. Esses alunos tentaram várias vezes e, como aparentavam não estar conseguindo, buscamos utilizar esses “fracassos” para uma análise da turma, onde poderíamos descobrir o que estava acontecendo para que não conseguissem (diferença nos formatos de pulsos, assincronia etc). O aluno Lúcio Santos se mostrou bastante impaciente e frustrado por não conseguir e também quando soube que uma das câmeras não havia filmado uma tentativa bem sucedida.

Nessa parte da aula, alguns alunos indicaram que não haviam entendido como atingir o objetivo da maneira que eles estavam tentando, ao citar que eles estavam fazendo com muita força (turnos a seguir). Não

podemos afirmar com certeza visto que os comentários a seguir podem também ser uma crítica para apenas um deles que estivesse fazendo “mais forte” que o outro. Já Lúcio Santos parece estar certo do que tem que fazer, pois mais de uma vez cita que eles têm que fazer com a mesma “força” e ao mesmo tempo (por exemplo nos turnos 616 e 606).

É possível notar no vídeo disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=7nL5qKwJUEE> , que eles conseguiram atingir o objetivo proposto, ou chegaram muito perto de atingir (câmera lenta em uma das tentativas), inclusive mais de uma vez. Apesar disso, tivemos dificuldade de perceber na hora, principalmente por estarmos tentando gravar com outra câmera sua performance.

<u>605</u>	Lúcio F. – não vai...	Levantando os braços.
<u>606</u>	Lúcio S. – tem que se encontrar no meio cara...	
<u>607</u>	Professor – por que que... porque que derrubou essa aqui?	Se referindo a garrafa da esquerda.
<u>608</u>	Rosilene (outro grupo) – _____ TÁ MUITO FORTE GAROTO...	
<u>609</u>	Júlio– (inaudível)	
<u>610</u>	Lúcio S. – porque...	
<u>611</u>	(algum aluno) – (inaudível) foi mais forte.	Vários alunos falam sobre força do pulso, difícil saber o quê exatamente.
<u>612</u>	Cássia – (inaudível)	Aponta para Lúcio S. ?
<u>613</u>	Professor – qual?	
<u>614</u>	Professor – a de lá foi mais forte?	
<u>615</u>	Professor – vai de novo aí pra gente ver...	
<u>616</u>	Lúcio S. – então tem que fazer com a mesma força... vai se encontrar no meio vai parar...	Faz gestos, aproxima suas duas mãos, simula uma colisão.
<u>617</u>	Professor – _____ ____ OLHA SÓ GENTE... presta atenção todo mundo aqui...	
<u>618</u>	Lúcio F. – (inaudível)	
<u>619</u>	Júlio– (inaudível) muito forte (inaudível)...	
<u>620</u>	Professor – vamos entender o que que tá acontecendo... um tá tentando fazer pra um lado o outro tá tentando fazer pro outro...	
<u>621</u>		Fazem pulsos novamente, pulso de Lúcio F. chega na frente, derruba primeiro garrafa da direita e depois a garrafa azul.
<u>622</u>	Lúcio F. – (inaudível)	
<u>623</u>	Professor – qual garraf\ SHHH SHHH...	Professor levanta as garrafas.
<u>624</u>		
<u>625</u>	Miriam – (inaudível)	
<u>626</u>	Júlio– não vi... acho que foi a azul...(da esquerda do vídeo)	
<u>627</u>	Lúcio S. – (inaudível)	

628	Júlio– a azul...	
629	Miriam – (inaudível)	
630	Lúcio F. – a branca... (a da direita do vídeo)	Apontando para garrafa branca.
631	Júlio– foi a azul...	
632	Professor – foi a azul primeiro? vamos ver de novo pra ver qual que foi primeiro...	Alguns alunos falando azul outras falando branca.
633	Lúcio S. – calma... (inaudível)	
634	Professor – ou se vocês vão conseguir....	
635		Fazem pulso novamente. Aparentemente pulsos com amplitude máxima. Pulso de Lúcio S. chega primeiro, garrafa azul (esquerda do vídeo) cai.
636	Miriam – fica aqui dentro...	
637	Professor – alá... quase conseguiu... qual garrafa derrubou primeiro?	
638	Júlio– a azul...	Os Lúcio apontam pra azul.
639	Professor – qual pulso derrubou a garrafa azul?	Alunos apontam pro Lúcio S.
640	Cássia – o do...	Aponta pro Lúcio S.
641	Júlio– a do... coisa...	
642	Professor – o dele... porque que não deu certo?	
643	Júlio– muito forte...	
644	aluno de outro grupo – porque ele tá fazendo muito forte...	
645	Hed(outro grupo) – porque ele tá fazendo muito forte...	
646	Professor – os dois tem que fazer forte... os dois tem que fazer com a mesma amplitude...	
647	Júlio– então vai ficar\ (inaudível) derrubar	
648	Lúcio F.- (inaudível) tá fazendo...	Fala gesticulando muito, meio exaltado.
649	Lúcio S. – ao mesmo tempo e com a mesma força...	
650		Fazem pulso novamente. Aparentemente pulsos com amplitude máxima. Pulso de Lúcio S. chega primeiro, garrafa azul (esquerda do vídeo) cai.
651	Lúcio F. – EU NÃO SEI QUE FORÇA VOCÊ TÁ FAZENDO Ô ANIMAL	Se referindo a Lúcio S., levanta muito exaltado.
652	Miriam - (inaudível) derrubar as duas garrafas...	

Depois de várias tentativas dos alunos Lúcio F. e Lúcio S. perguntamos aos alunos se achavam se era possível ou não atingir o objetivo proposto, nesse momento muitos alunos disseram que sim, a aluna Miriam (turnos 724 e 752) diz que dá porque havíamos dito que era possível; o aluno Júlio também faz uma crítica pelo fato de não ter percebido os integrantes de seu grupo conseguir. Seguimos questionando qual o motivo dos Lúcios estarem tendo dificuldade, uma vez que muitos alunos diziam ser possível. Nessa hora algumas alunas disseram que não conseguiram porque não havíamos demonstrado como fazer. Outros alunos disseram que o motivo do insucesso

foi falta de sincronia, entrosamento ou sintonia e o aluno Lúcio Freitas diz isso no turno 738; também mencionou “forças” diferentes.

Perguntamos então porque a sincronia era imprescindível e os Lúcios disseram que o motivo era para que os pulsos se encontrassem no meio, caso não, o pulso que havia sido feito primeiro iria derrubar uma garrafa.

A partir do turno 760, vários alunos passam a dar opinião ao mesmo tempo, quando dissemos para turma a opinião dos Lúcios de que os pulsos teriam que se encontrar no meio. Parte dos alunos achava que se os pulsos se encontrassem no meio, o tamanho da oscilação no meio (chamavam de impacto) iria ser maior, enquanto que outra parte dos alunos achava que se encontrando no meio faria com que a oscilação no meio não existisse. A transcrição dessa discussão dos alunos se encontra a seguir para facilitar a visualização de quais alunos eram de um mesmo grupo colorimos a identificação dos grupos. Também é possível assistir a esse trecho da aula em <http://youtu.be/Fi-snvj7MEE>.

<u>719</u>	Professor – olha só... mas eu quero falar ainda esses últimos dez minutos...	
<u>720</u>	Professor – é... dá ou não dá?	
<u>721</u>		Vários alunos dizem que dá.
<u>722</u>	Lúcio F. – dá...	balança a cabeça afirmativamente.
<u>723</u>	Lúcio S. – dá...	balança a cabeça afirmativamente.
<u>724</u>	Miriam – o senhor falou que dá...	
<u>725</u>	Professor – dá...	
<u>726</u>	Lúcio F. – dá...	balança a cabeça afirmativamente.
<u>727</u>	Júlio– não fizeram nada...	
<u>728</u>	Professor – olha só... se dá por que é que a gente tá tendo tanta dificuldade?	
<u>729</u>	Júlio– porque um dos dois foi errado né?	
<u>730</u>	Lúcio F. – (inaudível)	
<u>731</u>	Lúcio S. – falta entrosamento...	Outros alunos falam ao mesmo tempo.
<u>732</u>	Jully (outro grupo) – porque o professor não fez...	
<u>733</u>	Lúcio S. - falta entrosamento...	
<u>734</u>	Jully (outro grupo) - porque o professor não fez...	
<u>735</u>	Lúcio F.- (inaudível) tá em sintonia... não tá em sintonia...	
<u>736</u>	Professor – oi?	
<u>737</u>	Lúcio S. – falta entrosamento...	
<u>738</u>	Lúcio F. – forças diferentes ou tempos diferentes...	
<u>739</u>	Lúcio S. – entrosamento...	
<u>740</u>	Professor – olha só... aquele grupo ali tá fazendo um motim falando que o professor não fez...	

741	Júlio– é mesmo... o senhor não fez professor...	
742	Outro grupo – éééé...	
743	Professor – a resposta... a resposta de vocês é essa mesmo... pra gente conseguir fazer isso... a gente precisa de uma sincronia maior...	
744	Lúcio S. – entrosamento...	
745	Professor – que eu também vou ter dificuldade... por que?	
746	Júlio– ai tenho que ir no Norte Shopping ainda...	
747	Professor – se eu fizer... um pulso aqui mas ele fizer um pulso um pouquinho depois... a gente não vai conseguir...	Se dirige a extremidade onde estava Lúcio S. e simula um pulso.
748	Professor – Ô HILTON... HILTON...	
749	Professor – presta atenção aqui por favor... Rafaele...	
750	Professor – olha só... porque que se a gente não fizer... isso que eu quero saber se vocês entenderam... porque que se a gente não fizer os pulsos ao mesmo tempo a gente não consegue...	
751	Professor – já que boa parte acha que dá...	
752	Miriam – eu falei que acho que dá porque ele falou que dá...	Fala baixo e ri.
753	Algum aluno – o que? não entendi professor...	
754	Professor – porque que... pessoal falou assim tem que ter sincronia... porque que a gente... se a gente não fizer os pulsos ao mesmo tempo... talvez não dê... não dá...	
755	Lúcio S. – porque se a gente não fizer ao mesmo tempo eles não vão se encontrar no meio...	
756	Lúcio F. – porque o (inaudível) foi na frente da outra vai derrubar a garrafa...	
757	Lúcio S. – _____ aí o pulso forte vai passar pela garrafa vai derrubar... o que foi primeiro...	
758	Professor – então olha só...	
759	Lúcio S. – o pulso que foi primeiro... vai derrubar a garrafa	
760	Professor – ess\ ess\ esses meninos falaram o seguinte... se não fizer ao mesmo tempo... eles não vão se encontrar no meio...	
761	Lúcio S. – é...	
762	Lilian (grupo I) – mas não\ a intenção não é isso...	
763	Lúcio S. – tem que se encontrar no meio	Se vira para falar com a aluna que falou no turno anterior...
764	Lilian (grupo I) – claro que não...	
765	Lúcio S. – claro que sim...	
766	Professor – por que que eles tem que se encontrar no meio?	
767	Angela (grupo J) - de outro grupo – pra... o impact\	
768	Lúcio S. – porque... como tá cada pulso vindo pra um lado... quando chegar no meio vai parar... não vai... não vai... balançar...	gestos onde simula um encontro e um balanço.
769	Jully (grupo I) – nada a ver...	
770	Angela (grupo J) - o impacto vai aumentar... e vai derrubar as duas garrafas...	
771	Joelson (grupo K) - o impacto não aumenta... o impacto diminui...	Rindo. (falando com Ludmila do seu grupo)
772	Rosilene? (grupo L) – _____ nada a ver porque na aula passada quando os pulsos se encontraram no meio a amplitude foi maior...	Muitos alunos resolvem dar opinião ao mesmo tempo.
773	Ludmila Alves (grupo K) – o impacto diminui... o impacto vai diminuir...	(falando com Joelson do seu grupo)

774	Jully (grupo 1) - o impacto vai aumentar se eles se encontrarem...	
775	Rosângela? (grupo 1) – porque eles começam de lado já t\... ô professor... eles já começam com amplitude quando chega no meio (assobia) normaliza fica reto...	
776	Lilian (grupo 1) – a intenção não é chegar no meio (inaudível)	
777	Alguma aluna - _____ porque tem direções opostas...	
778	Lúcio S. – é ...	Se vira para falar com Lilian do grupo 1.
779	Lúcio S. – é... tá indo pro lados opostos... não vai aumentar...	
780	Lúcio S. – não vai aumentar porque tá indo cada um pra um lado.	
781	Lilian (grupo 1) – então porque quando os pulsos se encontram a amplitude aumenta?	
782	Lúcio S. – porque é pro mesmo lado...	Lilian (grupo 1).
783	Jully (grupo 1) – mas se aumenta (inaudível)	
784	Miriam – porque você vai pra um lado ele vai... ele vai pro outro eles vão parar...	Interessante notar que essa aluna disse no turno 752 ser possível pelo fato de termos garantido ser possível, mas o que vemos aqui é ela explicar a interferência destrutiva com relativa facilidade, o que sugere que ela realmente acreditava ser possível não derrubar as garrafas.
785	Miriam – eu acho que é...	
786	Lúcio F. – o que?	
787	Miriam – Você chacoalha pra um lado o outro vai chacoalhar pro outro eles vão parar bem no meio...	
788	Professor – _____ GENTE... SHHH	
789	Lúcio F. – é iss\ ggg\ é iss\ é isso a resposta...	Gaguejando e depois falando com Miriam.
790	Lúcio S. – (inaudível) diferentes...	Falando com Lilian (grupo 1).
791	Professor – olha só...	
792	Professor – deixa eu falar...	
793	Lúcio F. – a resposta é essa...	
794	Professor - tem aluno que acha que eu falo pouco... deixa eu falar... explicar tá?	Lúcio S. continua explicando para Lilian (grupo 1) sua opinião até o turno 796.
795	Professor – a hora que eu explico...	
796	Professor – Aula passada... dois pulsos assim... quando se encontravam aumentavam....	

Depois de deixar os alunos debaterem alguns poucos minutos, passamos a explicar o que havia acontecido, lembrando o fenômeno da aula passada e explicando que poderíamos entender o fenômeno da aula anterior como se fosse uma soma de pulsos e o fenômeno da aula atual como se fosse uma subtração de pulsos no local, onde os pulsos se encontram. Daí a importância de se fazerem os pulsos simultaneamente para que se encontrassem no meio da mola. Durante essa explicação cometemos um engano ao dizer que após o encontro dos pulsos poderíamos imaginar que os pulsos voltaram ao se encontrarem ou que os pulsos passaram um pelo outro,

como se não houvesse diferença nas explicações, sendo que, na verdade, os pulsos “passam” um pelo outro.

Comentamos também no final da aula a hipótese dos pulsos não simultâneos que apareceu em mais de um grupo e explicamos que, mesmo sem acontecer interferência construtiva nas garrafas, qualquer um dos pulsos iria derrubar a garrafa visto que as garrafas estavam muito próximas da mola. Por fim comentamos rapidamente o nome do fenômeno estudado na aula.

O fim da aula é possível ser visualizado no site Youtube, para isso basta acessar <http://www.youtube.com/watch?v=bFbO9ub3JK4>.

3.5 Terceira aula

Nessa aula buscamos abordar as variáveis que determinam a velocidade de um pulso em uma mola. Para isso esticamos duas molas “idênticas” lado a lado e propomos aos alunos uma corrida de pulsos, onde os grupos teriam que propor algo que fizesse seu pulso chegar mais rápido que o pulso do adversário. Devido a problemas técnicos não possuímos a gravação em vídeo dessa aula e por isso faremos uma análise mais resumida do que aconteceu nesse dia.

<u>1</u>	Professor – Eu quero saber o seguinte... o que que esse cara aqui tem que fazer pro pulso dele chegar primeiro do que o pulso desse outro cara aqui?	Se dirigindo a turma.
<u>2</u>	Lúcio F. - Tem que ter mais força...	
<u>3</u>	Lúcio S. - esticar mais...	
<u>4</u>	Lúcio S. – Ou então ele segura a do outro e solta só a dele	

Novamente pedimos que discutissem suas ideias antes de testar nas molas.

Algum outro aluno então sugere fazer um pulso com mais força para conseguir um pulso mais rápido. Perguntamos então aos alunos o que acontece quando fazemos um pulso com mais força para que utilizassem o termo correto para amplitude. Logo após isso outros alunos começaram a sugerir o que eles acreditavam que faria o pulso se deslocar mais rápido.

<u>5</u>	Professor – É... quando a gente faz um c\ a gente faz esse	Se dirigindo a turma.
----------	--	-----------------------

	pulso... com uma mão lá... se eu fizer mais força com a mão o que acontece com esse pulso?	
<u>6</u>	Júlio –amplitude aumenta	
<u>7</u>	Algum aluno - Amplitude aumenta	
<u>8</u>	Professor – faz isso? É isso?	Mostrando desenho no quadro de um pulso.
<u>9</u>	Professor – então olha só... então aqui a\ né\ ninguém falou nada eu\ achei que foi isso... então... qual o nome disso aqui?	
<u>10</u>	Lúcio S. – Amplitude...	
<u>11</u>	Júlio – Amplitude	
<u>12</u>	Professor – então um grupo sugeriu... fazer uma amplitude maior... vai fazer com que o pulso chegue primeiro...	
<u>13</u>	Professor – Alguma outra sugestão?	
<u>14</u>	Hilton – Eu tenho	
<u>15</u>	Lúcio F. – E aquele lance de você empurrar ...	
<u>16</u>	Lúcio S. - _____ Esticar	
<u>17</u>	Alguma aluna - _____ Esticar	
<u>18</u>	Professor - Como é que era o nome desse lance?	Se dirigindo a Lúcio S.
<u>19</u>	Lúcio S. – É... Empurrar...	Risos da turma.

Visto que o aluno Lúcio F. sugeriu um pulso longitudinal para ganhar a corrida, mas não sabia como se referir a ele e alguns outros alunos também não, fizemos uma breve explicação baseada em perguntas para os alunos, elucidando o que eram pulsos transversais e longitudinais.

Uma outra sugestão foi apresentada pelo aluno Lúcio Santos, esticar a mola e fazer um pulso longitudinal. Alunos de outros grupos proibiram essa maneira de testar dizendo que antes da largada nada poderia ser feito, então a princípio essa forma foi descartada.

Dissemos aos alunos que não consideraríamos pequenas diferenças na ordem de chegada dos pulsos, tendo em vista que não tínhamos um método preciso de saber se os alunos haviam feito os pulsos ao mesmo tempo ou saber precisamente se os pulsos chegaram ao mesmo tempo. Nesses casos consideraríamos empate.



Figura 14 – Corrida de pulsos transversais.

Pedimos então a algum aluno que fizesse o pulso transversal com uma amplitude grande para disputar com um pulso longitudinal; essas foram as duas primeiras sugestões apresentadas por eles. Pedimos também que alguns alunos prestassem atenção se os concorrentes haviam feito os pulsos ao mesmo tempo na largada e outros alunos prestassem atenção em qual pulso chegou primeiro.

Na tabela 2 apresentamos as opiniões dos alunos com relação às corridas de pulsos; organizamos em tabelas quais tipos de pulsos acreditaram ser mais rápidos ou se houve empate. Além disso, em alguns casos os alunos percebiam que os pulsos não haviam sido feitos ao mesmo tempo e nesses casos colocamos essas e outras observações relevantes em uma outra coluna.

Tabela 2 – Transversal x Longitudinal.

Transversal com grande amplitude (a) x Longitudinal (b)				
	Acharam que a ganhou	Acharam que b ganhou	Acharam que deu empate	Observação
1º corrida	_____	_____	3 ou 4	Vários dizem que fizeram pulsos ao mesmo tempo.
2º corrida	_____	2	_____	Alguns alunos dizem que um pulso saiu na frente do outro.
3º corrida	Alguns	Alguns	_____	
4º corrida	_____	_____	4	Dizem que saíram juntos.
5º corrida	Alguns	Alguns	_____	Alguns dizem que não saíram juntos.

Interessante notar que as duas tentativas que deram empate foram apontadas como corridas as quais os competidores conseguiram fazer pulsos ao mesmo tempo na largada. Nas corridas onde existiam alunos que acreditavam que algum pulso chegou na frente do outro, aconteceu de alguém achar que os pulsos não foram feitos ao mesmo tempo.

Após a 5º corrida, informamos aos alunos que consideraríamos empate tendo em vista que em nenhum momento houve uma unanimidade dos que se manifestaram, apenas quando aconteceu empate.

Em seguida passamos para uma corrida onde a disputa seria entre um pulso transversal com pequena amplitude versus um pulso transversal com grande amplitude.

A Tabela 3 traz as observações sobre essa corrida.

Tabela 3 – Pulso transversal x Pulso transversal.

Transversal com grande amplitude (a) x Transversal com pequena amplitude (b)				
	Acharam que a ganhou	Acharam que b ganhou	Acharam que deu empate	Observação
1º corrida	_____	_____	_____	Dizem que um participante fez um pulso muito depois.
2º corrida	_____	4	_____	Dizem que pulsos saíram ao mesmo tempo.
3º corrida	2	1	1	Um diz que pulsos saíram ao mesmo tempo, outro não.
4º corrida	Alguns	Alguns	2	Dizem que pulsos saíram ao mesmo tempo.
5º corrida	_____	_____	_____	Um saiu muito antes do outro.
6º corrida	1	_____	_____	Aluna reclama que alunos estavam fazendo pulsos com a mesma amplitude.
7º corrida	1	_____	2	Aluna reclama que alunos estavam fazendo pulsos com a mesma amplitude.
8º corrida	1	_____	_____	Maioria dos alunos não emite opinião.

Nessa corrida não ficou claro para os alunos se pulsos com amplitudes diferentes apresentariam velocidades diferentes. Passaríamos então a testar a hipótese do pulso longitudinal com a mola esticada versus pulso transversal sem esticar a mola, mas alguns alunos disseram que para uma melhor comparação deveríamos ter uma corrida somente com pulsos iguais (só transversais ou só longitudinais). Decidimos então aceitar essa sugestão e estipulamos então que seriam dois pulsos transversais.

Nas três corridas dessa forma todos os alunos que se manifestaram perceberam que o pulso da mola esticada se deslocou muito mais rápido do que o da mola não esticada.

20 | Lúcio F. - Um dois três e JÁ

21 | Jully – Esse

| Indicando pulso da mola esticada.

<u>22</u>	Professor – Qual?	
<u>23</u>	Jully – Esse	Indicando pulso da mola esticada.
<u>24</u>	Professor – Esse aqui___ com certeza?	
<u>25</u>	Jully - _____é	
<u>26</u>	Professor – vai de novo...	
<u>27</u>	Professor – vai de novo... vai de novo... vai de novo...	
<u>28</u>	Lúcio F. - Um dois três e JÁ	
<u>29</u>	Aline Vicente – tá esticado	
<u>30</u>	Alguma aluna – tá esticada	
<u>31</u>	Algum aluno – esse...	
<u>32</u>	Roberta ou Renata – AÍ PROFESSOR	Indicando mola com pulso mais esticado.
<u>33</u>		Vários alunos começam a falar: tá esticado.
<u>34</u>	Alguma aluna – ele esticou\	
<u>35</u>	Professor – TÁ eu sei... mas era essa a\ a... essa era a sugestão dele...	
<u>36</u>	Aline Vicente – e quando ele balança (inaudível)	
<u>37</u>	Professor – mais esticado ele falou que chegava mais rápido... e tá chegando mais rápido?	
<u>38</u>		Vários alunos falam que está.
<u>39</u>	Professor – você tinha razão?	Se dirige a Lúcio S. que estava fazendo o pulso na mola esticada.
<u>40</u>	Alguma aluna – tinha	
<u>41</u>	Professor – Vamo ver de novo então...	Alunos riem.
<u>42</u>	Lúcio F. - Um dois três e JÁ	
<u>43</u>	Renata ou Roberta – Ó ele também esticou lá Ó...	Se referindo ao aluno que deveria estar com a mola não esticada.

