

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA

RENAN BOHRER DA SILVA

**O ESTUDO DA ONDULATÓRIA NA PERSPECTIVA DA TEORIA DE AUSUBEL:
UMA EXPERIÊNCIA DE DOCÊNCIA NA ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL SENADOR
ERNESTO DORNELLES**

PORTO ALEGRE

2024

RENAN BOHRER DA SILVA

**O ESTUDO DA ONDULATÓRIA NA PERSPECTIVA DA TEORIA DE AUSUBEL:
UMA EXPERIÊNCIA DE DOCÊNCIA NA ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL SENADOR
ERNESTO DORNELLES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Física sob orientação do Prof. Dr. Caetano Castro Roso

PORTO ALEGRE

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Luiz Josemar e Jane por todo o apoio e acolhimento que sempre despenderam comigo.

Agradeço à UFRGS e seu Instituto de Física pela oportunidade de realizar uma formação de excelência em Licenciatura em Física.

Agradeço aos professores Caetano Castro Roso e Dioni Paulo Pastorio pelos ensinamentos compartilhados durante minha experiência com o Programa de Residência Pedagógica e por, respectivamente, orientar o desenvolvimento deste trabalho e aceitar fazer parte da sua banca avaliadora.

Agradeço ao professor Ives Solano Araujo por ministrar a disciplina de Estágio de Docência em Física III com exemplar dedicação e zelo pelos alunos.

Agradeço aos professores da Escola Técnica Estadual Senador Ernesto Dornelles por me receberem com carinho e me apoiarem ao longo do estágio relatado neste trabalho.

Agradeço aos professores Rafael Peretti Pezzi e Rafael Vasques Brandão por me proporcionarem experiências e aprendizados deveras valiosos através do Centro de Tecnologia Acadêmica (CTA) do Instituto de Física da UFRGS e do CTA Jr. do Colégio de Aplicação da UFRGS.

Agradeço a todos os meus colegas de curso e de outros cursos pelas importantes trocas de ideias e conhecimentos.

*“E pela lei natural dos encontros
Eu deixo e recebo um tanto
E passo aos olhos nus
Ou vestidos de lunetas
Passado, presente
Participo sendo o mistério do planeta”*

(Trecho da música “Mistério do planeta” dos Novos
Baianos)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA.....	6
2.1	TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL.....	6
2.2	INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS.....	8
2.3	TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS.....	9
3	OBSERVAÇÕES E MONITORIA.....	11
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA.....	11
3.2	CARACTERIZAÇÃO DAS TURMAS.....	12
3.3	RELATOS DAS OBSERVAÇÕES.....	13
4	PLANOS DE AULA E RELATOS DE REGÊNCIA.....	28
4.1	AULAS 1 E 2.....	28
4.2	AULAS 3 E 4.....	32
4.3	AULA 5.....	34
4.4	AULA 6.....	36
4.5	AULA 7.....	38
4.6	AULA 8.....	42
4.7	AULA 9.....	45
4.8	AULA 10.....	49
4.9	AULA 11.....	52
4.10	AULAS 12 E 13.....	53
4.11	AULAS 14 E 15.....	55
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
	REFERÊNCIAS.....	61
	APÊNDICE A – Cronograma de regência.....	62
	APÊNDICE B – Questionário sobre atitudes em relação à Física.....	64
	APÊNDICE C – Trabalho final.....	65
	APÊNDICE D – Prova.....	66

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho consiste em um relato das atividades desenvolvidas para a disciplina de Estágio de Docência em Física III do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As atividades aqui relatadas consistem no planejamento de uma unidade didática de 14 horas-aula de ondulatória para o segundo ano do ensino médio, na observação de 20 horas-aula junto à turma à qual a unidade didática planejada seria aplicada e/ou ao professor de física titular da escola e na aplicação da unidade didática. O trabalho foi realizado durante o semestre letivo de 2022/1 da Universidade em uma turma do segundo ano do ensino médio do turno da manhã da Escola Técnica Estadual Senador Ernesto Dornelles, localizada no Centro Histórico de Porto Alegre.

Na segunda seção, é apresentada a fundamentação teórica e metodológica do trabalho, consistindo na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e nos métodos de Instrução pelos Colegas de Eric Mazur e dos Três Momentos Pedagógicos de Demétrio Delizoicov.