Alunos reclamaram que o outro aluno não poderia ter esticado sua mola também, que então respondeu que tinha esticado pois estava perdendo todas e queria ganhar alguma. Após alguns momentos de descontração uma última corrida:

<u>44</u>	Lúcio F. - Um dois três e JÁ	
<u>45</u>	Roberta ou Rosângela – Lucas chegou MUITO na frente...	Lucas Souza fez o pulso na mola esticada.
<u>46</u>	Algum aluno – Lucas	
<u>47</u>	Alguém – Lucas muito na frente...	
<u>48</u>	Roberta ou Rosangela – MUITO	
<u>49</u>		Alguns alunos comentam sobre Lucas ter chegado na frente.
<u>50</u>	Professor – Com muita clareza a gente viu o que?	
<u>51</u>	Roberta ou Rosangela – que se esticar vai mais rápido	
<u>52</u>	Professor – Quanto mais esticado?	
<u>53</u>	Alunos – Mais rápido...	
<u>54</u>	Professor – Eu quero mostrar uma outra coisa pra vocês antes	

	de vocês sentarem.	
<u>55</u>	Professor – então quant\ quanto maior a força que a gente fizer... pra ele esticar essa mola ele tem que fazer uma força na mola... teve que puxar a mola... quanto maior a força na mola... quanto maior a força na mola maior a velocidade de quem?	
<u>56</u>	Alunos – do pulso.	

Explicamos que essa força feita na mola chamaríamos de tensão e relacionamos novamente a tensão com a velocidade do pulso na mola.

Terminada essa parte da aula relacionada com a corrida de pulsos, passamos para os alunos uma mola a qual metade do comprimento dela tinha uma densidade e a outra metade tinha aproximadamente o dobro da densidade da metade mais fina. Pedimos que essa mola fosse passada de aluno para aluno e pedimos que nos dissessem o que essa mola tinha de diferente das outras.

Após uma breve discussão e afirmações de que era mais molenga, mais resistente etc, os alunos chegaram à afirmação de que metade da mola era mais pesada do que a outra.

Fizemos então um pulso na mola e pedimos que os alunos descrevessem o que viam:

<u>57</u>	Professor – Onde é que tá terminando aí a parte pesada dela?	
<u>58</u>		Alunos indicam metade da mola.
<u>59</u>	Professor – então vamo lá ó...	Faz pulso na mola.
<u>60</u>		Alunos surpresos.
<u>61</u>	Alguma aluna (a) – aqui ela demora ali ela vem mais rápida.	Muitos alunos falando ao mesmo tempo sobre a massa da mola e a velocidade do pulso durante vários segundos.
<u>62</u>	Alguma aluna (b) – mas a parte leve também tá mais esticada	
<u>63</u>	Alguma aluna (c) – ah é?	
<u>64</u>	Alguma aluna (c) – olha só	
<u>65</u>	Roberta ou Renata – tá voltando hein...	Provavelmente notando uma reflexão no meio da mola.
<u>66</u>	Miriam – o pulso ali é menor... o pulso ali é menor...	
<u>67</u>	Professor – olha só essa menina aqui falou um negócio importante... mas lá tá mais esticado...	

Nesse momento foi importante darmos uma explicação sobre o fato de a mola estar mais ou menos esticada não ser um bom parâmetro para sabermos sobre a tensão que é exercida na mola. Utilizamos um exemplo de uma mola muito rígida precisar de uma tensão muito grande para esticar um

pouco e por outro lado uma mola pouco rígida esticar muito com tensões baixas. Explicamos a eles que a tensão na mola era a mesma nas duas metades da mola.

Perguntamos então o que os alunos haviam observado e alguns alunos comentaram que o pulso na metade mais pesada tinha uma velocidade menor, procuramos então sintetizar essa observação:

<u>68</u>	Professor – Quanto mais pesado...	
<u>69</u>	Alguns alunos – mais lento	
<u>70</u>	Professor – mais lento	
<u>71</u>	Professor – Quanto mais _____ leve	
<u>72</u>	Alguma aluna - _____ leve	Outros alunos falam leve.
<u>73</u>	Alguns alunos – mais rápido	
<u>74</u>	Professor – mais rápido	
<u>75</u>	Professor – beleza	
<u>76</u>	Professor – então vocês podem sentar... a gente vai fazer a última parte aí do nosso trabalho.	

Em seguida explicamos aos alunos que a partir de então estaríamos buscando não apenas observar os fenômenos, mas também passar a tentar descrever esses fenômenos matematicamente. Para isso apresentamos no quadro uma pergunta objetiva, não com o intuito de avaliar, mas com o intuito de criar uma discussão e reflexão dos alunos sobre as variáveis envolvidas no fenômeno visto. Pedimos a eles que de acordo com o que viram na aula debatessem entre si qual das alternativas estaria correta.

A questão utilizada está ilustrada na Figura 15.

Responda. Com relação a pulsos em molas, qual das proporções abaixo é verdadeira, e por que:

a) $v \propto m \cdot T$ d) $v \propto \frac{m}{T}$

b) $v \propto m^2 \cdot T$ e) $v \propto m + T$

c) $v \propto \frac{T}{m}$

Obs.: v é a velocidade do pulso na mola, m é a massa da mola e T é a tensão na mola.

Figura 15 – Pergunta para gerar discussão sobre a corrida de pulsos.

<u>77</u>	Miriam – eu acho que é a C... olha só... velocidade...	Falando entre eles.
<u>78</u>	Miriam - aquel\ aquele nego\ é proporcional... a... força que tem a mola...	
<u>79</u>	Lúcio S. - _____ cara mas é\ em C	
<u>80</u>	Lúcio S. – mas em C tá dividindo _____ o m tá dividindo...	
<u>81</u>	Miriam - _____ sobre	
<u>82</u>	Júlio - _____ a massa da mola	
<u>83</u>	Miriam – a massa da mola... certo?	
<u>84</u>	Miriam - Quanto m\ é... quanto mais a força que ele fez...	
<u>85</u>	Miriam - independente da força _____ a... a... massa da mola...	
<u>86</u>	Denis – _____ vamo lá pensa comigo	
<u>87</u>	Miriam – mas essa é a última\ a última que ele deu né?	
<u>88</u>	Lúcio S. – mas essa aqui vai dividir cara...	
<u>89</u>	Lúcio S. – tá dividindo a tensão pela massa\	
<u>90</u>	Denis – é a C não é? É a C\	
<u>91</u>	Algum aluno – eu acho que é a massa pela tensão	
<u>92</u>	Miriam – mas\	
<u>93</u>	Algum aluno – ah tá complicado	
<u>94</u>	Lúcio S. _____ não	
<u>95</u>	Denis - _____ acho que é a tensão pela massa	
<u>96</u>	Miriam - _____ mas não é nem a A nem a B nem a E	
<u>97</u>	Denis – porque a tensão é maior que a mass\ _____ a tensão é maior que a massa\	
<u>98</u>	Lúcio S. – _____ é não calma aí ó _ae ó _____ olha só	
<u>99</u>	Denis – você tem que fazer uma tensão maior que a massa pra que ela poss\ ih caraca	Empolgado.
<u>100</u>		Riso de algum aluno.
<u>101</u>	Lúcio S. – então olha só... olha só... fala pra tú..	
<u>102</u>	Denis – ih _____ letra c _uul	Empolgado.
<u>103</u>	Miriam – _vamo prestar atenção no Lúcio	
<u>104</u>	Lúcio S. – não... a D não é porque tu não vai dividir a massa pela tensão...	
<u>105</u>	Lúcio S. – a É também não é porque tu não pode somar a massa com a tensão... porque se a massa for grande... ela vai devagar...	
<u>106</u>	Denis – Professor...	
<u>107</u>	Lúcio S. – então a D e a E não é	
<u>108</u>	Miriam – _____ a D não é... a É não é...	
<u>109</u>	Lúcio S. – a D a (inaudível) não é	
<u>110</u>	Denis – _____ ai Júlio gostou né Júlio? Gostou né? carac\	Julio rí.
<u>111</u>	Lúcio S. – a B também não porque a massa tá ao quadrado... então a mass\ pô tu vai multiplicar bem mais a massa?	
<u>112</u>	Lúcio S. – eu tô em dúvida na A e na C...	Alguém mexe no gravador?
<u>113</u>	Lúcio S. – ele tá ouvindo já...	
<u>114</u>	Professor – (inaudível)	
<u>115</u>	Miriam – mas aqui são massas diferentes certo?	
<u>116</u>	Lúcio S. – alá alá... alá ele tá explicando a B	

Depois de debaterem por um tempo, dissemos aos alunos que uma maneira de terem uma ideia se a proporção representava o fenômeno seria substituir as variáveis por números, substituir o alfa pelo sinal de igual e verificar se a velocidade aumentava ou diminuía numericamente caso aumentassem ou diminuíssem uma das variáveis e mantivessem a outra igual.

Os alunos do grupo M então adotaram esse método e após alguns minutos fazendo testes numéricos e discutindo ficaram em dúvida em duas alternativas, a letra C e a letra D.

<u>117</u>	Lúcio S. – Se liga... em todas elas diz... eu jogando número... todas diz... se eu colocar a massa maior... vai di\ vai aumentar a velocidade... errado	
<u>118</u>	Lúcio S. – que a lógica ele fez lá com a mola quando aumenta a massa aum\ diminui a velocidade...	
<u>119</u>	Lúcio S. – Única que dá isso é a C e a D	Provavelmente fez conta errada e acredita que na D ao aumentar a massa a velocidade diminui.
<u>120</u>	Lúcio S. - Mas eu acho que é a C por causa do negócio do denominador	
<u>121</u>	Denis – É...	
<u>122</u>	Lúcio S. - A massa divide	
<u>123</u>	Júlio – EU	Respondendo chamada.
<u>124</u>	Lúcio S. – Pois se a massa for maior... a velocidade vai ser menor... então a massa tem que ser o denominador porque ela tem sempre que dividir... o valor dela tem sempre que diminuir a velocidade... então é a \	
<u>125</u>	Júlio – EU	Respondendo chamada.
<u>126</u>	Denis – cê acha que... essa justificativa tá boa ou é melhor colocar a sua?	
<u>127</u>	Lucas S. – Pois aumentando a tensão... quando aumenta	Lendo resposta de Denis.
<u>128</u>	Miriam – _____ é a C	
<u>129</u>	Lucas S. – e a massa...	Lendo resposta de Denis.
<u>130</u>	Lucas S. – é a C... é a C... e a massa	Se dirigindo a Miriam.
<u>131</u>	Miriam – Finalmente...	

Os alunos comentam mais alguns minutos sobre a questão e escrevem sua justificativa na folha que entregaram. A resposta dos alunos pode ser vista na Figura 16.

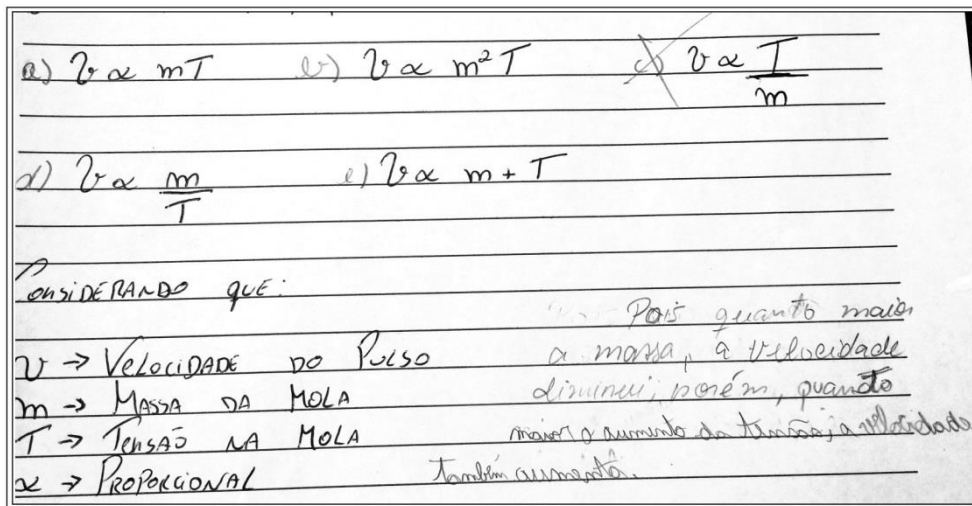


Figura 16 – Resposta do grupo M.

3.6 Seguindo em frente

As aulas posteriores a essas foram ministradas de uma maneira bem mais expositiva, sistematizando os conceitos vistos nessas aulas, utilizando entre outras coisas, materiais obtidos nas três primeiras aulas, como fotos e vídeos. Seguimos também abordando outros conteúdos de Física ondulatória como difração, refração etc.

Capítulo 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Passaremos a partir de agora a tecer comentários sobre a análise que fizemos no capítulo anterior, de maneira a embasar conclusões que realizamos e traremos mais à frente.

4.1 Sobre a aprendizagem dos conceitos

4.1.1 Amplitude e pulso

É possível perceber que muitos alunos se apropriaram dos termos, pulso (ex.: turnos 616 e 644 da 1^o aula ou 7 e 114 da 2^o aula, entre outros) e amplitude (ex.: turnos 772, 781 da 2^o aula ou 6 e 7 da 3^o aula, entre outros), utilizando esses termos diversas vezes e corretamente. Até então não tinham visto esse conteúdo escrito no caderno ou em algum livro didático.

4.1.2 Interferência

Os termos interferência construtiva e destrutiva não foram utilizados pelos alunos, mas isso não significa que vários deles não tenham compreendido a essência do fenômeno. Pelo contrário, nos turnos 498, 505 e 578 da primeira aula, os alunos se utilizam ou se referem ao fenômeno como a maneira de derrubar o objeto (entre outros momentos). Já na segunda aula, por exemplo, no turno 111 e nos minutos anteriores e posteriores a esse turno vemos o aluno Lúcio Santos explicar o fenômeno e se mostrar preocupado por achar que a interferência construtiva iria atrapalhar seus planos de não derrubar nenhuma garrafa.

A propósito, a ideia que ele apresentou na “época” do turno 115 apareceu em vários grupos, independente da turma, o que sugere que vários alunos estavam conscientes de que uma superposição de pulsos poderia ocorrer na mola e atrapalhar a derrubada da garrafa. A superposição de pulsos para esses alunos parece ter ficado bem registrada em suas memórias, tendo

em vista que se preocuparam mais com isso do que com o fato das garrafas estarem próximas à mola (o que por si só já seria o suficiente para a garrafa cair com um pulso apenas).

O fenômeno de interferência destrutiva também foi utilizado operacionalmente pelos alunos, por exemplo, nos turnos 523 e 537.

Além disso, vemos o aluno Lúcio Santos, que aparentemente⁵ é um dos que mais está envolvido nas atividades, abandonar rapidamente as hipóteses que vinha defendendo ao visualizar a interferência destrutiva em outro grupo e adotar esse método como o melhor para não derrubar as garrafas. Isso sugere que não só entendeu o que estava se passando, como achou essa maneira a “melhor” ou “mais correta” para se atingir o objetivo (turno 532, 536 e outros). Mais à frente, nos turnos 649 e 731, mostra que sabe a importância de se fazer pulsos com a mesma amplitude e ao mesmo tempo para que a interferência destrutiva gere uma oscilação a menor possível no meio da mola, por mais contra intuitivo que isso pudesse parecer para outros alunos que ainda não haviam percebido a interferência destrutiva (turnos 644 e 645). Outros alunos também parecem notar a essência do fenômeno como pode ser visto nos turnos 771(aluno Joelson), 773 (aluna Ludmila⁶), 775 (aluna Rosângela), 784 e 787 (aluna Miriam) entre outros.

4.1.3 Velocidade de pulsos em meios materiais

Apesar de termos menos dados processados para embasarmos nossa opinião, acreditamos que a terceira aula favoreceu a compreensão dos alunos sobre quais variáveis são responsáveis pela velocidade de um pulso em uma mola. No turno 38 da terceira aula, os alunos percebem que na mola esticada o pulso chega mais rápido e nos turnos 51 e 53 os alunos reafirmam essa percepção. Nos turnos 68 a 73, os alunos parecem ter percebido a dependência da velocidade da mola com relação à massa da mola. O aluno

⁵ Temos pouquíssimas transcrições dos alunos Cássia e Jonas (ex.: turnos 118 e 535) que muitas vezes falavam baixo e parecem ser muito tímidos, mas nas vezes que entendemos o que falaram parecem estar muito conscientes do que se passa e é possível os ver participando em alguns vídeos, mesmo sem ouvir suas vozes (ex.: turno 527). Ao contrário do aluno Júlio que parecia estar fazendo outra atividade nas duas primeiras aulas.

⁶ Interessante que mesmo alguns alunos que se mostraram insatisfeitos com o método que utilizamos (turnos 594 e 600) parecem em alguns casos terem aproveitado positivamente das atividades realizadas.

Lúcio menciona também no turno 105 sobre essa dependência e na justificativa da resposta objetiva, os integrantes do grupo M escrevem: “Pois quanto maior a massa, a velocidade diminui, porém, quanto maior o aumento da tensão, a velocidade também aumenta”.

4.1.4 Considerações sobre aprendizagem para a continuação do trabalho

Apesar dos alunos não terem se apropriado dos termos interferência construtiva, destrutiva e frequência nessas aulas, identificamos que as atividades permitem plenamente a apropriação desses termos, como aconteceu com os termos pulso e amplitude. Para isso é preciso aproveitar sempre as oportunidades de intervenção que permitem utilizar os termos corretos. Por exemplo, nos turnos 227 e 235 da segunda aula poderíamos ter utilizado as falas dos alunos para chamar a atenção para que utilizassem o termo interferência construtiva. Já o termo frequência pode ser facilmente introduzido durante a primeira parte da primeira experiência quando vários alunos fazem ondas para tentar derrubar o objeto.

Sobre a aula da corrida de pulsos talvez seja interessante refletir sobre a questão que propomos. Por exemplo, se as alternativas de resposta são as melhores possíveis e se seria interessante acrescentar alternativas de resposta relacionadas ao formato e ao tipo de pulso. Ou talvez pensar em alguma questão discursiva que traga semelhante à que verificamos.

4.1.4.1 Perspectivas de aprofundamento

Seria interessante também, pensando em todas as atividades, aplicar os mesmos questionários utilizados no trabalho sobre como o estudantes pensam os fenômenos ondulatórios, desenvolvido pelos pesquisadores de Maryland (REDISH, WITTMANN, STEINBERG, 1999). Isso para comparar as respostas dos alunos que realizaram nossas práticas com as respostas obtidas pelos pesquisadores daquela Universidade em seu estudo.

4.2 Discussão metodológica

Os aspectos metodológicos das práticas realizadas também foram objetivo de reflexão no presente trabalho. Os itens a seguir são comumente almejados em abordagens de ensino por investigação.

4.2.1 Envolvimento e motivação dos alunos

A análise do grupo M nos mostra que a maior parte do tempo os alunos desse grupo estiveram tentando buscar soluções para os problemas que os foram apresentados. Na transcrição detalhada no apêndice, nos trechos das análises percebe-se que bem pouco tempo da aula esses alunos conversaram sobre assuntos não relacionados à atividade desenvolvida. Esse envolvimento foi visto de uma maneira geral na maior parte das aulas, nas três turmas. Poderíamos elencar diversos turnos para exemplificar esse envolvimento. Optamos pelo início da segunda aula onde os alunos nem chegaram a esperar terminarmos de enunciar o problema e já começaram a discutir sobre o assunto (turno 1 em diante). Os registros em vídeo muitas vezes tornam explícito não só o envolvimento dos alunos mas também sua motivação, o vídeo que nomeamos de Testar, disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=VjbH0LKdmgg> mostra a partir de 20 segundos o desejo dos alunos de experimentar o que vinham discutindo. Durante as tentativas dos integrantes, na maioria das vezes quem não estava testando estava refletindo e dando opinião sobre o que via, um exemplo são os turnos 411 a 418 da 1ª aula, que também podem ser conferidos no Youtube (vídeo Hipótese "gangorra" - <http://www.youtube.com/watch?v=i8s1HYK0AmA>). Diríamos até que houve casos em que esse envolvimento foi tão intenso que alguns alunos chegaram a ficar chateados ou muito frustrados de não terem suas expectativas realizadas.

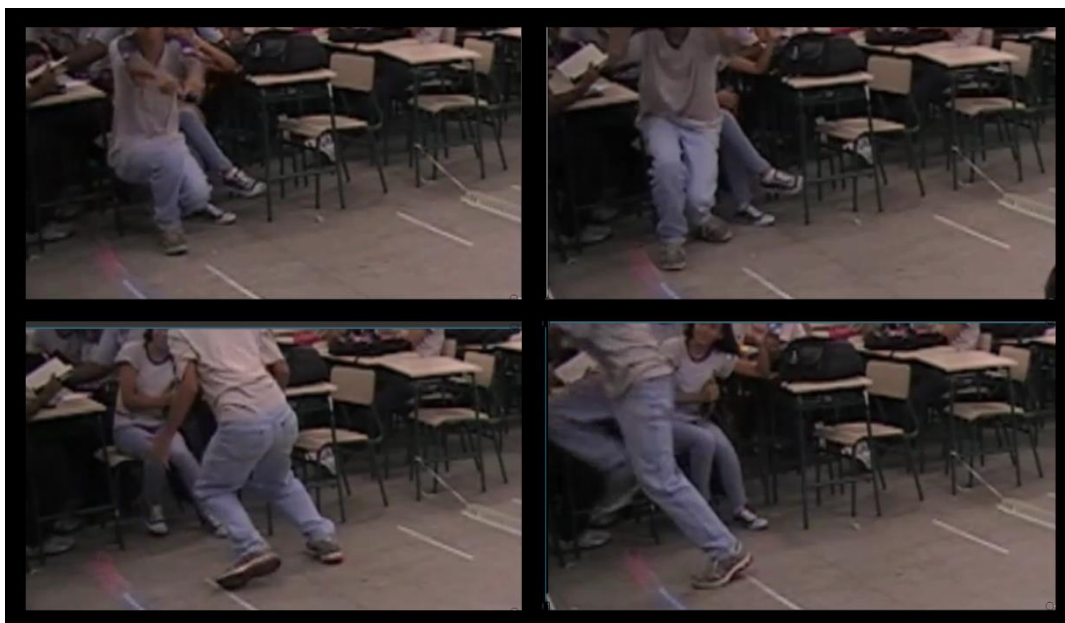


Figura 17 – Quatro momentos de um aluno desesperado.

Outros exemplos são: quando contrariados no que defendiam (turnos 262 e 264 da 2ª aula), na sua vontade de participar (turno 401 do apêndice Transc. Destr., também disponível no vídeo Testar), ou pela incapacidade de realizar o que pretendiam (turno 651 da 2ª aula, também disponível aos 3'08" do vídeo Interferindo na paciência disponível, em : <http://www.youtube.com/watch?v=7nL5qKwJUEE>).

4.2.2 Criatividade

A uma primeira vista, essas atividades podem parecer fechadas no sentido de só haver uma maneira de atingir os objetivos propostos, mas vimos que a criatividade dos alunos esteve em ação durante essas aulas, trazendo soluções que não imaginávamos.

É possível notar que os alunos enxergam os problemas trazidos de uma maneira ampla como, por exemplo, no turno 6 da segunda aula, a solução instantânea que a aluna Miriam (fazer pulsos transversais perpendiculares ao chão) trouxe para o problema da maneira que ele havia sido proposto. Ou por exemplo a ideia do aluno Denis, que sugeriu pulsos longitudinais (apesar de não saber o nome) que feitos na mola não derrubariam os objetos. Essa ideia foi trazida à discussão por outro aluno no turno 293 e turnos “vizinhos”. Ou

ainda a capacidade, descoberta na prática, de derrubar a mola da primeira atividade fazendo ondas estacionárias.

Todas essas maneiras de se atingir o objetivo podem parecer óbvias depois de mencionadas, mas podem deixar o professor em uma situação complicada durante a aula. Para evitar isso, quando desenvolvemos a atividade, tivemos o auxílio de três colegas professores de Física para levantar possíveis maneiras⁷, não imaginadas para que os objetivos fossem atingidos, entre outras coisas. Isso não foi o bastante para se prever essas formas apresentadas pelos alunos. Durante o desenvolvimento do trabalho, apresentamos um seminário no Instituto de Física da UFRJ com a presença de pelo menos 15 professores de Física, entre professores universitários e de ensino médio que apesar de trazerem sugestões para o trabalho, também não perceberam essas maneiras de se atingir os objetivos. Dito isso, diríamos que essas soluções apresentadas pelos alunos não são óbvias e mostram suas capacidades criativas quando chamados a resolver problemas inusitados. Evidencia também a característica das aulas de estimular a criatividade dos alunos.