Na terceira seção, são detalhadas a caracterização da escola e da turma e as 20 horas-aula de observações realizadas, sendo a maioria junto ao professor de física titular e da turma na qual a regência foi aplicada, mas também junto a outras turmas, incluindo turmas do primeiro e terceiro anos, nas aulas de física e algumas aulas de outras disciplinas junto à turma na qual a regência foi aplicada.

Na quarta seção, são relatadas as experiências realizadas durante o período da regência da unidade didática, além de apresentados os planos de cada aula. Apesar de o planejamento inicial consistir em 14 horas-aula de regência, o período foi estendido para 15 horas-aula no total.

Na quinta seção, são apresentadas as considerações finais a respeito do trabalho como um todo, incluindo reflexões sobre erros e acertos, e ensinamentos conquistados a partir da experiência.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

No início do século XX, as teorias educacionais vigentes se baseavam no behaviorismo, uma corrente fundamentada em comportamentos observáveis e mensuráveis, desprezando processos mentais internos. Uma das ideias centrais desta corrente é modelar as mentes das crianças como uma tábula rasa, descrita pelo behaviorista John Watson da seguinte maneira:

Dê-me a criança e meu mundo para criá-la, eu a farei engatinhar ou andar; eu a farei escalar e usar suas mãos para construir prédios de pedra ou madeira; eu farei dela um ladrão, um atirador ou um viciado em drogas. A possibilidade de moldá-la, em qualquer direção, é quase infinita. (Watson, 1928, p. 35).

Neste contexto, ao longo da década de 1960, o estadunidense David Ausubel desenvolveu a teoria da aprendizagem significativa como forma de superar as deficiências das teorias vigentes. Indo de encontro às ideias behavioristas, Ausubel defende que a aprendizagem significativa ocorra quando uma nova ideia é incorporada e relacionada a conceitos já presentes na mente do aprendiz (Ausubel, 2003). Tal conceito pode ser descrito da seguinte forma:

O conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa, um processo através do qual uma nova informação se relaciona, de maneira não-arbitrária e substantiva (não-literal), a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Isto é, neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de "conceito subsunçor" ou, simplesmente "subsunçor", existente na estrutura cognitiva de quem aprende. (Moreira; Ostermann, 1999, p. 46)

Assim, se revela a importância de levar em conta os entendimentos prévios (ou subsunçores) presentes na mente do educando, pois é a partir das interações com estes que o conhecimento novo adquire significado e é, de fato, entendido. Neste caso, o conhecimento novo pode ser utilizado em situações diversas, e não apenas em casos específicos nos quais houve a aprendizagem (Pelizzari *et al.*, 2002).

Quando não há tal interação entre subsunçores e o conhecimento novo, ocorre o que Ausubel denominou de aprendizagem mecânica, na qual o aluno pode memorizar informações e procedimentos, porém não há entendimento dos conceitos envolvidos. É importante citar que não há uma dicotomia entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica, mas sim um espectro com uma aprendizagem totalmente significativa e uma totalmente mecânica nos dois extremos.

Apesar de muitos avanços virem sendo alcançado nas teorias de aprendizagem nas últimas décadas, a aprendizagem mecânica ainda é muito comum na prática e pode ser percebida no ensino de física na forma de memorização de fórmulas, definições e de passos necessários para resolver certo tipo de problema sem que haja entendimento real dos conceitos físicos por parte do educando. Embora tal forma de aprendizagem tenha o seu valor e possa ser um primeiro passo em um processo de ensino, a aprendizagem significativa deveria ser priorizada, pois alcança resultados mais ricos no aprendiz.

Duas condições básicas propostas por Ausubel para que ocorra uma aprendizagem significativa são a) que o aprendiz contenha em sua estrutura cognitiva conceitos que possam se relacionar de maneira substantiva e não-arbitrária com a informação nova e b) que o aprendiz esteja disposto a realizar tal relação, exercitando-se cognitivamente para além da memorização (Praia, 2000). Com isso, um conceito importante é o de organizadores prévios, que são materiais apresentados aos estudantes antes do conteúdo em si a fim de preencher lacunas na estrutura cognitiva quando não há subsunçores adequados para se relacionar com a informação nova (Moreira; Ostermann, 1999).