Acreditamos que a melhor maneira de lidar com essas ideias é aceitá-las como uma maneira de solucionar os problemas, valorizando essas ideias. Desmerecer essas ideias iria resultar no efeito oposto, que seria o de dificultar a exposição de ideias pelos alunos.

Existe a opção de apresentar os problemas diretamente, com as restrições que impeçam essas ideias, o que na nossa opinião tornaria a atividade mais desinteressante para os alunos, que provavelmente só iriam se sentir participando da atividade se sugerissem as soluções que utilizamos para abordar os conceitos de Física.

4.2.3 Reflexão e discussão

Pela quantidade de turnos relacionados às atividades de Física propostas, identificamos que essas aulas contribuíram fortemente para a reflexão, discussão e capacidade de argumentação dos alunos. Um momento

⁷ Participantes de uma disciplina do Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFRJ.

curioso é descrito no turno 313 da 2ª aula, quando a aluna Miriam menciona que de tanto pensar ficou com dor de cabeça.

A audição de todos os grupos sugere que em geral os alunos participaram mais na segunda aula, o que vai ao encontro com o referencial teórico, quando menciona que os alunos vão se acostumando gradualmente com as atividades investigativas. Uma maneira um pouco grosseira de se notar isso é pela quantidade de palavras da transcrição detalhada da primeira aula do grupo M, algo em torno de 8000 palavras; em contrapartida, na transcrição da segunda aula temos por volta de 9300 palavras.⁸

Na medida do possível, procuramos fazer perguntas que estimulassem a reflexão e o debate. Um exemplo simbólico foi no momento em que procurávamos que dissessem o motivo de terem feito pulsos ao mesmo tempo para derrubar a garrafa na primeira aula. De acordo com o que foi visto, parte dos estudantes passou a responder como foi feito para obter pulsos ao mesmo tempo (contar até 3). Mudamos então a pergunta para: “Se vocês não fizessem ao mesmo tempo ia derrubar? Por que?” Nesse momento, inesperadamente, alguns alunos dizem que os pulsos não iriam se encontrar!

Concluimos então sobre a importância dessa pergunta para trazer à tona essa dificuldade conceitual que talvez ficasse latente.

4.2.4 Considerações para o prosseguimento do trabalho

Talvez seja possível aumentar o envolvimento dos alunos na segunda parte da terceira aula, quando tratamos da dependência da velocidade do pulso com a densidade da mola. E provável que consigamos desenvolver uma maneira de tratar essa dependência com maior participação dos alunos.

Com relação à discussão da criatividade, apesar de não desmerecermos as sugestões não esperadas dos alunos, acreditamos ser possível valorizar ainda mais as ideias inusitadas dos alunos. Aconteceram momentos em que os alunos apresentaram essas ideias e que talvez pudéssemos ter solicitado aos alunos que demonstrassem para o restante da

⁸ Nossos comentários da transcrição também entram na contagem de palavras é verdade, mas em geral, nas aulas com maior participação dos alunos o número de comentários dos pesquisadores também é maior.

turma suas ideias que resolveriam os problemas. Os casos de ondas estacionárias foram vistos e apresentados aos outros alunos, já as ideias do pulso longitudinal (turno 293 e adjacentes, da 2ª aula) e dos pulsos verticais não (turno 6 da 2ª aula).

É relativamente comum nas transcrições, momentos em que os alunos solicitam a presença do professor sem sucesso. Essa segunda questão e um pouco da questão da maior valorização das ideias inusitadas se devem pelo fato de termos tido turmas de no mínimo 50 alunos. Atender a todos os alunos que solicitam é muito difícil, testar todas as ideias também. Não apenas nos referenciais teóricos de ensino por investigação, mas nas pesquisas de ensino em geral se recomendam turmas bem menores do que essas.

Com relação a melhorias na questão da discussão e reflexão, sentimos o fato de muitas vezes não termos feito perguntas que aumentariam a reflexão e que teriam potencial para encaminhar os alunos para a discussão sobre os fenômenos físicos que esperávamos que aprendessem.

Por exemplo, na segunda aula, nos turnos 644 e adjacentes, alguns alunos não haviam compreendido que pulsos em sentidos opostos seriam a solução do problema. Uma pergunta útil para ser feita a esses alunos nesse caso seria a seguinte: Por que que muitas vezes quando os dois alunos fazem o pulso com amplitude máxima somente uma garrafa cai?

Essa pergunta talvez ajude esses alunos a perceber que parte (quando tem formatos diferentes) dos pulsos se “anulam” no local onde se encontram.

Na primeira aula, nos turnos 607 a 635 vemos parte dos estudantes acreditarem que pulsos que não fossem feitos ao mesmo tempo não se “encontrariam”. Ao invés de simplesmente fazer o teste como fizemos, poderíamos ter perguntado a eles como descobrir se os pulsos se encontravam ou não, dando maior oportunidade para reflexão e debate.

Outro momento que uma pergunta provavelmente teria sido útil foi na 1ª aula no turno 556, quando alguns alunos estavam tratando como óbvio o fato dos alunos terem feito pulsos no mesmo sentido para derrubar a garrafa. A pergunta seria: “Já que agora parece lógico que os alunos façam pulsos no mesmo sentido para derrubar o objeto, por que ninguém sugeriu isso?”.

4.2.5 Questões técnicas

Tivemos algumas dificuldades técnicas que se superadas ajudariam muito na aplicação dessas aulas.

1) As garrafas muitas vezes não eram posicionados bem no meio da mola, apesar de na hora acreditarmos que estavam bem posicionadas. Isso atrapalha os alunos que também acreditavam que os objetos estavam no centro e tentam fazer pulsos ao mesmo tempo para derrubar (ou não) as garrafas.

2) Tamanhos diferentes nas distâncias entre as fitas laterais que delimitavam as amplitudes e a fita central, o que causava pulsos com amplitudes diferentes. Isso dificultava a realização de interferência destrutiva que não derrubasse os objetos na segunda aula.

3) Demora para o preparo da sala que tomou tempo precioso das aulas;, como visto, essas três aulas foram pensadas para serem realizadas em dois dias.

4) Em alguns momentos tivemos dificuldade para verificar se os alunos atendiam a todas as restrições para atingir os objetivos (ex.: turno 500 da primeira aula ou 3'50" do vídeo disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=7nL5qKwJUEE>)

5) Ter que levantar a todo momento as garrafas que eram derrubadas em quase todas as tentativas da segunda aula.

A dificuldade quatro é simples de ser resolvida e tivemos relativo sucesso no terceiro dia ao eleger alunos “juízes” para verificar se os outros alunos respeitavam as restrições. Como sugerimos no desenvolvimento desse trabalho.

Para superar a dificuldade 5 que toma tempo e torna a aula mais cansativa, sugerimos utilizar garrafas semicheias para as tentativas iniciais dos alunos. Caso eles passem a realizar tentativas que acertem menos as garrafas, passaríamos para as garrafas vazias como uma espécie de prova cabal de que conseguem obter uma interferência destrutiva.

Pensamos em uma maneira que talvez elimine as dificuldades 1, 2 e 3. Consiste em preparar uma espécie de “esteira de testes” em cartolina antes das aulas, que pudesse ser utilizada e reutilizada por algum tempo. Esse

“tapete” seria composto de cartolinas presas por fita adesiva transparente larga (durex). Em cima dessa “esteira” desenharíamos as fitas laterais que delimitam a amplitude utilizando instrumentos de medida que nos permitisse sermos precisos nessas medidas. Poderíamos, da mesma forma, marcar as posições das garrafas bem no meio do comprimento da mola e com distâncias laterais fixas com relação à mola. Por exemplo, de maneira a garantir que um pulso solitário com amplitude máxima sempre derrubasse uma garrafa. Também não teríamos surpresas com pisos mais ou menos ásperos influenciando em nossa prática.

Apesar de dar trabalho, fazendo essas “esteiras” ganharíamos tempo de aula, pois só precisaríamos chegar com essas esteiras enroladas, desenrolá-las e prendê-las no chão, ou pedir para que os alunos a prendessem no chão. Com isso, acreditamos que seja possível realizar todas as atividades em duas aulas.

4.3 Quem acha a superposição de pulsos óbvia?

Um dos resultados do trabalho dos pesquisadores da Universidade de Maryland foi ratificar uma forte suspeita que tínhamos e que vimos saltar aos olhos na aplicação dessas aulas. A de que o os fenômenos ondulatórios mais básicos não são óbvios para muitos estudantes. Percebemos que no pequeno universo de estudantes com que lidamos durante nosso trabalho, pouquíssimos alunos acharam facilmente as soluções para os problemas que trouxemos. Uma aluna de uma das turmas, por exemplo, sugere com poucos minutos de aula, em tese, a interferência destrutiva (não com esse termo) como maneira de resolver o problema da segunda aula. Mas como dissemos, parecem ser poucos os alunos que têm esse perfil.

Trazemos e relembramos então alguns exemplos que mostram o quanto não é obvio esse assunto para vários alunos:

- Vários alunos, independente da turma, citam a hipótese dos pulsos não simultâneos como maneira de solucionar o problema da segunda aula. Como dissemos na análise, apesar de parecerem ter compreendido a interferência construtiva a ponto de estarem preocupados que esse fenômeno derrube os objetos, não conseguem visualizar um fenômeno “oposto” que seria

a interferência destrutiva.

- Outra situação interessante observada nos remete aos turnos 306 a 310 da segunda aula, quando aparentemente os alunos percebem que pulsos longitudinais solitários não seriam capazes de derrubar os objetos e por isso sugerem um método com esses pulsos. Mas ao mesmo tempo que percebem que a oscilação não lateral não derrubaria a garrafa parecem acreditar que, quando dois pulsos longitudinais se encontrassem no meio da mola esses pulsos derrubariam uma ou as duas garrafas.

- Na primeira aula, alguns alunos se empolgaram em um dado momento com uma ideia que nos pareceu estranha, que chamamos método da gangorra (turnos 412 a 419). Nela o aluno sugere um pulso para um lado, que faria a mola ir no sentido oposto. Como havíamos dito, essa maneira de pensar pode sugerir dois pensamentos: acreditar que a mola se comportaria de alguma maneira semelhante a uma barra rígida presa no meio (gangorra), ou a possibilidade de terem notado a reflexão do pulso (extremidade fixa) com inversão de fase e terem interpretado dessa forma.

- Também na primeira aula tivemos a demonstração da dificuldade dos alunos de perceber o que ocorria nas molas, quando alunos mencionaram que pulsos que não são feitos ao mesmo tempo não se encontram. Essa dificuldade, mencionada mais de uma vez mais acima, parece não ser trivial de ser superada, pois, mesmo depois do teste, parte dos alunos parece ter continuado a acreditar que os pulsos não se encontravam, se não fossem feitos ao mesmo tempo.

4.4 Em busca de conclusões

Um dos objetivos principais desse trabalho foi buscar um ensino de Física no qual os alunos se envolvessem ativamente em seu aprendizado. Acreditamos, de acordo com o que foi exposto, que as atividades desenvolvidas permitiram aos alunos refletirem, discutirem suas ideias, exercerem sua criatividade e possivelmente contribuíram para uma visão de Ciência onde os conceitos e formulações matemáticas não são facilmente

obtidas por passos pré-determinados. Ou ainda que a Física não é uma Ciência meramente descritiva, mas principalmente propositiva.

De acordo com o que expusemos, concluímos também que as aulas motivaram grande parte dos alunos a participar da construção de conhecimentos de Física ondulatória, despertando a curiosidade e o desejo de experimentar.

Difícil, talvez impossível, afirmar se os alunos aprenderiam “mais”, caso tivessem uma aula “tradicional” dos conceitos abordados. Vários estudos mostram que aulas expositivas de Física não atendem às expectativas desejadas. No nosso caso, vimos especificamente no estudo da Universidade de Maryland que aulas expositivas, vídeos, entre outras estratégias de ensino, são bem menos eficazes do que gostaríamos para abordar os conceitos de superposição de pulsos e velocidade de pulsos em meios materiais.

Tomando como base os estudos que mostram que o ensino é mais efetivo quando o aluno se envolve ativamente em seu aprendizado, julgamos que nosso trabalho traz uma colaboração positiva para a melhoria no ensino dos conceitos de Física ondulatória.

Referências

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (org.) **Ensino de Ciências**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 19-33, 2004.

BACHELARD, G.; **A formação do espírito científico**. v. único, 1ª ed. Rio de Janeiro: Contraponto, p. 18, 1996.

BORGES, A. T.; **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, pp. 291-313, dez. 2002.

BRASIL, Ministério da Educação, **Guia do Professor – Vídeo – Os Curiosos - Ondas Sonoras**. Projeto ACESSA Física. 2010. Disponível em: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/15640/guia_do_professor_video_os_curiosos_ondas_sonoras.pdf?sequence=7. Acessada em dezembro de 2011.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL, 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.

CARRON, W.; GUIMARÃES, O.; **As faces da Física**. v. único, 1ª ed. São Paulo: Moderna, 1997.

CARVALHO, A.M.P. As práticas experimentais no ensino de Física. In: CARVALHO, A.M.P. (org.) **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning. p. 53-77, 2010.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (org.); **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-19, 2013.

CARLSEN, W.S. Language and science learning. In: **Handbook of research on science education**. Abell, S.K.;Lederman, N.G. Ed. Routledge, p. 57-74, 2007.

FEYNMAN, R; LEIGHTON, R.B; SANDS, M. **Lições de Física vol. 3**. Tradução de Adriana V.R. da Silva e Kaline R. Coutinho. Porto Alegre: Bookman, 2008.

GONÇALVES JUNIOR, W. P., **Avaliações em larga escala e o professor de física**. 227 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) — Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2012_Wanderley_Goncalves/dissertacao_Wanderley_Goncalves.pdf. Acessada em julho de 2013.

GUIMARÃES, L. A.; BOA, M. F. **Eletricidade e Ondas**. (Coleção Física. Eletricidade e Ondas: v.3) Niterói: Galera Hipermídia, 2006.

HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating integration in science and science education. **International Journal of Science Education**, vol 14. Nº 5, pp. 541-566, 1992.

HUGGINS, E. Speed of Wave Pulses in Hooke's Law Media. **Physics Teacher**. n. 46, p. 142-151, 2008.

LEWIN, A.M.F; LOMASCÓLO, T.M.M. La metodología científica em la construcción de conocimientos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 2, p. 147-510, 1998.

MUNFORD, D.; LIMA, C. C. E. M. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio**. v.9, n.1, Dez; 2007. Disponível em: <http://www.cecimig.fae.ufmg.br/ensaio/volumes/volume-9-1>. Acessada em Dezembro de 2011

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Inquiry and the National Science Education Standards: a guide for teaching and learning. Center for Science, Mathematics, and Engineering Education, National Research Council, 2000.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**, v. 2, 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, V5(1), p. 23-48, 2000.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Brasil ponto a ponto**. Disponível em: <http://www.brasilpontoaponto.org.br> . Acessada em dezembro de 2011.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Educação é o que mais preocupa o Brasil.** Disponível em: <http://www.pnud.org.br/educacao/reportagens/index.php?id01=3190&lay=ecu>. Acessada em dezembro de 2011.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Objetivos de desenvolvimento do Milênio.** http://www.pnud.org.br/odm/objetivo_2/. Acessada em dezembro de 2011.

REDISH, F. E.; WITTMANN, C.; STEINBERG, R. N.; Making sense of how students make sense of mechanical waves. **Physics Teacher**. n. 37, p. 15-20. 1999.

WILSEC, M. A. G.; TOSIN, J. A. P.; **Ensinar e Aprender Ciências no Ensino Fundamental com Atividades Investigativas através da Resolução de Problemas.** Secretaria de Estado da Educação. Estado do Paraná. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos>. Acessada em dezembro de 2011.

ZÔMPERO, A.F.; LABURÚ, C.E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio pesquisa e educação em Ciências**. v.13, n.3, p.67-80, 2011. Disponível em: <http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/309/715>. Acessada em dezembro de 2011.

Apêndice 1 – Material do Professor

ATIVIDADES

Primeira Atividade

A primeira atividade tem como objetivo abordar os fenômenos de interferência construtiva e destrutiva em pulsos e ondas. Essa atividade também possibilita a apresentação de alguns conceitos como: pulso, onda, amplitude e frequência.

Primeira parte:

O professor apresenta a seguinte situação para os alunos:

Uma mola de brinquedo esticada e com suas duas pontas presas em mesas com barbantes. Como se vê na figura 1.

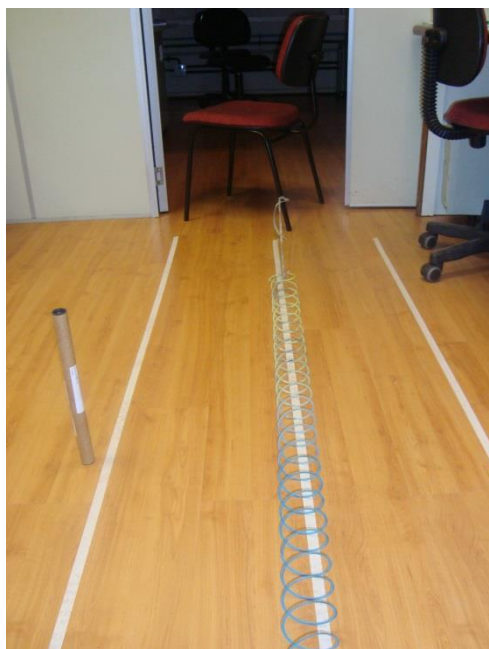


Figura 1: Primeira parte da atividade 1

O que o professor propõe é que os alunos pensem e digam se é possível derrubar com o auxílio da mola o objeto comprido que está na vertical perto do meio da mola.

Provavelmente surgirá a ideia de fazer um movimento com a mão (pulso) que possibilite derrubar a mola. Após a troca de ideias entre os alunos e professor sobre essa possibilidade, o professor pede que testem suas conjecturas.

Após isso, é perguntado se é possível fazer com a mão um movimento na mola que derrube o objeto, mas com as seguintes condições:

- A mola inicialmente deve estar em cima de uma das fitas, como visto na figura 1.

- O movimento da mão não pode ultrapassar o limite da fita branca da direita.

- A mola não pode ser desamarrada do objeto que prende suas extremidades.

Pede-se que eles defendam se é possível ou não e por que.

Em seguida eles devem tentar verificar se é possível ou não. Caso acreditem que não é possível, devem mostrar ao professor essa impossibilidade, fazendo um pulso na mola que, pelo fato de ser atenuado pelo atrito com o chão, não consegue derrubar o objeto. É sugerido desafiar os alunos dizendo que é sim possível e pedindo que eles descubram como é possível.

Durante a fase das tentativas, os alunos utilizarão termos próprios para amplitude, frequência, pulsos e ondas. O professor aproveita essa oportunidade para ir introduzindo os termos corretos, na medida em que esses conceitos aparecem na atividade desenvolvida pelos alunos.

Essa fase traz também a possibilidade da discussão da influência do atrito que aparece diversas vezes em pulsos e ondas reais.

Acredita-se que os alunos podem conseguir perceber e/ou obter na prática que é possível derrubar o objeto desde que dois alunos façam pulsos cada um em uma extremidade da mola que vão se somar perto do o objeto.

Um exemplo da possibilidade está disponível para visualização em <http://www.youtube.com/watch?v=79RUo0PwLog&feature=youtu.be>

Caso não consigam, algumas perguntas podem ser úteis para ajudar a perceber que é possível. Essas perguntas foram organizadas de modo que podem ser feitas na ordem proposta, de modo que só se faria a pergunta seguinte se após fazer a anterior, a dificuldade permanecesse. Sempre deixando um tempo para os alunos refletirem sobre as perguntas.

- Ao invés de fazer um movimento/pulso na mola para derrubar o objeto será que é possível derrubar com mais movimentos?

- Faria alguma diferença ter outro aluno tentando ao mesmo tempo na outra extremidade da mola?

- Um pulso pode atrapalhar o outro, com o objetivo de derrubar o objeto?

- Um pulso pode ajudar o outro, com o objetivo de derrubar o objeto?

Depois de conseguirem derrubar o objeto, estimulam-se os alunos a descreverem suas atitudes e pensamentos que utilizaram durante a proposta, nessa fase o professor pode introduzir o conceito de interferência construtiva.

Segunda parte:

É apresentada a situação vista na figura 2 e perguntado se é possível fazer um pulso em cada extremidade da mola ao mesmo tempo, com a máxima amplitude delimitada pelas fitas, de modo que nenhum dos dois objetos sejam derrubados pela mola.

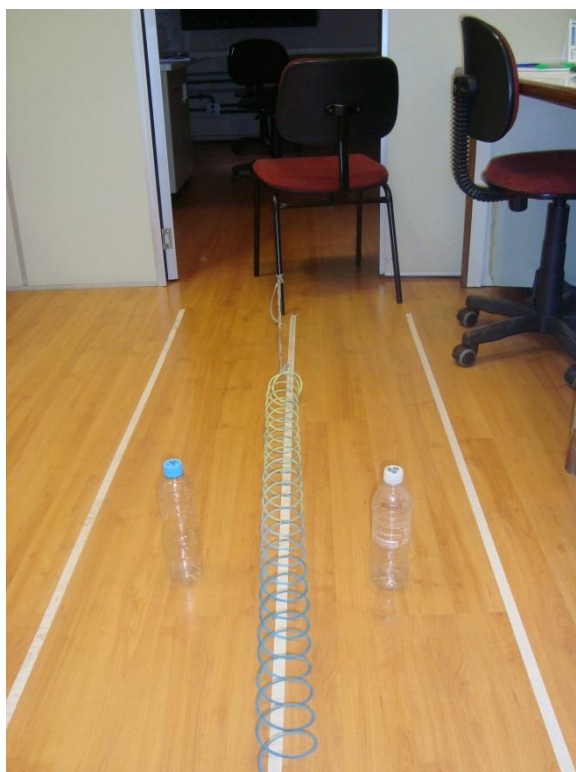


Figura 2: Segunda parte da atividade 1

Após reflexão e descrição (do por que) de suas opiniões, pede-se que eles tentem, caso acreditem que sim. Caso acreditem que não, sugere-se que seja dito que é possível e que seja proposto aos alunos o desafio de conseguir mostrar isso na prática.

Tecnicamente esse segundo desafio é mais difícil, pois requer uma boa sincronia entre as pessoas que fazem o pulso, e que elas consigam fazer pulsos com amplitudes muito parecidas. Além disso o objeto precisa estar bem no meio para pulsos sendo feitos ao mesmo tempo.

Caso os alunos não consigam uma pergunta que pode auxiliar é:

- Se pensarmos o fenômeno da interferência construtiva visto na primeira parte como uma “soma” de pulsos, será que é possível realizar uma “subtração de pulsos?”

Com a reflexão e tentativa dos alunos para resolver esse desafio surge a oportunidade de introdução do conceito de interferência destrutiva.

Essa atividade torna-se mais relevante com a filmagem das tentativas dos alunos permitindo que eles possam visualizar com maior cuidado e mais detalhes o que acontece nas diferentes tentativas que realizam, recomenda-se o uso de um computador que permita a visualização do que acontece na mola, facilitando a análise dos alunos, para tentar explicar se é possível ou não atingir os objetivos propostos pelo professor.

Os vídeos citados nesse trabalho foram filmados sem equipamento profissional de gravação, apenas com um telefone celular.

Segunda atividade

O objetivo nesse segundo momento é investigar quais os fatores influenciam na velocidade do pulso na mola como também analisar qualitativamente a relação que existe entre a tensão na mola e a velocidade dos pulsos na mola.

É proposta aos alunos uma corrida de pulsos, onde dois grupos irão tentar fazer com que seu pulso seja mais rápido que o do grupo adversário. Nessa etapa também recomenda-se a gravação para facilitar a decisão de qual grupo faz o pulso é mais rápido.

Nessa etapa coloca-se duas molas “idênticas” lado a lado e os grupos devem ser orientados a fazer pulsos simultaneamente, cada grupo em sua respectiva mola, para que se possa julgar qual pulso chega na outra extremidade primeiro.

Antes da corrida é importante perguntar aos alunos como eles fariam para que seu pulso seja mais rápido que o do adversário, esse cuidado é

necessário para estimular o raciocínio do aluno sobre quais variáveis ele acredita que influenciam na velocidade do pulso. A tentativa de explicação de suas hipóteses proporciona oportunidades de melhoria de sua argumentação e com auxílio do professor permite a apropriação do vocabulário esperado de um aprendiz em física.

Na etapa da corrida em si é possível perceber que, desde que feitos ao mesmo tempo, as variáveis: formato do pulso, amplitude inicial, frequência (caso ache que os pulsos subsequentes façam com que o da frente ande mais rápido) não influenciam na velocidade do pulso.

Caso algum grupo resolva esticar mais sua mola poderá perceber que seu pulso chega mais rápido. Com isso podem descobrir a relação diretamente proporcional entre a tensão na mola e a velocidade do pulso. Sugere-se que o professor peça que eles expliquem por que o pulso chega mais rápido, favorecendo a tomada de consciência da proporcionalidade.

Na hipótese de ninguém tentar com a mola mais tensionada é possível que os alunos cheguem à conclusão de que não importa o que eles façam, os pulsos chegam sempre ao mesmo tempo. Se isto acontecer sugere-se que o professor entre na disputa com os alunos, mas a mola utilizada pelo professor deve possuir aproximadamente $\frac{3}{4}$ do tamanho das molas que estavam sendo utilizadas pelos alunos. Como o tamanho é apenas um pouco menor é possível que os alunos não percebam de imediato a diferença.

Ao participar da corrida com os dois grupos iniciais a mola do professor ficará mais tensionada por ser menor e com isso seu pulso chegará mais rápido que o dos alunos.

Exemplo disponível da corrida de molas está em <http://www.youtube.com/watch?v=e1sHN7tizVo> (no vídeo uma mola tem o dobro do tamanho da outra para facilitar a visualização).

Com isso pede-se aos alunos que descubram por que o pulso do professor é mais rápido. Em uma análise mais cuidadosa da mola vencedora é possível verificar que ela está mais esticada, ou caso eles decidam analisar as molas relaxadas umas ao lado das outras, perceberão que a do professor é menor. Sugere-se que o professor mais uma vez estimule os alunos a explicar o porquê seu pulso é mais rápido, ajudando os alunos a se darem conta da proporcionalidade existente.

Na sequência dessas atividades o professor pode a partir daí sistematizar todo o conhecimento estudado, organizando as ideias dos alunos a partir das atividades desenvolvidas: conceituando pulsos e ondas, diferentes formas de pulsos, classificando pulsos e ondas de acordo com sua forma de propagação, apresentando a formulação matemática da velocidade de um pulso em uma corda em função da tensão e da densidade linear da corda e etc. É importante ressaltar que a sistematização, é feita em um momento onde os termos e fenômenos fazem muito mais sentido para os alunos, e uma das razões de proporcionalidade da fórmula matemática percebida por eles.

Apêndice 2 – Transcrições detalhadas da aula sobre Interferência Construtiva

		Observação
1	07:10 Lúcio Santos – professor... uma pergunta... olha só Miriam... é só puxar pro lado de cá da garrafa...	Sugerindo puxar mola na direção da garrafa.
2	Lúcio Santos – ó a garrafa tá aqui a mola aqui... tá falando puxar assim pra mola bater?	
3	Miriam - não você\... é só você puxar ela pra trás alá ... tá no meio... você puxa ela pra trás e solta quando soltar aí mola vai pra frente e vai voltar	Sugerindo puxar mola na direção oposta a da garrafa, método estilingue.
4	Lúcio Santos – mas pro lado da garrafa	
5	Denis – eu não entendi... faz a pergunta de novo... qual é a pergunta?	
6	Miriam - ó um exemplo... a mola tá aqui... a mola é isso aqui...	
7	Denis – _____ não... quero saber a pergunta.	
8	Lúcio Santos – tá... a mola é aí... vai explica	
9	Denis – qual é a pergunta?	
10	Miriam - a mola é aqui e aqui tá a garrafa... você puxa a mola quando você soltar a mola vai voltar	
11	Lúcio Santos – mas é\... por que você não puxa a mola pro lado de cá?	
12	Lúcio Santos – quando a mola voltar ela vai vir trazendo a garrafa	
13	Denis – qual é a pergunta? _____ qual é a pergunta?	
14	Miriam - _____ mas acho que não pode... eu acho que tem que ser na marcação da linha	
15	Lúcio Santos – LÊ A PARADA MALUCO	
16	Denis – qual a perg\... _____	
17	Miriam - lê aí	
18	Denis – aonde? qual é?	
19	Lúcio Santos – ah tá... deve ser só até ali (inaudível)	
20	Miriam - é deve ser só até a linha... por que se for assim vai ficar muito fácil... ele não vai passar uma coisa tão fácil assim	
21	Júlio – ahn... ano passado teve uma pg maluco.. pg é fácil... (inaudível)	
22	Denis – qual o objeto? a garrafa?	
23	Miriam - é	
24	(inaudível)	
25	Miriam - ó eu t\...	
26	Lúcio Santos - ____ cheio de areia	
27	Miriam - tem areia ali não	
28	Lúcio Santos – eu sei... tô brincando	
29	Lúcio Santos – eu pensei que tinha s\... eu pensei que tinha um pouco mais pesada.. com água (inaudível)	
30	Miriam - a carol falou que achou que tinha água na dela... mas ela não me explicou direito...	
31	Lúcio Santos – todo mundo cuspiu nessa garrafa	
32	Miriam - _____ porque o professor não deixou	
33	Lúcio Santos – é pra opinar com seus colegas... vocês acham que é possível? eu acho que sim	
34	Miriam - eu também acho que sim	
35	Lúcio Santos – (inaudível) falou que conseguiu né?	
36	Denis – acho que sim	
37	Miriam - (sussurra) cala boca (inaudível)	Dá um tapa em Lúcio S. ?

38	Professor – olha só... shhh... só um minutinho gente...nessa primeira parte eu não falei nada sobre fita	
39	Lúcio Freitas – _____ (inaudível) fita lateral	
40	Professor - tá? to falando nada sobre fita... só tô perguntando se eu consigo com o auxílio da mola derrubar essa... garrafa...	
41	Miriam - acho que consegue né... Você puxa e solta	
42	Lúcio Freitas – ou ou... não pode passar a fita... não pode passar essa fita	
43	Professor – não tô falando nada de fita	
44	Lúcio Santos – não pod\...	
45	Professor – não tô falando nada de fita	
46	Denis – nada de fita	
47	Lúcio Santos- _____ eu acho que pode... (inaudível)	
48	Professor – alguém acha que não dá?	
49	Lúcio Santos – tá vendo tem nada de fita pode puxar pro lado de cá	
50	Miriam - agora ele não está falando de fita	
51	Professor – tá... olha só...sem agente tentar na prática... como a gente faria pra derrubar...	
52	Lúcio Santos – então... vou puxar pro lado de cá e vou derrubar	
53	Algum aluno – puxando	
54	Professor - uma pessoa por exemplo você.. fala aí como é que você faria pra derrubar?	
55	Denis – o que uma pessoa?	
56	Júlio – do uma banda	
57	Professor - puxando... pra onde? aquela ali... você ia puxar pra onde?	
58	Miriam - pra trás	
59	Lúcio Santos - eu não... eu ia puxar pro lado da garrafa... a mola ia voltar levando (inaudível) a garrafa	
60	Professor – _____ você ia puxar pra lado da garrafa ia voltar e tal...	
61	Professor – é...vocês podem me mostrar como é que vocês fariam?	
62	Professor – eu tenho quatro molas aí e mais de quatro grupos	
63	Lúcio Santos – _____ vai lá Lúcio	
64	Cássia – essa mola tá muitooo...	

Levantou a mola, passou por cima da garrafa e soltou. A Mola ao voltar pro local original derrubou a garrafa.

65	Professor – alguma outra sugestão?	
66	Miriam - não ele falou que por enquanto (inaudível)	
67	Cássia – (inaudível)	
68	Professor – alguma outra sugestão?	
69	Miriam - eu acho que você puxa pra trás e solta...	
70	Professor – falei nada ... só quero saber se dá pra derrubar...	Falando com aluno de outro grupo.
71	Professor – outra sugestão	
72	Miriam - eu acho que voc\ é puxa\ _____	
73	Júlio - _____ faz assim ó... ondas mesmo...	
74	Miriam - é... chacoalhar também... sei lá	Lúcio S. senta.

Aula prossegue com a primeira parte da atividade, bem simples, com o intuito de fazer os alunos perderem a timidez, ganharem confiança de que podem manipular os objetos a vontade e verificarem que mais existe várias formas de se chegar ao resultado.

Ganharem confiança para usar sua criatividade ao saber que por não existir uma resposta única sua maneira de resolver o problema pode vir ser levada em consideração pelo professor.

Além de Lúcio, Rosilene (ou Rosângela) tenta, estica e levanta a mola, usa a mola para bater na garrafa. Por fim Elisabete tenta fazer uma espécie de estilingue para derrubar a garrafa, como a mola estava pouco tensionada não conseguiu acertar a garrafa. Professor realiza novamente para o grupo de Elisabete a tentativa do estilingue puxando um pouco mais a mola, mas mesmo assim garrafa não cai. Rosângela e Adriana esticam a mola e pedem para que o professor puxe a mola novamente (método do estilingue), dessa vez a garrafa cai. Lúcio F. tenta com uma onda estacionária e não consegue. Rosilene (ou Rosângela) joga a mola por cima da garrafa e derruba a garrafa.

75	Professor – agora a segunda parte da atividade é a seguinte...	29'56'' do vídeo, professor se referindo a turma.
76	Professor – será que a gente também consegue derrubar essa garrafa se eu... não puder né... como tá escrito aí... ultrapassar o movimento que eu faço com o braço... dessas...	
77	Professor – dessas linhas laterais aqui...	Indica as linhas laterais.
78	Alguem do grupo – puxa...	
79	Professor – essa mola tá aqui no meio...	Mostrando um “conjunto” de mola com fitas laterais.
80	Professor – tem essas duas linhas aqui... tá...	
81	Jonas – puxa até a linha...	
82	Lúcio S. – é esse do braço...	
83	Professor – essa mola tá aqui no meio	Mostrando um outro “conjunto” de mola com fitas laterais.
84	Jonas – _____ a mola vai fazer isso aqui...	
85	Professor – tem essas duas linhas... meu braço não pode passar...	
86	Jonas – vai esticar (inaudível)	
87	Miriam - o braço que não pode passar	
88	Professor – mesma coisa aqui... mesma coisa lá...	Apontando para os outros dois “conjuntos”.
89	Lúcio S. – então (inaudível) mexendo dá	
90	Professor – aí olha só...	
91	Cássia – (inaudível)	
92	Lúcio S. – não mais aí se mexendo dá	
93	Professor – aí a gente tem algumas... algumas restrições...	
94	Professor – a \ ó\ o movimento que a gente faz com o braço não passar... dessas linhas laterais...	
95	Professor – não levantar a mola... e não esticar muito...	
96	Professor- também não pode soltar né... que nem... que nem os outros...	
97	Professor – será que dá?	
98	Lúcio S. – aquele professor que eu fiz assim	Fala com o professor, mas professor continua a fala pra turma. Aluno se refere a onda estacionária.
99	Professor – _____ discutam aí isso... se dá se não dá... como fazer...	
100	Miriam - acho que tem que chacoalhar mas tem que chacoalhar mais forte...	Fala com outros integrantes do grupo.
101	Lúcio F. – mas vai que...	
102	Lúcio S. – ô professor...	
103	Professor – (inaudível)	Falando com outros alunos.
104	Lúcio S. – ô professor...	
105	Miriam - vocês puxa ela um pouquinho... quando ela tiver ficar bem esticada você chacoalha ela...	
106	Lúcio S. – aquele que eu fiz chacoalhando dá\	Se refere novamente a onda estacionária.
107	Miriam - _____ é mas você tem que puxar um	Acredita que para conseguir derrubar

	pouquinho mais ela... esticar mais um pouquinho...	com onda estacionária precisa da corda mais esticada.
108	Denis – mas não pode esticar muito	
109	Miriam - e chacoalhar	
110	Lúcio S. – Não m\ m\ mesmo\ mas mas eu pensei em esticar.. dá d\ dos dois jeitos...	
111	Júlio – _____ (inaudível) não pode passar da linha	
112	Lúcio S. – esticando ou não esticando dá...	Para ele, com onda estacionária é possível, independente de estar esticada ou não.
113	Miriam - mas ela vai passar alí... vai passar	
114	Lúcio S. _____ a mola pode passar cara... a garrafa tá fora...	
115	Jonas – a mola pode o braço não...	
116	Miriam - não eu sei _____ eu sei mas o braço vai acabar passando...	
117	Lúcio S. - _____ o m\	
118	Miriam - eu acho que tinha que puxar um pouquinho mais a mola	
119	Lúcio S. - _____ maiara... ma\ Miriam...	
120	Lúcio S. – olha o tamanho disso aqui... aqui... como é que meu braço vai passar?	
121	Lúcio S. – aqui (inaudível)	
122	Miriam - mas tem que chacoalhar forte...	
123	Lúcio S. – então... meu braço não vai passar...	
124	Professor – OLHA SÓ GENTE...	
125	Lúcio S. – meu braço não vai passar...	
126	Professor – gente só um minutinho... só mais uma coisa...	
127	Professor – é... sshh... pessoal aí de trás... uma coisa que não ficou clara nas outras turmas é o seguinte...	
128	Professor – o que não pode ultrapassar a mola é a sua mão... tá... sua mão não pode ultrapassar essa mola	Professor trocou a palavra fita por mola.
129	Lúcio S. – a linha...	
130	Professor – tsk... aahhh.... as linhas laterais perdão... sua mão não pode ultrapassar as linhas laterais...	
131	Lúcio S. – tá vendo... então...	
132	Professor – a mola... é obvio que pode... se não a gente nunca vai conseguir derrubar isso... se a mola não passar das linhas tá?	
133	Lúcio S. – tá vendo?	
134	Miriam - não eu entendi (inaudível)	
135	Lúcio S. – é se balançando cara... rapidinho	
136	Professor – olha só	
137	Lúcio S. – minha mão fica aqui dentro....	
138	Professor - Por exemplo quando você fez isso aqui ó...	Levanta a mola.
139	Professor – alguém fez isso aqui ó...	Passa a mola por trás da garrafa e solta.
140	Professor – a tua mão passou pela linha tá vendo?	
141	Professor – ela passou pela linha...	Indicando que a mão ultrapassou os limites impostos pelas linhas laterais.
142	Júlio – pega e joga...	
143	Professor – então eu não posso passar pela linha...	
144	Professor – minha mão não (inaudível)	
145	Júlio - _____ é só pegar _____	
146	Lúcio S. - _____ aquele mexendo assim dá	Se referindo a onda estacionária que tentou anteriormente.

147	Professor – se eu conseguir jogar a mola a mola pode passar...	
148	Lúcio F. – faz aí Lúcio então...	
149	Miriam - não pode levantar...	
150	Lúcio S. – professor esse mexendo aqui dá...	Insiste em sua ideia.
151	Professor – você acha que dá?	Indo até o grupo M.
152	Lúcio S. – acho que dá...	
153	Professor – mesmo sua mão não passando?	
154	Lúcio – mesmo...	
155	Professor – beleza... vocês acham que tem alguma outra maneira?	Se dirigindo aos outros integrantes do grupo.
156	Lúcio S. – eu não s\	
157	Professor - _____concorda... não dá?	
158	Denis – fazer aquilo voc\... professor... fazer aquilo que você fez... mas jogando a... o... essa cordinha... jogando em cima da garrafa...	
159	Professor – é... o que eu pedi pra vocês é tentar sem... levantar a mola...	
160	Denis – ah...	
161	Lúcio F. – sem levantar a mola...	
162	Miriam - eu acho que tem que puxar ela só mais um pouquinho... por que aí alá...	Professor se afasta do grupo.
163	Miriam - ali não vai ela tá muito mole...	
164	Lúcio S. – (inaudível) alá (inaudível)	
165	Miriam - então Lúcio...	
166	Lúcio S. – não precisa esticar\	
167	Miriam - _____só que eu acho que se você esticar ela mais um pouquinho as ondas vão aumentar...	
168	Lúcio S. – (inaudível)	
169	Júlio – faz que nem o Lúcio fez... foi puxando ela\	
170	Miriam - _____é vai... puxa e chacoalha que as ondas vão aumentar... eu penso assim não sei...	Acha que o método do Lúcio S. poderia funcionar caso a mola esteja esticada.
171		Alguns segundos de silêncio.
172	Lúcio S. – eu acho também mas pode esticar a mola?	
173	Miriam - ele falou que pode só não pode esticar muito...	
174	Júlio – faz isso aí logo...	
175	Lúcio S. – ele falou que não é pra tentar agora não...	
176	17'43'' - Lúcio S. – é esse jeito é o único mesmo... o único não eu\ esse eu sei que tá certo...	
177		Conversa paralela até 19' 14''
178	19'14'' – Júlio - Professor	
179	Júlio – (inaudível) duas pessoas na (inaudível) esticar (inaudível)	
180	Júlio – se não esticar (inaudível) por que aqui essa mola aqui tá bem esticada (inaudível)	
181	Miriam – ô professor	
182	19'41'' – Lúcio S. – sabe um jeito que seria maneiro também? fosse em grupo... assim... é é... tipo (inaudível)	
183	Lúcio S. – em cada ponta (inaudível) no meio e soltava...	
184	Miriam - _____mais é isso que _____não ele tá falando	
185	Miriam - ele tá falando de um ficar lá o outro ficar aqui... puxar um pouquinho cada lado chacoalha eeeeem sincronismo...	Sugere o método de Lúcio S com 2 pessoas em sincronia.
186	Lúcio S. –nem isso tudo... não precisa cara...	
187	Professor – SSHHH...	
188	Professor – como vocês tão ansiosos... o grupo aí da Camila... como vocês	

	estão ansiosos... tentem então ver se vocês conseguem... com aquelas condições...	
189	Lúcio F.- vai lá Lúcio...	Falando alto.
190	Miriam - para de gritaaar... meu Deus...	
191	Lúcio S. – quer que eu estique Mari?	Vai até a mola.
192	Miriam - é só um pouquinho...	
193	Lúcio S. – mais?	
194	Miriam - mais...	
195	Miriam - deu deu...	
196	Lúcio S. – (inaudível) ó	
197	Miriam - ahan então	
198	Lúcio F. – han	
199	Miriam - deu deu	
200	Júlio – que nem ela lá ó... que nem a garota lá...	Apenas mais um grupo estava testando. Esse outro grupo fazia vários pulsos na mola.
201		Lúcio F. – faz uma onda na mola.
202	Miriam - vai ... já vai derrubar...	Lúcio não consegue derrubar.
203	Lúcio S. –(palavrão)... não consigo	Para de fazer a onda na corda.
204	Júlio – é isso que eu tô falando...	
205	Miriam - ah foi isso...	
206	Júlio – tá vendo (inaudível)	
207	Lúcio S. – então segura lá...	Chama alguém para ficar do outro lado da mola.
208	Júlio – vai lá	
209	Miriam - vai lá	Miriam levanta.
210	Lúcio S. – vai lá Lúcio...	Miriam senta.
211	Júlio – vamo lá vamo lá Miriam	
212	Miriam - não Lúcio vai.	Lúcio F. levanta.
213	Miriam - não o outro Lúcio já está aqui...	
214	Lúcio S. – ele que segura na outra ponta?	Lúcio F. vai até a outra extremidade da mola.
215	Miriam - é... ele junta um pouco na outra ponta	
216	Júlio – (inaudível) os dois né?	
217	Algum aluno do grupo – junta junta	
218	Cássia – (inaudível)	Levanta e olha para Lúcio F.
219	Júlio – acho que tá embolado mesmo...	
220	Cássia – tá bom	
221	Júlio – tá bom tá bom	
222	Miriam - tá bom tá bom tá bom...	
223	Júlio – tá bom	
224	Júlio – acho que tá bom...	
225	Cássia – não tira do chão...	
226	Professor – começa da linha do meio né...	Se dirigindo ao grupo I.
227		Testam durante 2 segundo aproximadamente, não dá pra ver o que houve.
228	Júlio – deu..	
229	Miriam - derrubou....	
230	Lúcio F. – derrubamos professor...	

231	Júlio- vai derruba de novo fica brincando aí...	
232	Miriam - oi?	
233	Júlio – (inaudível) brincando lá...	
234	Professor – vamos lá... quem conseguiu derrubar aí como é que fez?	
235	Lúcio S. – a gente... igual (inaudível)	Lúcio F. levanta.
236	Lúcio F. – segura aí...	Lúcio F. retorna pra mola.
237	Professor – só um minutinho...	Alguém coloca a garrafa na posição.
238	Lúcio S. – estica assim...	Parecem estar tentando demonstrar para o professor.
239	Professor – calma calma que vai arrebentar a corda...	Se referindo a mola.
240	Professor – abaixa ela...	
241		Barulho da garrafa caindo. No vídeo da outra câmera é possível ver os Lúcios fazendo ressonância e derrubando a garrafa, fazem pulsos menores do que os delimitados pelas fitas.
242	Miriam - (inaudível)	
243	Júlio – é (inaudível)	
244	Miriam - (inaudível) de primeira	Bate palma contente.
245	37’ 46’’ - Professor – quem mais gente?	
246		Professor se dirige para outros grupos
247		Professor filma grupo L conseguindo derrubar com apenas um pulso e fazendo interferência construtiva
248	38’38’’ - Professor – olha só gente... agora eu queria passar uns conceitos pra vocês sobre isso...	Alunos sentam.
249	Professor – alguns alunos... vocês por exemplo... fizeram vários movimentos...	Se dirigindo ao grupo M.
250	Professor – eles fizeram mais ou menos um movimento só...	Se dirigindo ao grupo L.
251	Professor – então por exemplo... a gente viu que eu consi\ quer dizer... me digam vocês...	
252	Professor – eu consigo derrubar essa garrafa mexendo aqui na mola? Ou não?	Professor em uma extremidade da mola. Garrafa posicionada da maneira que foi pedido para eles derrubaram a garrafa.
253	Miriam - consegue...	Outros alunos respondem que sim.
254	Professor – eu posso fazer isso por exemplo... né?	Faz um pulso.
255	Professor – se eu fizer com mais força se ela tiver mais perto eu consigo derrubar...	
256	Cássia – estica mais...	Fala baixo.
257	39’ 15’’ - Professor – éééé... que que eu tô fazendo aqui?	Faz pulsos.
258	Cássia – ondas...	
259	Miriam - ondas	Turma diz ondas.
260	Professor – han?	
261	Lúcio F. – movimento de ondulação	
262	Professor – um movimento...	
263	Miriam - é	
264	Professor – outro nome pro que eu tô fazendo?	Faz pulso.
265	Cássia – ondas...	
266	Lúcio F. – ondas...	
267	Professor – como é que vocês fariam pra sei lá... pra alguém que	

	perguntasse quê que o professor de física deu hoje?	
268	Lúcio S. – movimento de ondulação...	
269	Professor – movimento de ondulação...	
270	Professor – olha só... esse movimento que eu fiz tem um nome na física... chama pulso...	
271	Professor – tá? então um pulso é uma perturbação... é um movimento... é uma perturbação que eu faço... numa mola... num meio material...	
272	Professor – ééé... eu poderia... seu eu quisesse derrubar aquel\ SSHH...	
273	Professor – se eu quisesse derrubar aquela garrafa ali... eu poderia derrubar de outra maneira sem ser com uma mola... por exemplo...	
274	Professor – se eu jogasse isso aqui nela... e conseguisse acertar eu poderia derrubar ela...	Mostra um objeto semelhante a uma tampa de garrafa.
275	Mônica (grupo I) – (inaudível)	Falando para o Professor.
276	Professor – também...	Se dirigindo à Mônica.
277	Lilian Gentil (grupo J) – tenta?	
278	Professor – olha só... qual a diferença... que vocês poderiam me dizer... de eu pegar isso aqui jogar e derrubar aquilo ali... ou eu derrubar fazendo isso...	Faz um pulso.
279	Aluna (grupo I) – um é força não? Você jogar o negócio na garrafa você vai tá utilizando força...	Falando para o Professor.
280	Professor – E aqui eu uso uma força também pra fazer um pulso...	Professor faz o gesto de fazer pulso.
281	Lúcio S. – não mais aí professor você manda só um objet\ a aqui você mexe ali pro mov\ pro pulso passar em toda mola até chegar aqui é derrubar...	
282	Cássia - _____ forç\	
283	Professor – então olha só... aqui eu tenho matéria... isso aqui é matéria né? coisa...	Mostra o objeto semelhante a uma tampa e garrafa.
284	Professor – matéria indo daqui até lá...	
285	Professor – aqui... não tem nenhuma matéria que tava aqui comigo...	Mostra uma extremidade da mola.
286	Professor – que tava aqui na minha mão que foi até lá...	
287	Professor – o que que foi daqui pra lá no caso do pulso?	
288	Lúcio S. – a força...	
289	Cássia – o movimento...	
290	Professor – o movimento... ééé... a perturbação... o movimento é que se se propagou...	Gesto indicando propagação ao longo da mola.
291		
292	Professor – então como a gente consegue... por exemplo... mexer uma coisa que tá a distância a gente diz que o pulso transmite energia...	
293	Professor – assim como uma pedrada transmite energia daqui pra lá... um pulso também transmite energia...	
294	Professor – a diferença do pulso é que o pulso não?	
295	Professor - faz o que?	
296	Professor – qual a diferença... pro que eu falei aqui?	
297	Rosilene (grupo L) – não usa matéria...	
298	Professor – ele não transporta a matéria junto... uma pedrada pra eu derrubar aquilo dali...	
299	Professor – eu tenho que transportar a matéria... a matéria... vai matéria e vai energia...	
300	Professor – o pulso não... vai só... energia... a matéria não sai daqui até lá...	
301	Professor – tá claro isso ou não?	
302	Turma – tá...	
303	Professor – olha só gente... ééé... eu posso fazer assim que nem eu fiz que tem o nome de pulso... tá?	
304	Professor – e... esses caras aqui ficaram fazendo isso ó...	Fazendo uma onda.