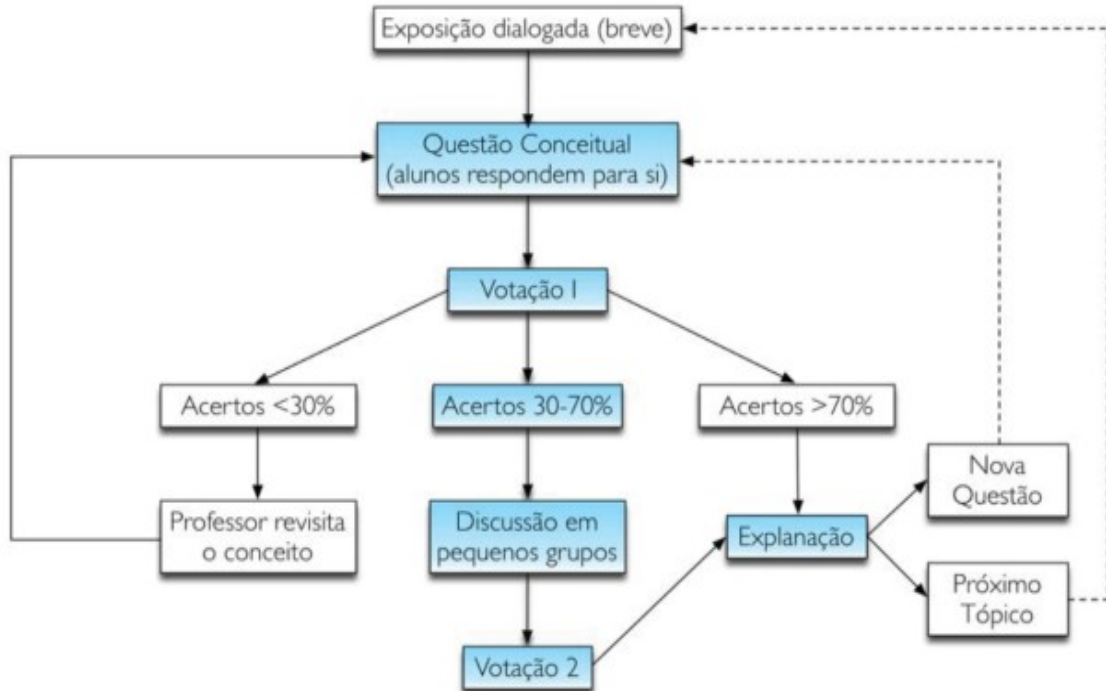
Desta forma, neste trabalho, de modo a procurar atender à condição a) para a aprendizagem significativa, foram utilizadas, sempre que possível, problematizações iniciais a cada conteúdo proposto de acordo com o método dos Três Momentos Pedagógicos, discutido na seção 2.3. Concomitantemente, a fim de atender à condição b) para a aprendizagem significativa, foi buscado conhecer interesses pessoais e atitudes em relação ao ensino de física dos alunos – primeiramente, através de um questionário (Apêndice B) respondido por eles antes de iniciado o período de observação; e, depois, através do que era percebido a partir do comportamento dos estudantes.

2.2 INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS

O método ativo de ensino por Instrução Pelos Colegas (*Peer Instruction* em inglês) foi desenvolvido no início da década de 1990 pelo professor de física da Universidade de Harvard Eric Mazur. O método serve como uma ferramenta que facilita o desenvolvimento de entendimento conceitual por parte dos estudantes, além de propiciar engajamento nas atividades didáticas por permitir a interação entre os colegas, sendo assim, um método interessante para alcançar as condições necessárias para uma aprendizagem significativa na perspectiva ausubeliana.

O método consiste na aplicação de testes conceituais de múltipla escolha à turma (referentes a algum tema que já tenha sido introduzido pelo professor) a serem respondidos individual e anonimamente (no caso do presente trabalho, o anonimato foi buscado através do uso de cartões de respostas com códigos QR, erguidos por cada aluno com uma orientação específica para cada alternativa de resposta escolhida e lidos pelo professor através de um aplicativo pelo celular) em uma primeira rodada. Então, caso o índice de acertos for considerado baixo, o professor revisa o conceito; caso o índice for considerado alto, o professor passa para o próximo tópico ou questão; e, caso o índice de acertos for considerado médio, a turma é dividida em pequenos grupos, que devem discutir sobre a questão antes de uma segunda rodada de respostas ser realizada. Antes de dividir a turma em grupos, é importante que o professor peça aos alunos para que pensem em argumentos para tentar convencer os colegas de que a sua resposta é a correta a fim de fomentar o debate entre eles. Tal método permite que os alunos ensinem e aprendam entre si, tirando do professor o papel de fonte única de conhecimento (Araujo; Mazur, 2013) e pode ser representado pela Figura 1.