305	Professor – como é que vocês chamariam isso?	
306	Isabele (grupo H) – legal professor...	
307	Aluna do grupo J – _____ué um é devagar o outro é mais rápido...	Fala com seu grupo.
308	Professor – qual é a diferença? do primeiro pro segundo?	
309	Jonas – essa é a onda...	Fala baixo.
310	Rosilene? (grupo L) - porque foi uma vez só né? o primeiro essa aí foi várias vezes...	
311	Lúcio F. – o primeiro foi um pulso... o segundo foram vários pulsos...	
312	Professor – então olha só... eu poderia chamar o segundo...	
313	Professor – de acordo com o que vocês tão falando aí... eu poderia chamar o segundo de... vários pulsos... tá?	
314	Professor – um aluno pode fazer um pulso pra derrubar... o outro aluno pode fazer vários pulsos...	
315	Professor – é... na física a gente chama esse vários pulsos de onda... tá? deu pra entender?	
316	Alguma aluna – e quando são três?	
317	Professor – então olha só... quando eu tenho vários pulsos_____ a gente chama de onda...	
318	Angela (grupo J) - _____ é uma onda	
319	Professor – quando é um pulso só é um pulso só... então olha só várias\	
320	Lúcio S. – mas é onda ou ondas?	
321	Professor – onda... ondas se fossem todas elas ondulando seriam ondas...	
322	Aluna do grupo H – ao mesmo tempo?	
323	Isabele (grupo H) – só são ondas no plural se for tipo acontecer ao mesmo tempo?	
324	Professor - _____tem várias... várias molas	
325	Isabele (grupo H) - ao mesmo tempo?	
326	Professor – é... ao mesmo tempo... é...	
327	Professor – então olha só... alguns conceitos aí que eu espero que a gente aprenda hoje... que que é pulso... que que é onda...	
328	Professor – agora gente eu vou aumentar o grau de dificuldade pra gente saber se ainda é possível...	
329	Professor – será que a gente consegue derrubar... é fazendo um pulso só... cada aluno só pode fazer um pulso... não pode fazer uma onda...	Para contornar a questão da onda estacionária.
330	Professor – cada aluno faz um pulso... com a mão aqui na extremidade... sem levantar a corda... sem passar da... das linhas laterais...	
331	Professor – eu quero saber se vocês conseguem... se é possível... pode tentar se quiser...	
332		Alunos do grupo falam muito baixo
333	Professor – um pulso só... cada aluno só pode fazer um pulso...	
334	Lúcio S. – então só pode segurar aqui na extremidade...	Falando com o professor.
335	Hilton (grupo L) – Professor...	
336	Professor – (inaudível) extremidade da mola...	
337	Hilton (grupo L) – (inaudível) garrafa	
338	Professor – _____sem esticar a mola...	Turma começa a trocar ideias.
339	Hilton (grupo L) – _____tá muito distante...	
340	Lúcio F. – não...vai vai... vai logo vai logo	Falando com muita ênfase para integrante de outro grupo para testar na mola.
341	Lúcio S. – (inaudível)	
342	Vera (grupo L) – pulso é o que?	
343	Miriam - pulso é... é uma onda só...	

344		Vários alunos da turma falando sobre a atividade ao mesmo tempo.
345	Professor – e aí dá?	
346	Professor – pode tentar e me responder... dá ou não dá?	
347	Professor – um pulso só...	
348	Lilian Vitória (grupo I) – não...	
349	Professor – sem passar dá...	
350	Professor – sem esticar a mola... sem esticar ...	Valéria do grupo I tenta sozinha e não consegue, restante da turma observa.
351	Júlio - estica ela...	Observa Valéria do grupo I.
352	Cássia – não...	Observa Valéria do grupo I.
353	Jonas – não pode esticar...	Observa Valéria do grupo I.
354		
355	Miriam - acho que vai ter que ir com muita força...	Observa Valéria do grupo I.
356	Cássia – não vai...	Falando muito baixo.
357	Professor – não dá...	Falando com Valériado grupo I que parou de tentar.
358	Valéria(grupo I) – só se botar a garrafa bem perto...	Falando com o professor.
359	Lilian Vitória (grupo I) – não porque a garrafa tá muito longe...	
360	Professor – Lilian...	Se referindo a Lilian Gentil do grupo J.
361	Lilian Gentil (grupo J) - oi	
362	Professor – dá?	
363	Lilian Gentil (grupo J) – dá...	
364	Professor – dá... como?	
365	Hebe (grupo I) – se a garrafa tivesse perto...	
366	Lilian Gentil (grupo J) – cara... dá...	
367	Professor – garrafa longe?	
368	Lilian Vitória (grupo I) – se a garrafa tivesse perto claro que da mas essa distância não...	
369	Professor – não dá...	
370	Professor – então não dá né?	Alunos comentam sobre o problema.
371	Lilian Gentil (grupo J) – ah essa que é a pegadinha que você falou que ia ter?	
372	Denis – não... não dá...	Falando com o grupo.
373	Professor – mais força? pode fazer ...	
374	Lilian Gentil (grupo J) – mas professor... a mola não pode esticar não?	
375	Professor – sem esticar a mola...	
376	Lilian Gentil (grupo J) – aí cê tá querendo de mais...	Drica do grupo H tenta sozinha em uma mola.
377	Júlio – Aí não dá né?	Falando muito baixo. Rosangela do grupo L tenta sozinha em uma mola.
378	Professor – então não dá?	
379	Lilian Gentil (grupo J) – então não dá	Exclamando.
380	Lilian Gentil (grupo J) – não não dá	
381	Maria Paula (grupo K) – se for d\ duas pessoas dá sim	28'13'' do áudio K

382	Miriam - ô Lúcio a mola tem que tá na linha do meio	Lúcio S. – tentando?
383	Lúcio S. – oi?	
384	Miriam - você tem que balançar com a mola na linha do meio...	Quatro molas sendo usadas nas tentativas.
385	Lúcio S. – é porque conforme balançando ela sai... a garota mexeu a cadeira lá também...	
386	Miriam - é um aluno só ou pode mais?	Grupo I tentando com duas alunas.
387	Lúcio F. – é um aluno só?	
388	Professor – não... não falei nada disso...	
389	Miriam - ah tá...	
390	Professor – falei que é um pulso só... por aluno...	
391	Lúcio S. – não pode esticar...	
392	Denis – um pulso por aluno viu? se forem dois dá pra fazer dois pulsos...	
393	Denis – ouviu? é um pulso por aluno... se forem dois alunos pode fazer dois pulsos	
394	Lúcio F. – PROFESSOR	
395	Professor – OI	Responde mas se dirige ao lado oposto da sala.
396	Professor – Olha só... no início... no início a mola tem que estar aqui em cima da linha do meio tá?	Falando com toda a turma. Indica a linha do meio ajeita molas e garrafas.
397	Professor – vai lá...	Falando para Vera do grupo L tentar.
398	Júlio – que onda foi aquela? (inaudível)	
399	Professor – tua mão não passou não?	Falando para Vera do grupo L.
400	Lúcio S. – tua mão passou...	Se referindo a Vera?
401	Professor – tua mão não pa\ não passou não?	Falando para Vera do grupo L.
402	Professor – pera aí pera aí pera aí... bota no meio né?	Professor coloca a mola na fita do meio.
403		Vera tenta e não consegue.
404	Professor – bota no meio...	Professor coloca a mola na fita do meio.
405		Vera tenta e não consegue.
406	Lúcio S. – aí (inaudível)	Um dos dois Lúcio tentando, ou os dois.
407	Professor – ó... depois que jogar ela pra botar no meio.. faz assim ó... que ela vem pro meio...	Mostra como fazer para ajeitar mola
408	Lúcio F. – (inaudível) não?	Falando com Lúcio S. ?
409	Lúcio S. – ela não vem...	Falando com Lúcio F. ?
410	Professor – ajeita ela... bota no meio...	
411	Mônica (grupo I) – tem que ser um pulso ao mesmo tempo...	Olhando para as tentativas de Vera do grupo L e mais uma aluna que tentam na mesma mola.
412	Cauan (grupo L) – manda ela fazer pro outro lado...	Fala com Hilton do grupo L para que Vera faça o pulso no sentido oposto ao da outra aluna.
413	Cauan (grupo L) – porque aí se onda for pra lá vem pra cá mais forte...	Faz gestos com mão indo e voltando. Dá a entender que a mola poderia sofrer um efeito semelhante a de uma gangorra.
414		Rosângela, Rosilene, Gerusa, Hilton e Miriam prestam atenção no que Cauan fala
415	Professor – e aí gente... dá ou não dá?	Falando com alunos do grupo K que estavam sentados.

416	Miriam - é verdade... ele tá falando aqui um raciocínio certo...	Falando com os Lúcio que estão testando em outra mola e apontando pro Cauan do grupo L.
417		Cauan que estava observando e sugerindo levanta e vai em direção a uma mola assim que Miriam fala que ele tem um raciocínio certo.
418	Miriam - se você jogar a mola pra cá (direita do vídeo) a força vai pra lá (esquerda do vídeo , sentido da garrafa) quer ver?	Miriam levanta e vai em direção a mola que os Lúcios estão.
419	Miriam - assim ó...	
420	Professor – quebraram minha mola...	Falando com aluna Angela do grupo J.
421		Angela ri.
422	Professor – QUEBRARAM a minha mola...	Professor ri.
423	Rosangela (grupo L) – Vai Cauan... TENTA	
424	Lúcio S. – tem que começar no meio... tem que voltar pro meio...	
425	Professor – alguém não assinou?	Mostrando lista de presença.
426	Professor – quebraram a minha mola...	
427	Lúcio S. – não pode esticar...	
428	Lúcio S. – Miriam vamos fazer... Miriam Miriam...	
429	Hebe (grupo I) – ÊÊ	Fazendo vários pulsos.
430	Professor – conseguiu?	
431	Professor – conseguiu?	
432		Lúcio S. falando algo inaudível durante vários segundos e demonstrando algo na mola.
433	Denis – talvez precise de mais força...	Alunos do grupo M seguem tentando.
434	48'14''	Vários alunos tentando.
435	Miriam - (inaudível)	
436	Lúcio S. – não pode esticar Miriam	Professor observa outros dois grupos.
437	Miriam - (inaudível)	
438	Lúcio S. – (inaudível)	
439	Professor – em cima da linha... um pulso só...	Professor observa outros dois grupos.
440	Algum integrante do grupo M – um pulso só...	
441	Denis – Lúcio vai um de cada ponta e leva...	
442	Miriam - eu também (inaudível)	
443	Miriam - um joga pro lado de lá... e o outro joga pro lado de cá que eu acho que ela vai	
444	Denis – o problema é força... se um\ uma pessoa só não dá pra fazer...	48'49''
445	Miriam - o Lúcio... vai pra lá...	
446	Professor – olha só Hebe... é um pulso só...	Hebe do grupo I fazendo vários pulsos.
447	Lúcio S. – tem que começar no meio...	Provavelmente falando com Cauan que provavelmente estava na mesma mola que eles testavam.
448	Lúcio S. – (inaudível) tá puxando a mola pra cá...	
449	Cauan (grupo L) – esse bagulho é difícil...	Cauan vai sentar e observar outros alunos tentando.
450		Hebe e Valéria do grupo I derrubam garrafa, possivelmente atendendo as restrições. Interf.

		Const.
451		Integrantes do grupo I comemoram, professor mexe na outra câmara.
452	Lilian Vitória (grupo I) – AÍ... AÍ	
453	Mônica (grupo I) – ele não viu...	
454	Professor – GENTE OLHA SÓ... alguém conseguiu?	
455	Grupo I – SIM	
456	Professor – CONSEGUIRAM? cadê?	
457	Elis (grupo I) – ah...	
458	Lilian Vitória (grupo I) – ah ... quando a gente faz o senhor não olha...	
459	Elis (grupo I) – tá de sacanagem...	
460	Professor – Cadê... vamo ver...	Se aproxima da mola que as integrantes do grupo I tentam.
461	Lilian Vitória (grupo I) – ele nunca tá olhando...	
462	Professor – não é porque el\ vocês fizeram vários eu ví...	Dizendo que tinha visto mas que não tinham atendidos as exigências.
463	Lilian Vitória (grupo I) – não... depois...	
464	Professor – um só?	Lúcio S. – observa alunas do grupo I se posicionando para tentar novamente.
465	Lilian Vitória (grupo I) – tem que ter paciência...	
466	Lilian Vitória (grupo I) – calma aí... vai	
467		Hebe e Valéria fazem duas tentativas em um curto espaço de tempo.
468		Derrubam a garrafa.
469	Professor – calma aí	Professor ri e hesita em acreditar que fizeram atendendo as restrições.
470		Alunas do grupo riem.
471		Professor levanta a garrafa.
472	Cauan (grupo L) – é... tá brabo tá brabo	
473	Lúcio S. – você tem que fazer ele parado (inaudível) no meio (inaudível)	
474	Professor – vocês tão me enrolando	
475	Jane (grupo I) – professor... o pro\	
476	Professor – _____ olha só é um de cada vez... uma de cada vez não.....	
477	Jane (grupo I) - professor ...	
478	Professor - um pulso só...	
479	Jane (grupo I) – professor...	
480	Hebe (grupo I) – a garrafa tem que tá (inaudível)	
481	Professor – não ali tá bom...	
482	Alguma aluna do grupo I – não tá muito longe...	
483	Lilian Vitória (grupo I) – não...	Professor aproxima a garrafa?
484	Olavo (grupo K) – um dois três...	Faz interferência const. com Brenda (grupo K), aparentemente consegue.
485		Garrafa cai, Olavo (grupo K) bate palma. Alguém comemora.
486		Hebe e Valéria tentam novamente.
487	Professor – olha só... vocês viram que vocês passaram pra cá e fizeram?	Aparentemente Hebe não

		começa da linha do meio, leva a mão um pouco para o outro lado depois faz o pulso. Apesar disso fizeram Inter. Const.
488	Alguma aluna (grupo I) - ahn...	Elis rí.
489	Valéria (grupo I) – não pode?	
490	Professor – não pode NADA...	
491	Lilian Vitória (grupo I) – si tá só a mão...	
492	Lilian Vitória (grupo I) – olha só professor... só a mão que não pode passar da linha...	
493	Professor – GENTE OLHA SÓ... quem acha que não dá?	
494	Angela (grupo J) - acabou de conseguir ali...	Vera aponta para Olavo e Brenda que estavam em uma mola. Cinco alunos levantam a mão, Hilton, beatriz, Mônica e Jéssica e mais um.
495	Professor – quem acha que dá?	Quatro alunos levantam a mão, Drica, Evelin, Lilian Vitória e mais um
496		
497	Júlio – quem conseguiu aí?	
498	Ludmila Alves (grupo K) – Quem acha que é milagre?	
499	Olavo (grupo K) – um dois três...	Faz novamente interf. Constr. com Brenda (grupo K).
500	Lúcio S. – professor um pulso só... perai perai perai... um pulso só...	Derruba garrafa com o pulso.
501		Alunos riem.
502	Hilton (grupo L) – Consegui Olavo?	
503		Olavo (grupo K) levanta a garrafa novamente.
504		Professor anda pela sala.
505	Olavo (grupo K) – (inaudível)	
506	Olavo – um dois três...	Fazem novamente interferência construtiva.
507	Cássia - derrubou?	Surpresa.
508	Algum aluno – CARACA...	
509	Miriam - que que vocês fizeram?	
510	Miriam - o que que eles fizeram?	
511	Algum aluno – já derrubaram mais de quatro vezes...	
512	Lúcio S. – (inaudível)	Muitos alunos falando ao mesmo tempo
513	Professor – PERAI GENTE... é um de cada vez... esse grupo tá falando ah vê aí vê aí... esse também...	Se referindo aos grupos I e K.
514		Professor levanta garrafa que Olavo e Brenda tentam.
515	Drica (grupo H) – ah eu consegui... eu conseguiiiii	Drica derruba garrafa com outra mola, sozinha.
516		Olavo e Brenda conseguem derrubar garrafa, aparentemente atendendo as restrições. Derrubam com Interf. Const. Professor observa mas aparentemente não fala nada.
517	Professor – GENTE...SSH... OLHA SÓ... olha só...	
518	Drica (grupo H) – _____ Professor... eu consegui... sozinha professor	
519	Isabele (grupo H) – literalmente sozinha...	Professor se dirige a mola que Drica está e levanta a garrafa.

520	Camila (grupo K) – a lôra? Isabele... ô Isabele... a lôra?	
521	Professor – cadê	
522	Drica (grupo H) – ah professor...	
523	Natalia (grupo H) cadê? Quer replay?	
524	Isabele (grupo H) – tá na filmagem...	
525	Alguma (grupo H) - ela ficou tentando maior tempão quando ela consegue ele não vê...	
526	Professor – GENTE OLHA SÓ... só um minutinho pra eu poder falar agora...	
527	Professor – tá todo mundo falando ao mesmo tempo...	
528	Professor – ééé... uma pessoa só fazendo... sem sem ultrapassar as linhas... é muito difícil... eu diria que praticamente impossível...	
529	Isabele (grupo H) – aí Drica... mando essa pra tú	
530	Professor – a Drica falou que conseguiu...	
531	Isabele (grupo H) - eu gosto da Drica... ela consegue o impossível...	
532	Professor – você quer mostrar? Vamo lá... um minuto...	
533	Isabele (grupo H) - não ela não quer não....	
534	Drica(grupo H) – não...	Ri.
535	Isabele (grupo H) - tem coisa que é só uma vez na vida...	
536	Professor – tá... tudo bem	Alunas do grupo H riem.
537	Lúcio S. – é uma vez no ano...	
538	Isabele (grupo H) - literalmente impossível... você não tá entendendo...	Rindo.
539	Professor –então olha só... de qualquer maneira é muito muito difícil... dá? dá pra fazer...	Dá pra fazer?? Só se não respeitar as restrições.
540	Professor – uma pessoa só... fazendo um pulso só de um lado... conseguir derrubar...	
541	Professor – com duas pessoas alguns grupos conseguiram...	
542	Professor – esses dois por exemplo conseguiram... ou não?	Se referindo a Olavo e Brenda, que ainda se encontravam nas extremidades da mola.
543	Olavo - ahan	Olavo e Brenda balançam a cabeça afirmativamente.
544	Professor – cada um fez um pulso?	
545		Olavo balança a cabeça afirmativamente.
546	Professor – sem ultrapassar a faixa branca?	
547		Olavo balança a cabeça afirmativamente.
548	Professor – e deu?	
549	Professor – como que vocês fizeram pra conseguir isso?	
550	Ludmila Alves (grupo K) - vish...	
551	Professor – se uma pessoa só não dá?	
552		Vários alunos falam ao mesmo tempo.
553	Vera(grupo L) – ele fez de um lado e ela fez do outro...	
554	Olavo – agente fez (inaudível)	Mexe a mão para esquerda do vídeo.
555	Lúcio S. – por causa da energia professor... os dois\	
556	Vera (Grupo L) – ah pra ficar maior professor...	
557	Professor – um fez de uma lado outro fez do outro?	
558	Júlio – qual a pergunta?	Muitos alunos falando ao mesmo tempo.
559	Lúcio F. – por que duas cabe\ por que duas cabeças pensam melhor do que uma...	

560	Olavo – a gente mandou a força ao mesmo tempo...	
561	Professor – PERAÍ rapidinho... deixa eu escutar a deles que foram eles que fizeram... fala aí...	
562	Olavo – a gente mandou a força ao mesmo tempo na mesma direção...	
563	Alguma aluna – fica mais forte...	
564	Professor – ao mesmo tempo?	
565	Professor – aí você fez um pulso?	Pergunta pra Brenda que hesita.
566	Professor – não?	
567	Brenda – que?	Sorri.
568	Professor – fez um pulso ou não fez?	
569	Brenda – (inaudível) pro mesmo lado...	Rindo.
570	Professor – fez um pulso ou não fez?	Pressionando.
571	Vários alunos – FÊZ	
572	Professor – olha só eu quero saber se ela fez não quero saber se vocês (inaudível)	Rindo.
573	Lúcio F. – (inaudível)	
574	Professor – (inaudível)	
575	Professor – beleza... olha só... e aí porque que os dois pulsos conseguiram derrubar?	
576	Olavo – porque a energia se juntou e fez um pulso mais forte...	Faz gesto com a mão pro lado esquerdo.
577	Lúcio F. – é...	
578	Lilian Vitória – porque... porque veio um pulso de um lado e outro de outro e se juntou...	
579	Alguma aluna – foi o que eu falei os pulsos se se juntaram...	Vários alunos falando ao mesmo tempo.
580	Professor – _____ então olha só... olha só....	
581	Professor – você falou eu escutei... só eu que eu tô deixando as pessoas falarem...	
582	Professor – os dois pulsos se juntaram... no meio...	
583	Professor – vocês fizeram ao mesmo tempo?	
584	Brenda – uhum...	Afirmativamente.
585	Olavo – ahan...	Afirmativamente.
586	Professor – por que?	
587	Olavo – (inaudível) maior.	Vários alunos falando ao mesmo tempo.
588	Alguma aluna do grupo K – se fosse um pra um lado e outro pro outro em sentidos diferentes... não ia... não ia	Falando para o grupo.
589	Camila Alves (grupo K) – eu falei que o Manoel\ opa...	Falando para o grupo.
590	Lilian Vitória – porque a força e maior...	
591	Hebe – por que contaram um dois três e fizeram...	
592	Lúcio S. – porque ele falou um dois três e já...	
593	Professor – SSHH... só um minutinho só um minutinho só um minutinho...	
594	Camila Alves (grupo K) – eu falei que o Manoel toda hora com essas perguntas de porque estressava... e eu tô falando pra ele escutar mesmo...	Falando para o grupo.
595	Lúcio S. – é entrosamento...	
596	Professor – SSHHH...só um minuto...	
597	Miriam - porque eles falaram um dois três e já	Rindo
598	Professor – perai perai perai rapidinho... se vocês não fizessem ao mesmo tempo ia derrubar?	Muitos alunos dizem não.
599	Lúcio S. – _____ objetiva a resposta	
600	Camila Alves (grupo K) – fico (palavrão) com esse cara... eu chego numa conclusão aí ele... por que? por que?	Falando para o grupo. Batê na mesa duas vezes.

601	Professor – aí que quero saber porque que não ia derrubar?	
602	Alguma aluna do grupo K – iam em sentidos diferentes...	
603	Vivia – as forças (inaudível)	
604	Hilton – quê?	
605	Alguma aluna do grupo H – porque são mais fracas...	
606	Alguma aluna do grupo I – porque os pulsos não ia se juntar...	
607	Professor – olha só... os pulsos não iam se encontrar se vocês fizessem ao mesmo tempo?	Olavo e Brenda não esboçam resposta.
608	Algum aluno – é...	
609	Alguma aluna do grupo K - isso ...	Falando baixo.
610	Professor – então faz aí sem ser ao mesmo tempo pra gente ver se os pulsos vão se encontrar...	Se dirigindo a Olavo e Brenda que ainda se encontram na extremidade de uma mola.
611	Alguma aluna do grupo H – se encontrar iam...	
612	Lilian Vitória – claro que ia....	Falando baixo.
613	Olavo – vai...	Fazem pulso.
614	Alguma aluna – não...	Falando baixo.
615		Professo se dirige até a mola e ocupa o lugar de Brenda.
616	Lúcio S. – o pulso dela passou (inaudível)	
617	Professor – eu vou fazer um pulso você faz também... você vai fazer pra onde?	Olavo aponta pra esquerda do vídeo.
618	Professor – pra cá?	Professor faz pulso com perturbação no sentido indicado por Olavo.
619		Olavo observa o pulso do Professor e não faz nada.
620	Professor – é que você esperou muito né? não fez...	Turma rí.
621		Professor e Olavo fazem pulsos que se encontram aproximadamente no meio.
622	Professor – não agente fez mais ou menos juntos né?	
623	Professor – eu vou fazer depois cê faz... então faz você...	
624		Olavo faz pulso com pequena amplitude. Professor não faz.
625	Professor – faz de novo... com força...	
626		Olavo faz outro pulso com pequena amplitude.
627	Professor – FORÇA cara...	
628	Professor – bota em cima da reta aí	
629	Lúcio S. – o almoço já ta chegando...	
630		Olavo faz pulso, professor faz logo após.
631	Professor – vai de novo que eu rateei	
632		Olavo faz pulso, professor faz logo após.
633	Professor – eles se encontraram ou não?	Professor levanta.
634	Lúcio S. – só que quando eles fazem ao mesmo tempo se encontra bem no meio...	Vários alunos dizem sim.
635	Algum aluno do grupo K – não...	Fala baixo.
636	Alguma aluna do grupo K – em pontos diferentes...	
637	Professor – olha só... então... quando a gente faz ao mesmo tempo eles se encontram bem no meio...	
638	Professor – por isso que vocês\ por isso que quando vocês fazem juntos dá certo... porque a garrafa tá no meio...	

639	Professor – se eu coloco a garrafa aqui... como é que vocês iam fazer?	Coloca a garrafa mais perto de uma extremidade.
640	Lúcio F.- _____ aí complico...	Falando alto.
641	Professor – como é que vocês iam fazer pra derrubar?	
642	Alguma aluna do grupo K – milagre	Olavo aponta para Brenda
643	Camila Vitória – ia fazer sozinho...	
644	Lúcio S. – ela teria que fazer o pulso dali quando tivesse chegando perto aqui ele fazia	
645	Professor _____ ela teria que mandar o pulso primeiro _____	
646	Alguma aluna do grupo K – _____ _____ é aí ele fazia... verdade...	
647	Professor – beleza olha só... outra coisa que eu quero que vocês saibam...	
648	Professor – isso que vocês viram aqui dois pulsos se encontrarem e se se... ajudarem... se somarem... isso tem um nome na física...	
649	Professor – chama interferência construtiva...	
650	Lúcio F. – (inaudível)	
651	Professor - quando você tem dois pulsos que se juntam e dão uma coisa maior	
652	Professor – isso chama interferência construtiva tá?	
653	Alguns alunos – (inaudível)	
654	Professor – eu quero que vocês... éé... aprendam isso... lembrem disso...	
655	Professor – uma outra coisa que eu queria falar pra vocês\	
656	Jane – _____ vai ser difícil...	Fala baixo, aparentemente professor escuta.
657	Professor – ahn?	
658	Jane – vai ser difícil...	
659	Rosângela – professor não vai escrever isso não? pra (inaudível) anotar	
660	Professor – vou escrever mas hoje não vai dar tempo porque ó...	
661	Lúcio S. – (inaudível)	
662	Professor – éé... então o que que é a interferência construtiva?	
663	Lúcio F. – são dois pulsos se encontrando...	Alguns alunos falam ao mesmo tempos.
664	Cássia - _____ se encontram...	
665	Adriana – _____ se encontram e somam	
666	Professor – o que que aumenta?	
667	Alguma aluna – a força...	
668	Lúcio S. – a força... a energia...	
669	Professor – aumenta o movimento que ele faz consequentemente aumenta a energia...	
670	Professor - esse movimentinho que ele faz... essa barriguiinha que ele faz assim...	
671	Professor – isso dependendo da força que fizer no braço é maior ou menor certo?	
672	Professor – então... esse... esse... essa ondulação esse pulso que a gente vê... o tamanho dele chama amplitude... tá?	
673	Professor – então coisas que a gente... é... pode tirar da aula de hoje...	
674	Professor – o que?	
675	Lúcio F. – amplitude...	
676	Professor – amplitude que é o que?	
677	Lúcio F. – éé...	
678	Lúcio S. – o movimento... a onda...	
679	Lúcio F. – o tamanho da onda...	

680	Júlio – tamanho...	
681	Professor – tamanho...	
682	Lúcio F. – altura...	
683	Professor - tamanho do pulso...	
684	Lúcio F. – é...	
685	Professor – tipo a altura do pulso...	
686	Professor – depois eu vou escrever mais eu quero que vocês me... digam primeiro...	
687	Lúcio S. – (inaudível) viu também que _____ a ond\ no caso o pulso\	
688	Miriam - _____ ondas e pulsos né?	
689	Professor - _____ i sso vários pulsos juntos é uma onda...	
690	Jane- _____ _____ e que o pulso...	
691	alguma aluna do grupo K - a diferença entre pulso e onda	Fala baixo.
692	Professor – e o que que é um pulso?	
693	Rosangela – um só...	
694	Thayla – pulso é um só...	
695	Camila – um só movimento...	
696	Jane – e que um pulso não precisa de matéria...	
697	Jéssica – um movimento só...	
698	Lúcio S. – é um movimento que a matéria\ que a matéria que você usou não chega\	
699	Yan – conjunto de várias ondas...	
700	Professor - _____ _____ BELEZA OLHA SÓ... um pulso é um movimento... vamo melhorar essa essa frase...	
701	Rosangela – um pulso é um movimento porque a matéria não corre até o negócio pra derrubar... só o arinho... a energia	
702	Professor – então um pulso é um movimento que não transporta matéria...	
703	Rosangela – isso...	
704	Professor – é isso que você tá querendo dizer _____ tá...	
705	Rosangela - _____ isso _____ é... isso aí...	
706	Alguma aluna – (inaudível) energia e movimento...	
707	Professor – é um movimento... então a gente poderia melhorar um pouco...	
708	Professor – é um movimento que viaja... por uma corda... por uma mola...	
709	Aluna do grupo I – determinado objeto...	
710	Professor – lá no livro tá escrito assim...	
711	Professor – perturbação que viaja em um meio material... essa frase quando\	
712	Lúcio F. – que livro?	
713	Professor – essa frase quando você vê de cara sem sa\ sem vê um pulso ela é é complicada	
714	Professor – mas é exatamente o que a gente tá fazendo aqui...	
715	Professor – perturbação... é esse movimento... que viaja...	Balança o braço.
716	Professor – meio material... que que é o meio material?	Pega a mola.
717	Professor – a mola... ou pode ser uma corda... ou pode ser o ar... tá?	
718	Professor – ficou claro isso gente?	
719	Professor – então vocês entenderam o que é interferência construtiva?	

720	Algum aluno – ahan...	
721	Hebe – sim...	
722	Professor – posso pedir na prova?	
723	Lúcio F. – não...	
724	Aluno do grupo L – pode...	
725	Aluna do grupo K – pode é fácil...	Falando para seu grupo.
726	Hebe – depois que passar no quadro pode...	
727	Professor – depois que passar no quadro?	
728	Professor – tá... então agora vocês vão.... é... tentar fazer um esquema um desenho... do que vocês... quem fez né?	
729	Professor – do que vocês fizeram pra derrubar... a garrafa... e...	
730	Professor – um outro desenho um outro esquema... que mostre o que é a interferência construtiva... tá?	

Apêndice 3 – Transcrições detalhadas da aula sobre Interferência Destrutiva

Professor faz revisão de conceitos vistos na aula anterior: amplitude, interferência Construtiva

Turno		
75	13:51 - Professor – é possível fazer um pulso em cada extremidade da mola... com amplitude máxima sem derrubar nenhuma garrafa?	
76	Miriam – já foi né porque ele morreu...	Falando de outro assunto.
77	Professor – na aula passada a gente queria derrubar a garrafa... nessa a gente não quer derrubar a garrafa... nenhuma das duas...	
78	Alguma aluna – ali só tem uma...	
79	Professor – ali só tem uma vou ter que arrumar outra... então ó...	
80	Lúcio Freitas – vai lá tu é a garrafa	
81	Lúcio Santos – eu sei _____ ele falou...(incompreensível) tem que fazer o que?	
82	Professor – _____ mola no meio...	Ajeitando as molas.
83	Miriam – _____ É só você chacoalhar pra cima e pra baixo	
84	Júlio– é só uma só hein... é so um pulso cada um	
85	Professor – _____ mola no meio	Ajeitando as molas.
86	L. Santos – é só um dá/ dá com força daqui... só que o pulso vai passar... quando ele chegar no outro... o outro dá aí eles vão se encontrar bem pertinho	
87	Professor – _____ o que que é amplitude máxima? O que que é amplitude máxima? É isso aqui ô...	Indica fita lateral.
88	L. Freitas – (inaudível) fazer assim ó ...	
89	Júlio– (inaudível)	
90	Professor – é a amplitude delimitada por essas fitas brancas	
91	Miriam – é _____ amplitude é isso...	
92	Professor – então é possível fazer _____ um pulso desse tamanho	
93	L. Freitas - _____ É	Responde ao professor.
94	L. Santos – _____ tem que estar deitado.	
95	L. Freitas – ah... assim?	
96	L. Santos – é do lado... tá vendo?	
97	L. Freitas – de lado? ou de cima/ de cima pra baixo?	
98	Professor – não sei... vamos ver...	
99	Professor – é possível fazer	
100	Júlio– _____ dá no mesmo	
101	Miriam – aqui ó... amplitude é de cima pra baixo	
102	Júlio– mas dá ... se ficar deitado... fazer a onda deitado ela (incompreensível) também	Conversando com Miriam
103	L. Santos - _____ depende	
104	L. Freitas – _____ ÔÔÔ professor...	
105	Professor – oi... quem me chamou?	Conversando com Jorge.
106	Miriam – é...	
107	Miriam – é mais se você tiver deitado... você fazer assim a amplitud\	
108	L. Freitas – _____ eu aqui...	
109	Professor – fala	
110	L. Freitas - é pra fazer assim ou assim?	
111	Júlio– tanto faz	

112	L. Freitas – por que se for pra fazer assim é difícil\ não é\ é quase impossível\ não vai conseguir derrubar	
113	L. Freitas – mas se fizer assim vai derrubar com certeza	
114	Professor – você acha que fazer assim dá?	Imita a realização de pulsos transversais, pulsos esses com oscilação paralela as paredes da sala.
115	L. Freitas – assim dá pô... Assim não	Diz que pulsos paralelos a superfície do chão irão derrubar os objetos com certeza.
116	Miriam – aí aquela câmara pra cá Jesus Cristo	
117	Professor – então olha só... aquele garoto ali deu uma sugestão	
118	L. Freitas – não... aquele garoto não pô... qual foi...	
119	Professor – qual o teu nome?	
120	L. Freitas - Lúcio	
121	Professor - Lúcio	
122	Miriam – aquele garoto	
123	Professor – olha só... o Lúcio deu uma sugestão... Qual o tamanho do pulso que tem que fazer?	
124	L. Freitas – como assim o tamanho do pulso?	
125	Professor – qual o tamanho do pulso que eu tenho que fazer?	
126	L. Freitas – ah ... sei lá	
127	Professor – gente... Shhhh	Pedindo silêncio.
128	Miriam – eu fiquei metade do ano pra botar um apelido em você e na segunda semana de aula você já tem um apelido?	
129	Professor – o tamanho do pulso é esse aqui ó... Isso aqui que é a amplitude máxima	Indicando tamanho delimitado entre linha do meio e linhas laterais.
130	Professor – tá... Aí você quer que eu faça um pulso desse tamanho como?	
131	Miriam - parabéns	
132	L. Santos - assim	
133	Professor – ele falou... faz um pulso desse tamanho assim	Professor faz um pulso transversal e com oscilação perpendicular ao chão.
134	Júlio– como é que vai derrubar?	Provavelmente ainda não tinha entendido pergunta.
135	Professor – mas tem que ser um em cada extremidade da mola... vai ter problema?	Continua fazendo os pulsos do turno 56 sem derrubar garrafa.
136	Júlio– (inaudível)	
137	Algum aluno – (inaudível)	
138	Júlio–vai... vai derrubar só de um lado... do outro ela não vai	Tudo indica que não entendeu o problema.
139	Professor – ele deu essa sugestão...	
140	Professor – olha só... Assim talvez funcione mas eu vou aumentar o grau de dificuldade agora	
141	Algum aluno – normal	
142	Professor – não pode levantar a mola mais	
143	L. Freitas – ah beleza... aê!	
144	Professor – tá	
145	Professor – é impossível	Repetindo a fala de um aluno que disse isso.
146	Professor – então olha só... achou que é impossível... Isso aqui vocês vão copiar tá?	

	Vão entregar junto com a folha da aula passada com o nome de todos os integrantes do grupo.	
147	L. Santos – cadê? é pra copiar naquela folha	
148	Miriam – é cadê? a folha tá comigo... Cadê a folha? Tá comigo	
149	Professor – só um minuto... olha só... Vai entregar	
150	Miriam- te garanto que ela não está amassada	
151	Professor – junto... achou que é impossível escreve porque acha que é impossível	
152	L. Santos – ó...aí... ó as brincadeiras	
153	Miriam – cadê? cadê? eu tenho compromisso meu filho... Cadê	
154	Professor – achou que é possível... Shhhh	
155	Professor –achou que é possível...	
156	L. Santos – tu acha que é impossível Lúcio?	
157	Professor – escreve... faz um desenho... um esquema	
158	L. Santos – acho que é possível\ não é\ não é possível?	
159	Professor – mostrando como vocês acham que é possível	
160	Miriam – sé é impossível como é que (inaudível)	Falando baixo.
161	Professor – pode ser um desenho só ou pode ser vários desenhos	
162	L. Santos – mas ele não (inaudível) na outra aula?	
163	L. Freitas – _____Se é impossível como é que eu vou fazer esquema?	
164	L. Santos – se liga	
165	Professor – (inaudível) atenção no que eu falei...	Se dirigindo somente a esse grupo.
166	L. Santos – (inaudível) o senhor falou...	
167	Júlio– (risos)	
168	Professor – foi o que eu falei... se achar que é impossível...	
169	Júlio– explica o por quê...	
170	Professor - é... explica porque que acha que é impossível... sem fazer desenho...	
171	L. Santos – ah tá...	
172	L. Freitas – VIU?	Se dirigindo a Miriam.
173	Miriam – viu...	Desdenhando.
174	L. Santos – é... você falou na outra aula... as vezes eu posso dar um pulso forte desse lado...	Se dirigindo ao professor.
175	Júlio– é melhor falar que é impossível	
176	L. Santos - esperar ele chegar do outro lado... passar das garrafas... e a pessoa do outro lado dá o pulso... aí ele vai se encontrar lá perto...	
177	Miriam – o Jonas que desenha	Jonas é o Aluno que se recusou a falar.
178	Lúcio S. - e não vá\ derrubar a garrafa	
179	Professor – então... ele\ olha só gente... tem um integrante aqui que tem uma sugestão... acha que dá...	
180	Professor – explica pra eles... se vocês entrarem em um consenso... faz um desenho que explique isso aí...	Se dirigindo ao restante do grupo.
181	Professor – um primeiro outro depois...	
182	Miriam – mas pode primeiro testar na mola? Fazer\	
183	Professor – não	
184	Professor – GENTE! sem testar.... silêncio por favor tá? Já volto...	Se dirigindo a turma.
185	Lúcio S. – assim ó (inaudível) ... deixa eu explicar... aula passada... se lembra que que? como é que? que o professor falou assim só pode derrubar com um pulso... que a...o o outro grupo conseguiu... que os dois fez um pulso ao mesmo tempo aí os pulsos se encontravam num lugar e ficavam mais forte aí derrubava a garrafa?	
186	Lúcio S. – aí... mas ele também ensinou que... por exemplo... eu dou um pulso desse lado aqui... aí o pulso vai tipo andando pela mola... quando ele chega pertinho... o outro	

	dá o pulso forte n\	
187	Cassia – mas aí já é\ já é a dois não pode...	Achou que só se poderia fazer um pulso nessa atividade.
188	Miriam – mas são dois pulsos...	
189	Lúcio S. – mas é dois pulsos... um de cada lado... não quer dizer que é ao mesmo tempo... se for ao mesmo tempo vai chegar forte vai derrubar a garrafa... mas se um dá de um lado... o pulso vai passar pelas garrafas... quando tiver perto do outro... o outro lá do outro lado dá... eles vão se encontrar bem perto...	Aparentemente não percebe que somente um pulso com amplitude máxima é capaz de derrubar uma garrafa
190	Júlio– mas vai ser... _____ tinha que fazer a força\	
191	Lúcio S. – ____ tá entendendo? _____ tá entendendo Jonas?	Se
192	Jonas – mas o primeiro pulso pode acertar a garrafa...	
193	Lúcio S. – é... eu... o... aí... a minha dúvida é essa se o primeiro pulso vai acertar a garrafa...	
194	Lúcio S. – então ... a minha dúvida era essa	
195	Miriam – deixa eu falar um negócio pra você (inaudível)	
196	Algum aluno do grupo – (inaudível)	
197	Lúcio S. – é ... eu daria um pulso daqui... aí o pulso vai passando...	
198	Lúcio S. - vai passando na garrafa...	Daqui até o turno 144 vários alunos do grupo debatendo ao mesmo tempo.
199	Miriam – _____ qual é a garrafa (inaudível) derrubar ?	
200	Júlio– _____ mas pra derrubar as duas tem que dar pulso...m\	
201	Algum aluno – (inaudível)	
202	Cassia – você tem que ter certeza pra falar... eu não vou poder falar um negócio desses sem ter certeza...	Com medo de errar a “questão”.
203	Lúcio S. – _____ É o que o Jonas falou... A questão é essa... A questão ... o primeiro pulso poderia derrubar... o segundo não... porque o segundo ia se encontrar lá perto da extremidade...	
204	Lúcio S. – a\ a questão é o primeiro pulso que poderia derrubar garrafa...	
205	Miriam – _____ eu concordo tudo que você falou	Aparentemente brincando.
206	Denis – então mais olha só...um não tem... um não tem que chegar no outro?	
207	Lúcio S. – é...	
208	Denis – mas como é esse aqui vai chegar lá se você... se o outro vai ter (inaudível)	
209	Miriam – _____ mas não pod\	
210	Miriam – não Denis... porque ele chacoalha desse lado... aí o pulso vai pra lá...	
211	Lúcio S. – _____ mas o... mas o... mas o...	
212	Miriam - quando o pulso tiver chegando pertinho ele chacoalha de novo que o choque vai ser lá...	
213	Lúcio S - _____ aí... aí vai... aí vai se encontrar	
214	Miriam - não vai ser onde a garrafa tá _____	
215	Lúcio S. - _____ É... entendeu?	
216	Miriam - igual ele explicou semana passada...	Denis fala várias coisas que não dá pra entender até o turno 144
217	Lúcio S. – a questão é o que o Jonas falou... é o primeiro pulso não derrubar a garrafa	
218	Miriam- é... o primeiro pulso tem que ser mais fraco	
219	Lúcio S. – mais ele falou...essa é a questão... o pulso tem que ser máximo... a tua mão ter que ir até essa fita...	
220	Lúcio S. – a tua mão tem que ir até a fita e voltar aqui no meio	

221	Júlio– finge que vai fazer forte e faz fraco...	Risos.
222	Miriam – finge que vai fazer forte e faz fraco	
223	Professor –GENTE olha só... pensem sobre o problema... discutam isso... não se esqueçam que eu tô avaliando	Se dirigindo a turma.
224	Lúcio S – copia isso	
225	Júlio– copiar o que?	
226	Lúcio S. - copia	
227	Júlio– é pra copiar?	
228	Denis – professor... a onda (inaudível)... uma onda daqui tem que chegar ali na outra extremidade?	
229	Professor – não... num... num... não falei que tem que chegar... só tem que fazer um pulso com aquela amplitude máxima	
230	Miriam – ach\ eu acho que assim gente... não sei... eu acho que eu não sei...	rindo
231	Lúcio S. – fica olhando um aqui na porta e nós vamos testar	
232	Lúcio F. – vai vai vai	
233	Miriam – não gente... para... ó... o... pessoal da turma é ca\... é	
234	(Algum aluno) - _____vão caguetar	
235	Lúcio F. – tem o gravador aqui tá ligado... ó a prova aqui...	
236	Lúcio S. – pode não...	risos
237	Lúcio S. – e tu ia	
238	Lúcio S. – ah não sei... discute aí... o que que vocês acham? Dá ou não dá?	
239	Miriam – eu já falei o que eu penso...	
240	20'07'' - Lúcio S. – é ... tú que é o físico Jonas	

Conversa paralela até 23'25'' do vídeo

408	23'25'' – e aí cara... qual vai ser a nossa opinião? Possível ou impossível?	
409	Lúcio S. – tu vai saber desenhar? Isso que eu falei?	
410	Lúcio S. – é...	
411	Lúcio S.– então? Vamos usar isso?	
412	Lúcio S. – não vocês que sabem cara... tu acha que é possível ou impossível	
413	Júlio– o que?	
414	Lúcio S. – é... possível? Possível?	
415	Júlio– uhm... tô em dúvida...	
416	Lúcio S. – tô em dúvida também cara...	
417	Cassia – vai ser difícil na prática	
418	Lúcio S. – por causa do primeiro pulso (inaudível)	
419	Miriam – eu acho que se ele passou deve ser possível né porque (inaudível)	
420	Lúcio F. – é impossível bota aí... impossível	Batendo na mesa
421	Lúcio S. – é possível	
422	Lúcio F. – é impossível	
423	Lúcio S. – se ele passou é porque é possível	
424	Lúcio F. – é impossível	
425	Lúcio S. – é possível	
426	Lúcio F. – impossível	
427	Lúcio S. – sabe porque? Quando o garoto falou lá é impossível... ele falou... impossível achei que ia tá certo... ele foi lá... você acha que é impossível... quem achar que é im\ que é possível...	
428	Lúcio F. – per aí... o papa acoberta a pedofilia dos padres?	
429	Miriam – o papa o que?	
430	Lúcio F. – o papa acoberta a pedofilia dos padres?	