Figura 1 – Diagrama com etapas propostas para a aplicação do método de Instrução Pelos Colegas.



Fonte: Araujo, I. S.; Mazur, E. (2013, p. 370).

Além de gerar engajamento e propiciar o entendimento conceitual do conteúdo, o método de Instrução Pelos Colegas também estimula a argumentação e o pensamento crítico, além de, no caso do uso dos cartões lidos pelo celular, gerar um banco de dados automatizado com o desempenho de cada aluno (e de uma turma como um todo) ao longo de um curso. Cabe ressaltar, porém, que o uso deste método requer certa habilidade por parte do professor para que o processo funcione como o planejado, como pode ser percebido pelo que é relatado sobre as primeiras aulas da unidade didática proposta neste trabalho na seção 4.

2.3 TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

A dinâmica dos Três Momentos Pedagógicos foi proposta pelos brasileiros Demétrio Delizoicov e José André Angotti entre o final da década de 1980 e o início da década de 1990 (Muenchen; Delizoicov, 2014). Vinculada à concepção dialógica e problematizadora de Paulo Freire, essa dinâmica se baseia na conexão entre o conteúdo abordado em aula e o cotidiano dos alunos, fomentando o senso crítico, estimulando a curiosidade epistemológica dos educandos e potencializando o processo de aprendizagem (Giacomini, 2014). A dinâmica

consiste em dividir o processo de desenvolvimento de um conteúdo em sala de aula em três etapas – problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

No primeiro momento, são apresentadas questões ou situações problematizadoras que visam gerar curiosidade nos alunos. Devem ser buscadas discussões que tenham relação com o cotidiano dos estudantes, de maneira que a situação faça sentido para eles, sem que eles tenham as ferramentas para interpretá-las cientificamente. Neste momento, além de ser gerada uma necessidade de buscar um entendimento científico acerca do tema, em termos da teoria ausubeliana, são caracterizados os subsunçores dos alunos a partir da exposição do que eles pensam em relação à situação problema – que, em si, pode ser pensada como um organizador prévio.

No segundo momento, é feita a organização do conhecimento, ou seja, o estudo sistematizado do conteúdo abordado. Aqui, o conhecimento técnico e científico relacionado ao tema e que responde a problematização inicial deve ser desenvolvido sob a orientação do professor. Basicamente, todo o processo de aprendizagem usual – definições de conceitos, propriedades, exemplos, exercícios de fixação, etc. – se encaixa neste momento.

No terceiro momento, é feita a aplicação do conhecimento; a problematização inicial é retomada e, agora, pode ser interpretada pelos alunos a partir das ferramentas adquiridas durante a organização do conhecimento. Além da situação específica utilizada no primeiro momento, outras situações explicadas pelo conhecimento organizado podem ser abordadas neste momento.

Esta abordagem torna as aulas mais dinâmicas e dialogadas, gerando nos alunos o interesse por entender os conceitos científicos, utilizando organizadores prévios, expondo subsunçores dos alunos e, assim, facilitando a obtenção das condições apontadas por Ausubel para uma aprendizagem significativa.

3 OBSERVAÇÕES E MONITORIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA¹

A Escola Técnica Estadual Senador Ernesto Dornelles, localizada na Rua Duque de Caxias, bairro Centro Histórico de Porto Alegre, em um prédio construído entre 1913 e 1917 e que faz parte do Inventário dos Bens Imóveis de Valor Histórico e Cultural e de Expressiva Tradição do município, foi instalada em 6 de junho de 1946 e, atualmente, oferece ensino médio regular, EJA e três cursos técnicos (Design de Interiores, Prótese Dentária, e Nutrição e Dietética), nos três turnos, atendendo a um total de cerca de 1200 alunos. A estrutura física da escola é, em geral, muito boa e bem conservada, sendo que quase todas as salas possuem projetor, computador e sistema de som, além de serem amplas. Um ponto negativo é que não há quadras esportivas ou mesmo um pátio (além de uma pequena área externa na entrada), sendo que para a realização de atividades ao ar livre, é preciso levar a turma até à Praça Júlio Mesquita, próxima à escola. A entrada do prédio pode ser vista na Figura 2:

Figura 2 – Fachada da Escola Técnica Estadual Senador Ernesto Dornelles



1 As informações deste tópico foram obtidas no sítio oficial da escola. Disponível em: <https://etesed.wixsite.com/oficial>. Acesso em 05/02/2024

Fonte: wikimapia. Escola Técnica Estadual Senador Ernesto Dornelles. Disponível em: <http://wikimapia.org/1320333/pt/Escola-T%C3%A9cnica-Estadual-Senador-Ernesto-Dornelles>. Acesso em: 05/02/2024.

A escola possui acesso à internet e laboratório de informática, porém, a qualidade dos equipamentos é baixa, os computadores levam muito tempo para rodar programas e não é possível salvar as sessões, ou seja, uma vez que um computador é desligado, qualquer programa ou arquivo salvo nele é perdido; tais deficiências dificultam a realização de atividades envolvendo simulações computacionais – na minha regência, foi feito numeroso uso de simulações, porém, apenas de forma demonstrativa e não como atividades para serem realizadas pelos alunos no laboratório. Não há laboratório de ciências na escola, apenas laboratórios específicos aos cursos técnicos. A sala da turma na qual a regência relatada neste trabalho foi aplicada é pequena e não possui projetor ou sistema de som; porém, foi possível utilizar uma segunda sala com tais recursos, embora o deslocamento dos alunos entre as salas tenha tido efeito sobre o tempo das aulas.

Um aspecto que foi notado foi em relação aos horários, sendo percebido alunos chegando e saindo das aulas em horários diversos, aulas sendo estendidas após o fim do período, o intervalo sendo estendido (muitas vezes por problemas envolvendo a merenda), além de que o último período do turno da manhã, no qual foram realizadas as atividades relatadas neste trabalho, termina 15 minutos antes do horário oficial. Em geral, a convivência na escola parece tranquila, não tendo sido notado nenhum caso de violência física – embora, em um caso tenha havido uma discussão relativamente pesada relatada na subseção de observações.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS TURMAS

Das cinco turmas observadas, as duas do segundo ano (incluindo a 202, na qual a regência relatada neste trabalho foi aplicada) se mostraram mais agitadas e dando mais trabalho ao professor. As demais turmas eram, em geral, tranquilas e seus alunos se mostraram mais interessados nas aulas, embora as turmas dos primeiros anos não tenham demonstrado muito engajamento com as atividades – o que foi mais observado na turma do terceiro ano, 301. Em geral, as turmas tem em torno de 40 alunos matriculados cada, embora o número de

alunos presentes em cada aula tenha sido em torno de 20, sendo o número de faltas muito alto (é comum que uma parte significativa dos alunos presentes em uma aula não tenha participado da aula anterior). Em todas as turmas, os alunos ficam organizados com as classes em duplas.

A turma 202 se mostrou bastante heterogênea, com grupos bem definidos, sendo os grupos que ficam na frente compostos por alunos tranquilos, que prestam atenção nas aulas e participam das atividades, embora não muito ativamente (ficavam mais quietos, sem fazer muitas perguntas); e os grupos que ficam no fundo mais agitados e sem preocupação em realizar as atividades propostas. Também foi perceptível uma separação por gênero, com grupos totalmente femininos e grupos totalmente masculinos.

Antes de iniciar o período de observações, eu me apresentei para a turma 202 e distribuí um questionário sobre atitudes em relação à física (Apêndice B). A turma tinha 41 alunos matriculados, mas apenas 17 estavam presentes e responderam o questionário. As idades dos alunos que responderam variavam entre 16 e 18 anos. A partir das respostas ao questionário, pude perceber que, embora alguns alunos afirmassem gostar de física, a maioria tinha dificuldade em entender o conteúdo e não gostava de cálculos e fórmulas. Em torno da metade da turma trabalhava e a maioria pretendia fazer algum curso superior, embora uma parte significativa não pretendesse. Também pude perceber que muitos dos alunos tinham afinidade pela música, sendo alguns já musicistas.

3.3 RELATOS DAS OBSERVAÇÕES

Observações 1 e 2

Data: 12/07/2022

Turma: 101 **Ano:** 1º ano

Períodos: 1º e 2º (07:30 às 09:10)

Assunto da aula: Astronomia

Número de alunos presentes: 26 no 1º período; 29 no 2º.

Cheguei na escola por volta das 07:15 e me encaminhei para a sala dos professores. O professor titular de Física chegou alguns minutos depois, e quando bateu o sinal, fomos até a

sala da turma 101. Ao entrar na sala, o professor titular apresentou à turma os dois estagiários que observariam a aula. Foi possível notar algum estranhamento, mas também contentamento com a chegada dos estagiários – quando informados de que nenhum dos dois faria a regência com a turma, alguns alunos demonstraram decepção. Notei que a estrutura física da sala, assim como da escola em geral, é muito boa (espaçosa, recém reformada, com janelas amplas, projetor e sistema de som).