431	Miriam – nem todos os padres são pedófilos... pedófi\	
432	Lúcio F. – o padre acoberta a pedofilia dos padres?	
433	Miriam – não... não que eu saiba...	
434	Júlio– acho que não né...	
435	Miriam – eu também acho que não...	
436	Lúcio f. – então é possível...	
437	Júlio– ahn...	
438	Denis – o que que o padre (inaudível)	
439	Lúcio – possível... desenha aí...é possível professor... um dia o o Jonas vai virar físico... e vai ir atrás de você pra mostrar... que é possível... ou então o Lúcio Freitas	Se dirigindo ao gravador
440	Conversa paralela até 26’39’’	
441	Professor – e aí gente? Dá ou não dá?	
442	Lúcio F. – professor olha só...	
443	Lúcio s. – ele é fluente em inglês	
444	Lúcio F – ele tá (inaudível) que dá... eu acho impossível...	
445	Professor – todo mundo acha impossível?	
446	Júlio– _____eu acho...(inaudível)	
447	Lúcio S. – e ele tá em duvida eu também tô em dúvida	
448	Miriam – eu também tô em dúvida	
449	Lúcio F. – eu acho que é impossível	
450	Denis – (inaudível)	
451	Lúcio S. - eu tô em dúvida professor...	
452	Miriam – porque eu tinha concordado com a opinião dele	
453	Lúcio S. – não... eu eu eu eu eu também... a minha opi\	
454	Miriam – só que aí surgiu outra opinião aí gente ficou confuso...	
455	Lúcio S. _____ a minha opinião... a minha opinião...	
456	Professor – ahn	
457	Lúcio S - eu acho que é possível...mas eu tô em dúvida no primeiro pulso... porque o primeiro pulso que é... que é máximo... pode já derrubar antes de ... do... (inaudível) chegar lá na outra extremidade... no outro companheiro....	
458	Professor – vocês acham que daria como?	
459	Lúcio S. – se a garrafa fosse um pouco mais separada...	
460	Professor – aí fazia o que?	
461	Júlio– ia piorar	Júlio e Miriam Riem
462	Professor – aí cada um fazia o que?	
463	Lúcio S. – se a garrafa fosse (inaudível)	
464	Lúcio S. – ai...ai fazia	
465	Professor – (inaudível) lado?	
466	Lúcio S. – fazia o pulso forte... quando o pulso tivesse chegando... na outra extremidade... o outro fazia o pulso forte... que... que eles iam se encontrar o choque não ia ser perto das garrafas...	
467	Professor – entendi... entendi...	
468	Lúcio S. – O choque seria...	
469	Júlio– então acho que é impo\ é possível	Mostram empolgação com a hipótese que vinham discutindo, talvez pelo fato do professor ter falado entendi duas
470	Professor – um faz primeiro _____ aí o outro faz seguido?	
471	Lúcio F. _____aí o outro faz seguido depois (inaudível)	
472	Professor -	
473	Miriam - _____é quando tiver chegando na outra extremidade...	

474	Miriam – por que aí o choque ia ser afastar da...	vezes, dando a entender que a hipótese era interessante.
475	Lúcio F. - _____ tipo assim... um fez... passou das garrafas o outro faz...	
476	Lúcio S. - _____ o choque _____ o choque vai se afastar da...	
477	Professor – entendi... mas ó... vamos lá... um fez grande...	Fingindo fazer o pulso na mola
478	Professor - esse pulso grande que ele fizer não vai derrubar aquela garrafa?	
479	Lúcio S. - _____ então... a nossa dúvida é essa	
480	Miriam- _____ ah... então... a gente tá com dúvida por isso	
481	Lúcio F. – tá vendo? por isso que é impossível rapá	empolgado
482	Júlio– (inaudível)	
483	Lúcio S. – a nossa dúvida é essa...	Professor se afasta um pouco do grupo
484	Lúcio S – é impossível ou possível?	
485	Lúcio F. – é IMPOSSÍVEL cara	
486	Professor - GENTE	Se dirigindo turma
487	Lúcio S. – é impossível então...	Depois dessa intervenção do professor passa achar impossível.
488	Professor – GENTE...	Se dirigindo turma
489	Júlio– então acertei...	Muda de opinião de novo
490	Miriam – agora o Jonas já desenhou... então vai ser possível...	
491	Lúcio F. – aqui professor... é impossível by Lúcio Freitas...	Entrega folhas que o professor tinha esquecido em sua mesa
492	Professor – _____ esse pessoal aí... o debate tá acalorado...olha só...	
493	Lúcio F. – escreveu que é impossível?	
494	Júlio– Ahn?	
495	Professor – é...	
496	Lúcio F. – escreveu que é impossível?	
497	Lúcio S. – ___não... já escreveu que é possível... já até desenhou...	
498	Miriam – _____ não... deixa ele falar gente...	
499	Professor – Shhh...	Pedindo silêncio a turma
500	Miriam – espera...	
501	Professor – a maioria acha que não dá... não tem como... é...	Se dirigindo a turma
502	Professor - lembrando aí da aula passada _____ essa atividade que a gente tá fazendo hoje...	
503	Lúcio S. - _____ é impossível então	Bate na mesa
504	Miriam - _____ espera _____ deixa ele...	
505	Lúcio S. - fez o Jonas copiar atoa? o Jonas desenhou atoa?	
506	Professor – tem haver com a\ com a interferência construtiva que é o que a gente viu na aula passada né? A gente tinha na aula passada um pulso assim...	Desenhando no quadro.
507	Professor – e outro aqui...e a gente tinha uma garrafa...	Pelo vídeo dá pra ver alunos conversando alguma coisa, não dá pra ouvir no áudio
508	Professor – mais longe do que o tamanho dess\ do que a amplitude desses pulsos	
509	Denis – (inaudível)	

510	Miriam _____ é possível?	
511	Professor – quando eles se encontravam acontecia o que?	
512	Algum aluno do grupo – (inaudível)	
513	Miriam – (inaudível)	
514	Professor – se somavam e derrubavam	
515	Lúcio S. – não pode levantar a mola... você pode puxar ela toda e soltar...	
516	Professor - _____ Então agora eu vou mudar um pouco o foco do que tá acontecendo	
517	Lúcio S. - ela vai pra frente (inaudível) um pulso	
518	Miriam – ele vai mudar o foco... presta atenção...	
519	Professor – É possível fazer... um pulso... grande... do tamanho disso aqui...	
520	Professor - e não derrubar nenhuma das duas garrafas... na verdade...	
521	Denis – _____ ahhh (inaudível)	
522	Professor – um pulso em cada extremidade... agora eu tô falando pra vocês... pedi pra vocês pensarem se dava ou não... maioria acha que não dá...	
523	Lúcio S. - é possível__ tá vendo?	
524	Professor – _____ DÁ	
525	Miriam – _____ VIU?	
526	Lúcio S. – é possível	
527	Professor – quero que vocês pensem como fazer... sem fazer pulso pra cima...	Miriam e Lúcio S. se comprimentam com batida de mãos
528	Alunos de outros grupos – (inaudível)	
529	Professor – dá pra fazer...	
530	Lúcio S. – eu acho que é o que o Denis falou...	Traz uma ideia de outro aluno, que não foi escutada na transcrição
531	Professor – _____ alguém aí deu uma... deu uma...	
532	Professor - uma... sugestão de como fazer...	
533	Lúcio S. – _____ é o que o Denis falou eu acho...	Defende a ideia do amigo.
534	Lúcio S. – o Denis falou assim Jonas... tu que entende...puxar a mola... puxar a mola toda...	
535	Professor – então vamos pensar aí como dá pra fazer... e aí depois a gente testa...	
536	Lúcio S. – depois soltar...vai ser um pulso reto... o que o Denis falou...	Sugerindo pulso longitudinal
537	Lúcio F. – PROFESSOR chega mais...	
538	Miriam – mas e se ele falar que não pode puxar a mola? igual semana passada...	
539	Lúcio S. – oi?	
540	Denis – mas ele não falou isso...	
541	Jonas – mas tem que ser nas duas extremidades	
542	Lúcio S. – ah é tem que ser nas duas extremidades... não dá certo não Denis...	
543	Denis – tem que atingir (inaudível)	
544	Lúcio S. – Cada... Cada extremidade tem que\ dá um pulso	
545	Denis – ah é?	
546	Lúcio S. – PSIU	
547	Miriam – alá... é possível fazer um pulso em cada extremidade	
548	Lúcio F. - puxa as duas ao mesmo tempo... puxa...puxa as duas ao mesmo tempo	falando de pulso longitudinal?
549	Lúcio S. – não aí o choque vai ser lá no meio da garrafa...	Aparentemente acreditam que a
550	Miriam - _____ no meio da garrafa	

551	Lúcio S. – a não ser se puxar um antes... e o outro puxar perto...igual eu falei...	interferência de pulso longitudinais
552	Miriam - _____ aí ela vai pular e vai... vai atingir a garrafa	fará a garrafa ser derrubada.
553	Lúcio S. – ela vai pular lá perto...	
554	Cassia – (inaudível) mais lento ___(inaudível)_____(inaudível)	gesticulando
555	Miriam – _____Sei lá gente... eu não sou gênio não...	
556	Miriam – tô cansada de pensar... já deu dor de cabeça já...	
557	Lúcio S. – mas tem que ser máxima...	Respondendo a Cassia.
558	Cassia – mas assim (inaudível) vai ser máxima	
559	Miriam - _____ LÚCIO	
560	29'58'' - Jonas – (inaudível)	
561	Júlio– fazer lá no canto...	
562	Jonas – (inaudível) – as vezes pode até ser	
563	Miriam – não esticar muito é verdade...pode esticar... só não pode muito...	
564	Lúcio S. – é... eu acho que é esse	
565	Miriam – ele falou não pod\... é igual... não pode mexer no celular... não pode... mas isso não quer dizer que você não vá mexer...	
566	Miriam – não pode...	
567	Conversa paralela até 31'50''	
568	Lúcio S. – olha só... também tem uma coisa... eu via garota ali fazendo... o pulso máximo...não precisa você fazer com força... você pode puxar até a linha e soltar... vai com... vai com força?	Aluno Júlio falando sobre outro assunto ao mesmo tempo.
569	Lúcio S. – ela fe\ tipo assim ó aqui...aqui tá a linha...aqui... ela só puxou aqui... soltou daqui mesmo...	desvantagem dessa atividade
570	Miriam - _____depende	
571	Lúcio S. – ela não jogou...	
572	Miriam – mas depende...	
573	Lúcio S. – ela só puxou e soltou...	
574	Miriam – da distância que você for soltar	
575	Lúcio S. – mas tem que soltar até a linha	
576	Miriam – então...	
577	Miriam – mais ai depende... e depende da velocidade certo?	
578	Lúcio S. - _____e a amplitude máxima..	
579	Miriam – porque você puxar... ele vai aderir velocidade? quando soltar ele pode acabar com... entrando em conflito com a velocidade e o bagulho cair...	quis dizer adquirir?
580	Lúcio S. – era só testando...	
581		
582	32'49'' - Miriam – vamos falar que é possível sim porque o Jonas já desenhou e o trabalho dele não vai ser atoa...	
583	conversa paralela até 34'43''	
584	Lúcio S. – professor...	
585	Lúcio S. – uma dúvida também... um pulso pode ser puxando a mola aqui do lado... soltar	
586	Professor – pode ser	
587	Lúcio S. – e o outro pulso pode ser (inaudível)	gesticulando e mostrando pulso longitudinal?
588	Professor - _____ ah é... a gente ainda não falou desse pulso...	
589	Professor – esse que você tá falando...	fazendo pulso longitudinal na mola
590	Professor – (inaudível)	fazendo pulso longitudinal na

		mola
591	Lúcio S. – é	
592	Júlio– (inaudível)	
593	Professor – só que hoje aqui a gente tá... mais\	
594	Lúcio F. - _____então esse não vale? então esse não vale...	
595	Lúcio S. - _____então esse não vale...	
596	Professor – hoje não	
597	Miriam - _não___ hoje não	
598	Lúcio S. – mas é possível?	
599	Miriam – ah então na próxima semana que ele for fazer a gente já sabe a resposta...	
600	Lúcio F. – _____se é possível... se é possível eu quero que você faça agora... vai... faz aí...desafio...	se dirigindo ao professor.
601	Lúcio S. – o que?	
602	Lúcio F. – desafio... fazer agora...	
603	Júlio– fazer agora...	rindo
604	Professor – mas olha só... esse pulso aqui_____eu vou fazer	risos
605	Lúcio F.- _____não... tá com medo... tá com medo... tá com medo	
606	Lúcio S. – _____Agora eu vou falar... Agora eu vou falar...	
607	Professor – ó... ó	
608	Lúcio S. – agora eu vou falar... esse professor vai fazer mestrado eu quero ver se ele consegue dizer que é possível...	
609	Professor – esse aqui.. isso aqui é a amplitude certo?	mostrando o tamanho da amplitude máxima no chão
610	Lúcio S. – ahn...	
611	Professor – isso aqui é quanto o meu braço tem que balançar...vou tentar fazer isso assim...	mostrando que teria que balançar o braço pra frente e pra trás (longitudinalmente) o mesmo tamanho da amplitude transversal
612	alguma aluna - é	pulso longitudinal não derrubou nenhuma garrafa
613	Professor - fiz	
614	Lúcio S. – tá vendo?	
615	Lúcio F. – pô... bora bora	batendo palma
616	Professor – mas esse pulso não tem graça... então tem que ser o... chama transversal...	
617	Lúcio F. – tá vendo? falei pra tu...	
618	Miriam – falei... todo mundo falou...	
619	Lúcio S. – não mas... o Denis não... a ideia foi do Denis... a ideia foi do Denis	Depois que o professor falou que não era pra fazer desse jeito faz questão de dizer que a ideia era do Denis?
620	Miriam – mas é só da próxima... então da próxima a gente já tem a resposta	
621	Lúcio S. – não mas (inaudível) ele disse que é possível... então é possível	
622	Lúcio S. – ele ele (inaudível)	
623	Miriam – eu acho que a nossa ideia foi certa porque ele parou aqui e parou e ficou muito tempo	

	prestando atenção	
624	Júlio- né?	
625	Miriam – muito tempo... se fosse rápido ele ia falar não não é	rindo
626	Lúcio S. – aquele professor que fala assim... não	rindo
627	36'25'' - Lúcio S. – aí eu fico muito bolado quando o professor faz isso comigo...	
628	Conversa paralela até 38'17''	
629	38'17'' – Lúcio S. – eu acho que a grande questão é essa... a gente não dar o tapa assim... a gente tem que puxar até a extremidade e soltar de lá mesmo...acho que a questão é essa...	
630	Miriam – aie... (inaudível) tomar injeção na veia...	
631	Lúcio S. – ai... pode testar ó...	
632	Professor – quer testar?	
633	Lúcio F. – COM CERTEZA...dá licença	
634	Miriam – LÚCIO... CALMA... a mola não vai sair andando...	Lúcio F. e Lúcio S. se levantam para testar.
635	Miriam – deixa eu testar?	
636	Júlio- (risos)	
637	Júlio- vai logo lá ó...	
638	Miriam – deixa eu testar gente...	
639		Lúcio F. cede a vez para outro grupo de meninas, mas meninas hesitam em aceitar
640	Júlio- Primeiro as damas...	
641	Miriam – de\	
642	Miriam – quero testar também mas nada não...	
643	Júlio- o Leandro vai começar a gritar...	
644	Júlio- entendi nada que eles fizeram...	Lúcio F. e Lúcio S. se posicionam nas molas, um em cada extremidade. Lúcio S. puxa a mola até a fita lateral e depois de um tempo solta..
645	Miriam – puxa ela um pouco gente...	
646	Lúcio F – não... na mesma hora...	se dirigindo ao Lúcio S.
647	Miriam – estica ela um pouco...	
648	Júlio- estica ela um pouco...	
649	Cassia – (inaudível)	
650	Lúcio F. – NA MESMA HORA CARA	
651	Lúcio S. - (inaudível)	
652	Miriam – alá... não esticar MUITO...	
653	Lúcio S. – (inaudível)	
654	Miriam – ô Lúcio... não esticar muito... então estica pouco... pode esticar... só não pode esticar muito...	se dirigindo ao Lúcio S.
655	Denis – (inaudível)	
656	Miriam – nego não pensa né? não esticar muito.... você pode esticar... só não pode esticar muito...	Se dirigindo ao Denis
657	Denis - (inaudível)	
658	Lúcio F. – tô te esperando cara	

659		Lúcio S. traz a mola até fita lateral e aguarda, tenta soltar quando Lúcio F. faz um pulso transversal na outra extremidade. Puxaram molas em sentidos opostos
660	Lúcio S. – é um pulso só...	
661	Lúcio F. – é um pulso só? tá bom... tá bom...	
662	Lúcio S. – e tem ... e tem... e tem... tem que ser máximo	
663		repetem procedimento do turno 401, não parecem satisfeitos, garrafa não cai
664	Lúcio F. – (inaudível)	
665	Lúcio S. – vamo lá	repetem procedimento do turno 401, garrafa cai com o pulso do Lúcio F.
666	Lúcio S. – ESPERA O PULSO CHEGAR AÍ	
667	Lúcio F. – NÃO (inaudível) ISSO CARA	exaltado, levantando os braços.
668	Miriam – meu DEUS DO CÉU	
669	Lúcio F – vem aqui então Miriam...	
670	Lúcio S. – faz tú então... faz tú então... faz aí...	colocando a garrafa no lugar.
671	professor – Ô Ô... fala baixo aí...	se dirigindo ao grupo.
672	Lúcio S. – isso vai... mais...	Lúcio F. leva a mola lentamente até a fita lateral.
673	Lúcio F – alá... não vai...	Repetem procedimento do turno 401, Lúcio S. é que faz o pulso transversal agora, faz um pulso com amplitude menor que a máxima, garrafa não cai.
433	Lúcio S. – por que ?	.
434	Lúcio F. – não dá força suficiente	
435	Lúcio F. – não tem energia suficiente...	
436	Júlio– ele não faz força ele só coloca pro canto e deixa ir	
437	Lúcio F. – não tem energia suficiente...	
438	Júlio– _____ pode fazer força não?	
439	Miriam – mas não é pra derrubar a garrafa não...	
440	Lúcio S – então ... puxa aonde tav aqui... puxa...	Gestos indicando que Lúcio F. deve levar a mola até a fita da lateral da esquerda do vídeo como vinha fazendo. Lúcio S. faz o

		mesmo do outro lado, e soltam, garrafa não caí.
441	Lúcio F. – (inaudível)	
442	Lúcio S – claro que foi... aqui... cada um deu um pulso...cada um deu um pulso...	repetem procedimento do turno 423.
443	Cassia – (inaudível)	
444	Miriam – a ideia Lúcio é não derrubar a garrafa...	
445	Lúcio S. – a ideia é não derrubar a garrafa...	
446	Miriam – ah lesado...	rindo, alguém bate na mesa.
447	Lúcio S. – _____tu conseguiu...	levantam e voltam pra suas mesas.
448	Miriam – não tem energia o suficiente pra que?	rindo, Júlio ri.
449	Miriam – a ideia não é derrubar a garrafa...	rindo
450	Lúcio S. – PROFESSOR...	
451	Miriam – não tem energia (inaudível)	
452	Lúcio S. – nós conseguimos	se dirigindo ao professor
453	Lúcio F. – VAI LÁ HED... EU QUERO VER...	se referindo a integrante de outro grupo.
454	Miriam – eu quero ver... tu me chamar de amendoim... eu quero ver...	cantando
455	Lúcio S. – Jonas ... Jonas... nós mudo a tese...	
456	Lúcio F. – VAI... VAI... EU FECHO O OLHO... eu fecho o olho...vai... eu fecho o olho	se referindo ao outro grupo.
457	Lúcio S. – um puxa daqui e um daqui... aí n\ aí vai juntar...	
458	Lúcio F. – alá lálálálá	mostrando que duas meninas do outro grupo iam começar a tentar.
459	Miriam – Lúcio sem se espalhafatar.. por favor...	
460		observam o outro grupo tentar, fazem alguns comentários inaudíveis e riem.
461	Lúcio F. – (inaudível)	
462	Júlio– (inaudível)	
463	Miriam – AÍ que sono... não posso eu não consigo dormir na sala de aula... infelizmente ou felizmente...	
464	Lúcio F. – me imita mesmo... VAI...	alunas do outro grupo tentam fazer a mesma coisa que os Lúcios fizeram.
465	Júlio– isso daqui é teu Denis... falou que não era teu...	alunas do outro grupo fazem procedimento do turno 423 sem derrubar garrafas. após isso voltam para suas mesas.
Professor vem perguntando ao grupos quem já testou, esse grupo a afirma que conseguiu. O professor pega outra filmadora e diz que vai filmar, os Lúcios se posicionam novamente nas molas para mostrar como conseguiram.		
466		Posicionam as molas cada extremidade em cima de uma fita lateral. Lúcio F. na lateral direita e Lúcio S. na lateral esquerda.
467	Professor- ih não não... ih tem que sair do meio...	

468	Lúcio F. – EU FALEI PRA VOCÊ...	se dirigindo a Lúcio S.
469	Lúcio S. – tem que sair do meio?	
470	Lúcio S. – (inaudível) então... faz aqui que eu faço aí	
471	Lúcio S. – (inaudível)	
472	Lúcio F. – não... como é que é? como é que é? como é que é?	signalizando que não ouviu.
473	Lúcio S. – eu vou fazer (inaudível)	cada um faz um pulso transversal Lúcio S. primeiro e Lúcio F. depois, com perturbação em sentidos opostos. Amplitudes menores que a máxima. garrafa cai.
474	Lúcio F. – tá tá...	
475	Professor – olha só... teu o pulso tem que ir lá no branco...	aponta a fita lateral. e levanta a garrafa.
476	Lúcio S. – tem que ir lá no branco?	faz um movimento com o braço que não dá pra ver direito.
477	Lúcio S. – né não?	Lúcio f. e Júlio riem. Garrafa cai de novo e professor ajeita.
478	Lúcio S. – a garrafa tá muito perto professor	
479	Professor – mas tem que ser...	
480	Lúcio S. – (inaudível)	
481	Lúcio S. – espera chegar mais perto aí cara...	Lúcio F. faz pulso menor que a amplitude máxima e derruba garrafa.
482	Professor – tem que ser...	
483	Júlio– ele quer que não derrube...	Professor ajeita a garrafa.
484		Cada um faz um pulso, derrubam garrafa.
485	Lúcio S. – ele tem que esperar a minha passar...	
486	Lúcio F. – (inaudível)	Professor levanta garrafa
487	Lúcio S. – (inaudível) ia ia dar...	.
488	Professor – gente gente gente gente ... fala baixo..	
489		Lúcio S. faz um pulso menor que o tamanho máximo e derruba garrafa
490	Professor – ir até o branco... até o branco...	professor levanta a garrafa.
491	Professor – não veio... não veio...	fazem pequenos pulsos.
492	Lúcio S. – não foi até o branco não...	
493	Professor – não veio...	
494	Lúcio S. – não veio?	
495	Professor – não não.	
496		Fazem pulsos. Lúcio F. faz pulso menor que a amplitude máxima. impossível ver pulso de Lúcio S. Garrafa não cai.
497	Lúcio S. – e aí?	Se dirige ao professor.
498	Professor – faz de novo...	Fazem pulsos. Lúcio F. faz pulso menor que a amplitude máxima. impossível ver pulso de Lúcio S. Garrafa não cai.
499	Lúcio S. – e aí?	
500	Professor – tá... tá bom... tá mais ou menos...	hesitante.
501	Lúcio F. – dez dez dez dez dez....	Os Lúcio levantam e voltam para suas mesas.
502	Lúcio F. – foi cara... mais ou menos...	
503	Lúcio S. – não... Jonas... Jonas... aí... mudou de novo... que o professor falou que tinha que começar do meio... é... é... que nós tinha colocado no início...	Explica que o professor vetou a ideia de começar das extremidades laterais.
504	Alguem- ah...	