Às 07:37, a aula foi iniciada de fato. O professor titular pede que os alunos entreguem uma redação que fizeram em casa sobre um trecho do filme “Zeitgeist”, que relaciona crenças religiosas a fenômenos astronômicos. Em seguida, o professor titular passou um questionário de 21 questões para ser respondido em duplas ou individualmente sobre o capítulo 1 do livro “Fundamentos de Astronomia”, de Flávio Alarsa et al, leitura que também era um tema de casa, embora o professor tenha me confidenciado que a maioria não deva ter lido; e avisa que os alunos podem acessar o texto, que estava disponível na sala de aula virtual, pelo celular.

Enquanto os alunos faziam a atividade, o professor titular avisou que aquela seria a última aula do bimestre e que aquele trabalho fecharia as notas, sendo 3 pontos para esse questionário, 5 pontos para a prova/recuperação, 1 ponto para comportamento/frequência e 1 ponto para a redação sobre o filme “Zeitgeist”.

A turma esteve bastante tranquila ao longo de toda a aula, com todos os alunos presentes focados na atividade didática. Quando bateu o sinal para o segundo período, entraram 3 meninos, totalizando 29 alunos na sala. Próximo ao final da aula, uma aluna perguntou para o professor se era possível entregar o trabalho na aula seguinte, ao que ele respondeu que aquela era a última aula do bimestre e que ele precisaria fechar as notas, mas que eles poderiam entregar tanto o questionário quanto a redação até o dia seguinte. Os alunos permaneceram tranquilos realizando a atividade até o final da aula.

Observação 3

Data: 12/07/2022

Turma: 202 **Ano:** 2º ano

Período: 3º (09:10 às 10:00)

Assunto da aula: Apresentação de trabalhos sobre sensores

Número de alunos presentes: 21.

Inicialmente, acompanhei o professor titular até a sala da turma 202 onde este chamou os alunos até a sala de apresentações, na qual há projetor e bastante espaço, para que os grupos apresentassem seus trabalhos sobre sensores — a sala desta turma, excepcionalmente, não tem projetor. A turma ficou um pouco dispersa com a mudança de sala.

A primeira dupla iniciou sua apresentação sobre o telescópio espacial Hubble. Os outros alunos ficaram mais calmos e assistiram a apresentação. A dupla falou sobre os sensores utilizados no Hubble e mostraram imagens. Ao final da apresentação, o professor titular disse que a dupla poderia ter explorado mais sobre o tema, mas que o trabalho está bom. A dupla entregou o trabalho escrito, e, neste momento, um grupo de meninos se mostrou surpreso ao descobrir que também havia uma parte escrita do trabalho; ficou combinado que eles entregariam o trabalho escrito no dia seguinte.

A segunda dupla também apresentou sobre o telescópio Hubble. Citaram um problema de aberração no espelho e a solução, deram características técnicas com imagens de cada parte do telescópio e também discutiram a colorização das imagens feitas pelo Hubble. A dupla finalizou apresentando a primeira imagem feita pelo telescópio. O professor titular discutiu sobre a imagem apresentada ao final e a comparou com uma imagem feita pelo telescópio James Webb, apontando que na imagem mais recente é possível perceber o efeito de lente gravitacional.

O terceiro grupo, um trio, apresentou sobre as sondas Voyager, discutindo a sua história, equipamentos, as trajetórias de cada uma, suas velocidades e fotos. Durante a apresentação, o professor titular pediu para um grupo de alunos agitados se acalmarem. Ao final, o grupo citou o astrônomo e divulgador da ciência Carl Sagan ao apresentar a imagem do "Pálido Ponto Azul" e os Discos de Ouro. Então, o professor discutiu sobre as primeiras imagens feitas do sistema Terra-Lua e do Sistema Solar.

Como não houve tempo para que todos os grupos apresentassem, o restante das apresentações ficaram para a aula seguinte.

Observação 4

Data: 12/07/2022

Turma: 201 **Ano:** 2º ano

Período: 4º (10:15 às 11:00)

Assunto da aula: Apresentação de trabalhos sobre sensores

Número de alunos presentes: 24.

Inicialmente, notei a boa estrutura da sala, ampla e com projetor. O intervalo se estendeu devido a um problema com a merenda, e a primeira dupla começou a preparar a apresentação por volta das 10:25. Enquanto isso, o professor titular falou sobre as notas dos trabalhos e provas do trimestre.

Com isso, a primeira dupla iniciou sua apresentação sobre a missão Mars Curiosity. Discutiram sobre os sensores do rover, suas características e descobertas e mostraram imagens. Durante a apresentação, o professor pediu para os outros alunos não agitarem tanto a aula.

A segunda dupla iniciou sua apresentação sobre o telescópio Hubble, citando sua história, seus instrumentos científicos e mostrando algumas imagens. A apresentação foi relativamente curta, durando cerca de 5 minutos. Ao final, o professor titular falou sobre as imagens, citando a colorização dos dados de fora do espectro visível.

A terceira dupla apresentou sobre a Voyager 1 e falou sobre sua história e seus instrumentos, incluindo a localização de cada um na sonda. Neste momento, o professor chamou a atenção da turma e avisou que caso isso precisasse se repetir, aqueles que estivessem atrapalhando a aula deveriam sair da sala e perder nota. Então, a dupla finalizou apresentando a imagem do "Pálido Ponto Azul", outras imagens e o Disco Dourado. Ao final, o professor falou um pouco mais sobre o "Pálido Ponto Azul".

Observação 5

Data: 13/07/2022

Turma: 202 **Ano:** 2º ano

Período: 1º (07:30 às 08:20)

Assunto da aula: Apresentação de trabalhos sobre sensores

Número de alunos presentes: 18.

Ao chegar na escola, fui até o anfiteatro onde se deu a continuação das apresentações dos trabalhos sobre sensores da turma.

A primeira dupla apresentou sobre a Voyager 1, comentando sobre a sua história, funções e sobre o Disco Dourado e apresentando imagens. Foi uma apresentação curta, durando cerca de cinco minutos.

A segunda dupla apresentou sobre o satélite CBERS. Também foi uma apresentação curta, e foi discutido sobre a história, os objetivos e as funções do satélite e apresentadas imagens. Até aqui, a turma estava tranquila, apesar de um burburinho vindo de um grupo de meninos que diminui com o professor se aproximando deles.

A próxima dupla apresentou sobre o telescópio Hubble, discutindo sua história e características e apresentando imagens. Ao final, um colega perguntou o que é uma nebulosa; os alunos que apresentavam disseram não sabiam, então, o professor começou a responder, mas foi interrompido por uma discussão entre dois alunos e acabou não finalizando a resposta.

A dupla seguinte apresentou sobre a Voyager 1. Foi discutido sobre sua história, objetivo e características de maneira mais aprofundada em comparação com as demais apresentações. A dupla também discutiu sobre o Disco Dourado, explorando bem o tema, e apresentou imagens, incluindo a do "Pálido Ponto Azul".

A próxima dupla apresentou sobre o telescópio Hubble, comentando sobre sua história e características e apresentando imagens. Durante a apresentação, o professor titular exigiu de forma mais rígida que parassem as conversas que atrapalhavam a aula. Ao final, um colega perguntou sobre o que parece ser papel alumínio em uma das imagens do telescópio, e o professor respondeu que é para isolamento térmico e proteção contra raios cósmicos.

A última dupla apresentou sobre os rovers Spirit e Opportunity. Começaram falando sobre o Spirit, sua história, descobertas e características e apresentando imagens. O professor titular comentou sobre o espectrômetro. Sobre o Opportunity, a dupla comentou sobre sua história, descobertas, características e sobre como ocorre a comunicação, além de apresentar imagens. Uma aluna perguntou o que acontece se um equipamento desses quebra, e o

professor respondeu que não tem concerto. A aula terminou alguns minutos após o horário previsto.

Observação 6

Data: 13/07/2022

Turma: 201 **Ano:** 2º ano

Período: 2º (08:20 às 09:10)

Assunto da aula: Apresentação de trabalhos sobre sensores

Número de alunos presentes: 21.

Ao chegar na sala, o professor atendeu um grupo de alunos por cerca de cinco minutos. Então, ele saiu da sala enquanto o supervisor entrou para conversar com os alunos.

Após isso, o primeira grupo (com três integrantes) iniciou sua apresentação sobre o telescópio James Webb, discutindo sua história e objetivos e apresentando imagens, inclusive a primeira feita pelo telescópio (O Primeiro Campo Profundo de Webb). Durante a apresentação desta imagem, um colega comentou sobre o efeito de lente gravitacional.