505	Lúcio S. – por que essa aqui a gente tinha feito assim... só que ele falou que tinha que começar do meio... eu mandei o Jonas apagar... faz o desenho... dá primeira vez...só que não... ele falou que tem que começar do meio...	
506	Lúcio S. – é o que nós fez... nós temos que dar o pulso daqui... aí ele vai passar... quando ele tiver chegando aqui... tu vai lá e dá o pulso... aí vai se enc\o choque vai ser aqui...	
507	Miriam – AÍ meu Deus...	
508	Lúcio S. – entendeu Jonas? tú entendeu ó?	
509	Lúcio S. – eu dou o pulso daqui... ó ó...	
510	Miriam - _____ Jonas olha só	
511	Lúcio S. – ó ó ... Jonas...	
512	Jonas – (inaudível)	
513	Lúcio S. – Jonas eu to dand\ eu eu do o pulso daqui... aí vai passar a onda... o pulso vai passar...	
514	Miriam – _____ (inaudível)	
515	Lúcio S. - quando tiver chegando aqui ele dá o pulso daqui aí... ela vai lá e vai se chocar aqui...	
516	46'10'' Lúcio F. – _____ alá lá lá lá lá lá	se referindo ao grupo do Hilton que aparece na extrema direita do vídeo.
517	Miriam – (inaudível) essa borracha não vai dar pra apagar tudo isso... (inaudível) ele explicou	
518	Lúcio S. – tu entendeu o que eu quis dizer?	
519	Lúcio S. – é...	
520	Miriam – AÍ	
521	Lúcio S. – tem que começar no meio...	Se referindo a integrantes de outro grupo (extrema esquerda do vídeo) que estava fazendo o procedimento do turno 423.
522	46'25'' Júlio– conseguiram... CONSEGUIRAM...	Se referindo ao grupo do Hilton que aparece na extrema direita do vídeo. Aparentemente esse grupo conseguiu fazendo pulsos em sentidos opostos ao mesmo tempo (interferência destrutiva).
523	Júlio- conseguiram lá...	
524	Lúcio S. – como?	
525	Cassia – (inaudível) diferente	
526	Júlio– eles fizeram normal... só que conseguiu fazer não sei como lá	viu mas não entendeu.
527	Cassia – (inaudível) pra um lado (inaudível) pro outro	
528	Lúcio S. - _____ com\	
529	Júlio– ficou maneiro...	
530	Júlio– vê de novo...	professor leva outra câmera para filmar grupo da extrema direita do vídeo.
531	Lúcio S. – (inaudível) cada um (inaudível) lado o outro fez pro do outro...	
532	Lúcio S.- então... tipo assim... o pulso de um tá dando pro lado de cá... o do outro tá dando pro lado de lá... aí se encontrou e e parou... entendeu?	percebe que é possível com interferência destrutiva.
533	Cassia – (inaudível)	
534	Lúcio F. – (inaudível) tem ser na mesma hora né...	Grupo de Hilton faz novamente.
535	Cassia – é...	nota a importância da sincronia.
536	Lúcio S. – é...	nota a importância da sincronia.
537	Professor – de novo... mais rápido...	Professor se referindo ao grupo que aparece na extrema direita do vídeo. Garrafa cai. Dá pra ver interferência destrutiva no vídeo em câmera lenta apesar da garrafa cair.
538	Miriam – ele quer dificultar...	
539	Lúcio S. – é isso\ é isso que eles fizeram...	

540	Professor – OLHA SÓ...	se dirigindo a turma.
541	Lúcio S. – faz um pra cada lado...	
542	Professor – todo mundo já fez que queria fazer...	
543	Lúcio S. – Ô PROFESSOR...	
544	Júlio– isso daqui é teu? isso daqui é teu né?	
545	Lúcio S. – não é da Cassia...	
546	Lúcio S. – ele fez\ eles fizeram... cada um fez pra um lado... então o pulso (inaudível) vai empurrar pra um lado o outro vai empurrar pro outro... quando eles se encontram no meio (inaudível) ... igual eles fizeram lá... (inaudível) cada um fez pra um lado...	
547	Professor – vocês fizeram isso?	
548	Lúcio S. – não...	
549	Lúcio F. – não...	
550	Professor – não fizeram...	
551	Professor – você acha que assim dá?	
552	Lúcio F. – eu acho que assim (inaudível)	
553	Miriam – já tentou já...	
554	Professor – não conseguiu?	
555	Lúcio F. – não (inaudível)	
556	Lúcio S. – não... tentou ainda não...	
557	Professor – então tenta...	
558	Miriam – De novo?	
559	Professor – não eles vão tentar outra coisa...	
560	Júlio– outro jeito...	
561	Miriam- ah tá... ai eu não sabia...	Os Lúcios se dirigem mais uma vez para as molas.
562	48’14’’ – Lúcio F. – faz pra lá que eu vou fazer pra cá... já	Lúcio F. faz um pulso muito pequeno. derrubam garrafas.
563	Lúcio S. – (inaudível)	
564	Lúcio F. – tá tá tá tá tá...	Lúcio S. levanta garrafas
565		Professor pega outra câmara.
566	Lúcio F. – um... dois... três e já...	Fazem pulso muito dessincronizados.
567	Lúcio S. – calma...	
568	Júlio– não tem que esperar...	
569	Miriam – mas não contou até o três...	
570	Lúcio F. - JÁ	cada um faz um pulso, pulso de Lúcio S. derruba a garrafa.
571	Professor – o teu foi pequeno...	se dirigindo a Lúcio F.
572		professor levanta garrafas.
573		Fazem novamente cada um um pulso, pulso de Lúcio F. muito pequeno. Pulso de Lúcio S. derruba garrafa.
574	Júlio– calma Lúcio...	Lúcio F. abaixa a cabeça e coloca as mão na cabeça.
575	Lúcio S. – (inaudível)	
576	Lúcio S. – tem que ir pra lá Lúcio...	aponta a direção que Lúcio F. deve fazer seu pulso.
577	Lúcio F. – (inaudível)	Professor levanta garrafas.
578	Miriam – ai...	
579	Lúcio F. – EU VIM PRA CÁ CARA...	gesticula mostrando que fez o pulso da maneira que Lúcio S. estava pedindo
580	Lúcio F. – (inaudível)	

581	Lúcio S. – foi?	
582	Júlio– Lúcio tem que mandar pra lá...	
583	Miriam – Júlio vai pra lá... dois Lúcio não se entendem...	
584	Professor – GENTE SHH...	fazem pulsos, novamente Lúcio F. faz pulso pequeno. Pulso de Lúcio S. derrubar garrafa.
585	Professor – GENTE POR FAVOR...	
586	Lúcio F. – (inaudível)	
587	Lúcio S. – tem que se encontrar no meio cara... tem que fazer junto...	
588	Lúcio F. – _____ faz de novo faz de novo faz de novo	professor levanta a garrafa.
589	Miriam – eu quero ler um livro... tá todo mundo lendo livro...	
590		fazem pulsos. Lúcio F. faz um pulso muito pequeno. Garrafas não caem.
591	48’ 51’’ - Júlio– AAEE... não...não...	
592	Miriam – eu vou ler os sertões...	
593	Professor – até aqui ó...	Indica que a mão de Lúcio F. tem que ir até a fita lateral, mas mostra a fita da esquerda.
594	Lúcio F. – tem que ir pra lá cara	
595		Fazem pulsos na mesmo sentido, esquerdo do vídeo, garrafa da esquerda do vídeo cai.
596	Lúcio S.- não... tu faz pro outro lado...	Aponta fita lateral da direita.
597	Cassia – (inaudível)	Apontando Lúcio S.
598	Lúcio F. – ah tá tá tá tá tá tá tá tá	
599	Júlio– é pra LÁ Freitas...	Professor indica fita que os integrantes querem que Lúcio F. faça o pulso, lateral direita.
600		Fazem pulsos, Lúcio F. faz pulso para direita do vídeo, com aproximadamente máxima, Lúcio S. faz pulso para esquerda, impossível saber se foi com a amplitude máxima. Pulso de Lúcio S. chega primeiro as garrafas. Garrafa da esquerda cai.
601		Professor levanta a garrafa.
602		Ocorre novamente o que ocorreu no turno 581.
603		Professor levanta garrafa.
604		Ocorre novamente o que ocorreu no turno 581
605	Lúcio F. – não vai...	Levantando os braços.
606	Lúcio S. – tem que se encontrar no meio cara...	
607	Professor – por que que... porque que derrubou essa aqui?	Se referindo a garrafa da esquerda.
608	Renata (outro grupo) – _____ TÁ MUITO FORTE GAROTO...	
609	Júlio– (inaudível)	
610	Lúcio S. – porque...	
611	(algum aluno) – (inaudível) foi mais forte.	Vários alunos falam sobre força do pulso, difícil saber o quê exatamente.
612	Cassia – (inaudível)	Aponta para Lúcio S. ?
613	Professor – qual?	
614	Professor – a de lá foi mais forte?	
615	Professor – vai de novo aí pra gente ver...	
616	Lúcio S. – então tem que fazer com a mesma força... vai se encontrar no meio vai parar...	Faz gestos, aproxima suas duas mãos, simula uma colisão.
617	Professor – _____	OL

	HA SÓ GENTE... presta atenção todo mundo aqui...	
618	Lúcio F. – (inaudível)	
619	Júlio– (inaudível) muito forte (inaudível)...	
620	Professor – vamos entender o que que tá acontecendo... um tá tentando fazer pra um lado o outro tá tentando fazer pro outro...	
621		Fazem pulsos novamente, pulso de Lúcio F. chega na frente, derruba primeiro garrafa da direita e depois a garrafa azul.
622	Lúcio F. – (inaudível)	
623	Professor – qual garraf\ SHHH SHHH...	Professor levanta as garrafas.
624	Professor – qual garrafa derrubou primeiro?	
625	Miriam – (inaudível)	
626	Júlio– não vi... acho que foi a azul...(da esquerda do vídeo)	
627	Lúcio S. – (inaudível)	
628	Júlio– a azul...	
629	Miriam – (inaudível)	
630	Lúcio F. – a branca... (a da direita do vídeo)	Apontando pra garrafa branca.
631	Júlio– foi a azul...	
632	Professor – foi a azul primeiro? vamos ver de novo pra ver qual que foi primeiro...	Alguns alunos falando azul outras falando branca.
633	Lúcio S. – calma... (inaudível)	
634	Professor – ou se vocês vão conseguir....	
635		Fazem pulso novamente. Aparentemente pulsos com amplitude máxima. Pulso de Lúcio S. chega primeiro, garrafa azul (esquerda do vídeo) cai.
636	Miriam – fica aqui dentro...	
637	Professor – alá... quase consegui... qual garrafa derrubou primeiro?	
638	Júlio– a azul...	Os Lúcio apontam pra azul.
639	Professor – qual pulso derrubou a garrafa azul?	Alunos apontam pro Lúcio S.
640	Cassia – o do...	Aponta pro Lúcio S.
641	Júlio– a do... coisa...	
642	Professor – o dele... porque que não deu certo?	
643	Júlio– muito forte...	
644	aluno de outro grupo – porque ele tá fazendo muito forte...	
645	Hed(outro grupo) – porque ele tá fazendo muito forte...	
646	Professor – os dois tem que fazer forte... os dois tem que fazer com a mesma amplitude...	
647	Júlio– então vai ficar\ (inaudível) derrubar	
648	Lúcio F.- (inaudível) tá fazendo...	Fala gesticulando muito, meio exaltado.
649	Lúcio S. – ao mesmo tempo e com a mesma força...	
650		Fazem pulso novamente. Aparentemente pulsos com amplitude máxima. Pulso de Lúcio S. chega primeiro, garrafa azul (esquerda do vídeo) cai.
651	Lúcio F. – EU NÃO SEI QUE FORÇA VOCÊ TÁ FAZENDO Ô ANIMAL	Levanta muito exaltado, se dirigindo a Lúcio S.
652	Miriam - (inaudível) derrubar as duas garrafas...	
653	Professor – fala baixo...	
654		Lúcio S. ri. Alunos riem. Lúcio F. ri.
655	Lúcio S. – tem que chegar aqui cara... chegar aqui... tu solta...	Indicando a fita lateral.
656		Fazem pulsos com aproximadamente a

		amplitude máxima (visto quadro a quadro). Garrafas não caem.
657		Lúcio F. e Lúcio S. olham para o professor.
658	Professor - vamos ver de novo...	
659	Lúcio S. – então... olha só... olha só... presta atenção... não bota força... não bota força... puxa pra cá... quando chegar aqui tu solta...	
660	Lúcio F. – _____ tá.. ó... sincronia sincronia sincronia...	
661	Professor – tem que vir até aqui que o cara tá falando ali...	Indicando fita lateral.
662		Professor ajeita garrafa.
663	Lúcio S. – entendeu? Chegar aqui tu solta não bota força... chegar aqui tu solta...	Indicando fitas laterais.
664	Lúcio F. – tá tá tá...	
665	50'45''	Fazem pulsos. Pulso de Lúcio F. aparentemente com amplitude máxima. Não dá pra ter certeza da amplitude inicial do pulso de Lúcio S., mas o pulso aparentemente tinha uma amplitude suficiente para derrubar a garrafa. Em câmera lenta dá pra ver nitidamente a interferência destrutiva. E apesar do formato dos pulsos serem ligeiramente diferentes as garrafas não caem.
666	Professor- IIIHH	
667		Lúcio F. e Lúcio S. olham para o professor.
668	Renata (outro grupo) – professor ele não chegou aqui na marquinha branca	
669	Professor – então vai lá hein... na marquinha branca...	
670	Aluno de outro grupo – tem que soltar a mola cara...	
671		Fazem pulsos. Pulso de Lúcio F. aparentemente com amplitude máxima. Não dá pra ter certeza da amplitude inicial do pulso de Lúcio S. Pulso de Lúcio S. chega primeiro e derruba garrafa azul.
672	Alguém – agora derrubou...	
673	Renata (outro grupo) – derrubou a garrafa...	Professor levanta a garrafa.
674	Professor – olha só olha só olha só olha só... só um minutinho...	
675	Lúcio S. – junto comigo... um dois três e já...	Fazem pulsos. Lúcio F. faz pulso aproximadamente com amplitude máxima. Não dá pra ter certeza da amplitude inicial do pulso de Lúcio S., mas o pulso aparentemente tinha uma amplitude suficiente para derrubar a garrafa. Garrafas não caem. Dá pra ver nitidamente interferência destrutiva em câmera lenta.
676	Lúcio F. – Ó__ Ó__ Ó__Ó...	Exaltado. Levanta e aponta para as garrafas.
677	Lúcio S. – aí professor... agora foi ao mesmo tempo... pode vê aí no vídeo aí...	
678	Professor - _____ olha só	
679	Professor – pera aí... deixa eu falar... não gravou...	Se referindo a segunda câmera.
680	Lúcio F. – NÃO GRAVOU... NÃO GRAVOU ESSA DROGA CARAMBA	Muito exaltado, coloca as mãos na cabeça, gira e anda pra um lado e pro outro.
681		Algumas risadas e alunos falando sobre o comportamento exaltado de Lúcio F.
682	Professor – GENTE OLHA SÓ... SILÊNCIO POR FAVOR... só um minuto...	
683	Professor – SHHH... HILTON... olha só... é...	
684	Professor – você pode até\ você pode segurar a mola... desde que você faça o pulso inteiro... não precisa soltar a mola não... tá? então	Mostra fazendo um pulso.

	vai lá...	
685	Lúcio S. – ao mesmo tempo...	
686	Professor – essa sala tá muito barulho...	
687	Lúcio S. – um dois três e já...	Fazem pulsos. Lúcio F. faz pulso aproximadamente com amplitude máxima. Não dá pra ter certeza da amplitude inicial do pulso de Lúcio S. Garrafa azul cai. Apesar disso dá pra ver nitidamente interferência destrutiva em câmera lenta.
688	Miriam- ai gente vai derrubar a garrafa...	Professor ajeita a garrafa.
689	Júlio- (inaudível)	
690	Lúcio S. – um dois três e já...	Fazem pulsos. Lúcio F. faz um pulso um pouco menor que a amplitude máxima. Pulso de Lúcio F. é maior. Interferência destrutiva não foi suficiente para “anular” o pulso de Lúcio S. Garrafa azul cai.
691	Lúcio F. – NÃO\	Aponta para garrafa azul que antes de cair oscila.
692	Alunos da turma – é o ventilador... é o ventilador...	Alguns risos.
693	Professor – olha só...	
694	Lúcio S. – é o ventilador...	
695	Lúcio S. – tá contra o vento...	
696	Professor – vai de novo... vai de novo...	
697	Lúcio S. – ó...	Faz um pulso que derruba garrafa.
698	Lúcio F. – pera aí pera aí pera aí...	Levanta os braços.
699		Professor ajeita garrafas.
700	Lúcio S. – tá cansado?	Rindo.
701		Fazem pulsos. Lúcio F. faz pulso antes e com formato muito diferente do pulso de Lúcio S. As duas garrafas caem.
702		Professor ajeita garrafas.
703	Lúcio S. – calma... vai	Fazem pulsos com amplitude pequena, garrafas não caem.
704	Lúcio S. – (inaudível)	
705	Lúcio S. – um dois três e já...	
706	Professor – MAIOR...	Fazem pulsos. Lúcio F. faz pulso pequeno. Pulso de Lúcio S. chega antes. Garrafa azul cai.
707	Lúcio S. – eu to fazendo mais forte...	Bate no peito. Professor ajeita garrafa.
708	Lúcio S. – eu to fazendo mais forte... Lúcio... eu to fazendo mais forte que tu cara...	
709	professor – um dois três e...	
710	Lúcio F. – (inaudível)	
711	Lúcio S. – ó... não bota força... (inaudível) até o branco... não bota força...	
712	Professor - _____ SHHH	
713	Professor – um dois três e já...	
714		
715	Professor – olha só gente...	Fazem pulsos. Lúcio F. faz pulso com amplitude máximo. Garrafa azul cai, provavelmente por formatos de pulso terem sido diferentes. Lúcio F. vai e volta com a mão, Lúcio S. solta a mola ao chegar na extremidade esquerda.
716	Lúcio S. – não bota força só puxa até o branco...	Professor derruba garrafa com o pé

717	Professor – eu tenho que ir embora... temos que ir embora... olha só... só um minutinho... SHHH...	
718	Renata (outro grupo) – vinte um ainda professor...	
719	Professor – olha só... mas eu quero falar ainda esses últimos dez minutos...	
720	Professor – é... dá ou não dá?	
721		Vários alunos dizem que dá.
722	Lúcio F. – dá...	balança a cabeça afirmativamente.
723	Lúcio S. – dá...	balança a cabeça afirmativamente.
724	Miriam – o senhor falou que dá...	
725	Professor – dá...	
726	Lúcio F. – dá...	balança a cabeça afirmativamente.
727	Júlio– não fizeram nada...	
728	Professor – olha só... se dá por que é que a gente tá tendo tanta dificuldade?	
729	Júlio– porque um dos dois foi errado né?	
730	Lúcio F. – (inaudível)	
731	Lúcio S. – falta entrosamento...	Outros alunos falam ao mesmo tempo.
732	Jully (outro grupo) – porque o professor não fez...	
733	Lúcio S. - falta entrosamento...	
734	Jully (outro grupo) - porque o professor não fez...	
735	Lúcio F.- (inaudível) tá em sintonia... não tá em sintonia...	
736	Professor – oi?	
737	Lúcio S. – falta entrosamento...	
738	Lúcio F. – forças diferentes ou tempos diferentes...	
739	Lúcio S. – entrosamento...	
740	Professor – olha só... aquele grupo ali tá fazendo um motim falando que o professor não fez...	
741	Júlio– é mesmo... o senhor não fez professor...	
742	Outro grupo – éééé...	
743	Professor – a resposta... a resposta de vocês é essa mesmo... pra gente conseguir fazer isso... a gente precisa de uma sincronia maior...	
744	Lúcio S. – entrosamento...	
745	Professor – que eu também vou ter dificuldade... por que?	
746	Júlio– ai tenho que ir no Norte Shopping ainda...	
747	Professor – se eu fizer... um pulso aqui mas ele fizer um pulso um pouquinho depois... a gente não vai conseguir...	Se dirige a extremidade onde estava Lúcio S. e simula um pulso.
748	Professor – Ô HILTON... HILTON...	
749	Professor – presta atenção aqui por favor... Isabele...	
750	Professor – olha só... porque que se a gente não fizer... isso que eu quero saber se vocês entenderam... porque que se a gente não fizer os pulsos ao mesmo tempo a gente não consegue...	
751	Professor – já que boa parte acha que dá...	
752	Miriam – eu falei que acho que dá porque ele falou que dá...	Fala baixo e ri.
753	Algum aluno – o que? não entendi professor...	
754	Professor – porque que... pessoal falou assim tem que ter sincronia... porque que a gente... se a gente não fizer os pulsos ao mesmo tempo... talvez não dê... não dá...	
755	Lúcio S. – porque se a gente não fizer ao mesmo tempo eles não vão se encontrar no meio...	
756	Lúcio F. – porque o (inaudível) foi na frente da outra vai derrubar a garrafa...	

757	Lúcio S. – _____ -aí o pulso forte vai passar pela garrafa vai derrubar... o que foi primeiro...	
758	Professor – então olha só...	
759	Lúcio S. – o pulso que foi primeiro... vai derrubar a garrafa	
760	Professor – ess\ ess\ esses meninos falaram o seguinte... se não fizer ao mesmo tempo... eles não vão se encontrar no meio...	
761	Lúcio S. – é...	
762	Aline (grupo I) – mas não\ a intenção não é isso...	
763	Lúcio S. – tem que se encontrar no meio	Se vira para falar com a aluna que falou no turno anterior...
764	Aline (grupo I) – claro que não...	
765	Lúcio S. – claro que sim...	
766	Professor – por que que eles tem que se encontrar no meio?	
767	Adriane (grupo J) - de outro grupo – pra... o impact\	
768	Lúcio S. – porque... como tá cada pulso vindo pra um lado... quando chegar no meio vai parar... não vai... não vai... balançar...	gestos onde simula um encontro e um balanço.
769	Jully (grupo I) – nada haver...	
770	Adriane (grupo J) - o impacto vai aumentar... e vai derrubar as duas garrafas...	
771	Jonatan (grupo K) - o impacto não aumenta... o impacto diminui...	rindo. (falando com Camila do seu grupo)
772	Renata? (grupo L) – _____ nada haver porque na aula passada quando os pulsos se encontraram no meio a amplitude foi maior...	Muitos alunos resolvem dar opinião ao mesmo tempo.
773	Camila Alves (grupo K) – o impacto diminui... o impacto vai diminuir...	(falando com Jonatan do seu grupo)
774	Jully (grupo I) - o impacto vai aumentar se eles se encontrarem...	
775	Roberta? (grupo I) – porque eles começam de lado já t\... ô professor... eles já começam com amplitude quando chega no meio (assobia) normaliza fica reto...	
776	Aline (grupo I) – a intenção não é chegar no meio (inaudível)	
777	Alguma aluna - _____ porque tem direções opostas...	
778	Lúcio S. – é ...	Se vira para falar com Aline do grupo I.
779	Lúcio S. – é... tá indo pro lados opostos... não vai aumentar...	
780	Lúcio S. – não vai aumentar porque tá indo cada um pra um lado.	
781	Aline (grupo I) – então porque quando os pulsos se encontram a amplitude aumenta?	
782	Lúcio S. – porque é pro mesmo lado...	Aline (grupo I).
783	Jully (grupo I) – mas se aumenta (inaudível)	
784	Miriam – porque você vai pra um lado ele vai... ele vai pro outro eles vão parar...	
785	Miriam – eu acho que é...	
786	Lúcio F. – o que?	
787	Miriam – Você chacoalha pra um lado o outro vai chacoalhar pro outro eles vão parar bem no meio...	
788	Professor – _____ GENTE... SHHH	
789	Lúcio F. – é iss\ ggg\ é iss\ é isso a resposta...	Gaguejando e depois Falando com Miriam.
790	Lúcio S. – (inaudível) diferentes...	Falando com Aline (grupo I).
791	Professor – olha só...	
792	Professor – deixa eu falar...	
793	Lúcio F. – a resposta é essa...	
794	Professor - tem aluno que acha que eu falo pouco... deixa eu falar... explicar tá?	Lúcio S. continua explicando para Aline (grupo I) sua opinião até o turno 777.

795	Professor – a hora que eu explico...	
796	Professor – Aula passada... dois pulsos assim... quando se encontravam aumentavam....	
797	Professor – Nesse...	
798		Professor dá explicação sobre interferência e sistematiza o que foi visto nessa prática e na anterior.