Com a turma tranquila, o grupo (também com três integrantes) seguinte iniciou sua apresentação sobre o programa LANDSAT, discutindo sobre sua história e características e apresentando imagens. Durante a apresentação, o professor titular pediu para que os colegas parassem com um burburinho.

Ao final da aula, a diretora da escola entrou na sala com uma ata sobre um incidente ocorrido na escola, conversou com os alunos e passou a ata para que fosse assinada por eles.

Observação 7

Data: 13/07/2022

Turma: 301 **Ano:** 3º ano

Período: 3º (09:10 às 10:00)

Assunto da aula: Correção de lista de exercícios sobre associação de resistores

Número de alunos presentes: 25.

A aula se iniciou com cerca de 10 minutos de atraso, pois o professor titular estava acompanhando a diretora da escola em uma reunião. Então, o professor começou a corrigir uma lista com nove exercícios sobre associação de resistores a qual os alunos haviam recebido anteriormente como preparação para a prova que ocorreria no período seguinte após o intervalo.

A turma estava tranquila, com apenas um leve burburinho. Os alunos pareciam entender o conteúdo melhor do que os alunos dos segundos anos. O professor foi resolvendo as questões uma a uma no quadro. Em certo momento, o professor perguntou aos alunos se eles prefeririam pular uma questão que envolvia vários circuitos sendo que não cairia nenhuma questão do tipo na prova; os alunos decidiram pular esse exercício. A aula terminou faltando apenas a correção da última questão da lista.

Observação 8

Data: 13/07/2022

Turma: 301 **Ano:** 3º ano

Período: 4º (10:15 às 11:00)

Assunto da aula: Prova sobre efeito Joule e associação de resistores

Número de alunos presentes: 25.

A aula se iniciou com cerca de 10 minutos de atraso, pois houve uma comemoração dos professores durante o intervalo. Antes de iniciar a avaliação em duplas, o professor pediu para os alunos revisarem o conteúdo de efeito Joule. A turma estava um pouco mais agitada do que no período anterior, mas ainda relativamente tranquila.

Por volta das 10:30, se iniciou a prova em duplas (três alunos decidiram fazer individualmente) sobre efeito Joule e associação de resistores. O professor escreveu as equações relevantes no quadro e permitiu que os alunos usassem calculadoras; algumas resoluções de exercícios feitas no período anterior também ficaram no quadro. A prova conteve seis questões mais duas valendo pontos extras.

Durante todo o tempo da prova, o professor atendeu a dúvidas dos alunos. Em certo momento, percebi que duas duplas estavam trocando informações entre si. Às 11:00, horário do final do período, nenhuma dupla havia entregado a prova ainda; então, o professor deu

mais três minutos para que finalizassem. Logo, uma dupla entregou a prova; faltando um minuto, outras duplas começaram a entregar. Nesse momento, as duplas que ainda não haviam terminado começaram a conversar entre si. Às 11:05, as últimas duplas entregaram a prova.

Observações 9 e 10

Data: 02/08/2022

Turma: 101 **Ano:** 1º ano

Períodos: 1º e 2º (07:30 às 09:10)

Assunto da aula: Gravitação

Número de alunos presentes: 34 no primeiro período e 36 no segundo.

Por volta das 7:38, o professor titular projetou uma apresentação com o título "Gravitação Universal" e faz a chamada. A estrutura da sala era muito boa, ela era espaçosa, com projetor e caixas de som. Ao longo da chamada, alguns alunos ainda estavam chegando. A turma estava um pouco agitada. Após a chamada, o professor comentou sobre não ter conseguido corrigir os questionários da aula passada, pois estava com COVID-19, e avisou que quem não havia entregado ainda poderia entregar.

Então, o professor iniciou a apresentação sobre gravitação recapitulando o conceito de gravidade. Após, apresentou um *slide* sobre Isaac Newton e o próximo com a equação da lei da gravitação universal. Notei uma falta de discussão sobre a dada lei, foi apenas apresentada a equação e explicado o que simbolizava cada parâmetro. No próximo *slide*, o professor discutiu sobre forças de maré.

Em seguida, foi passada uma questão de vestibular envolvendo a lei da gravitação universal para que os alunos resolvessem; porém, antes que os alunos tivessem tempo de tentar, o professor resolveu a questão no quadro. A turma ficou mais quieta durante a resolução. Após isso, o professor passou outra questão de vestibular e deu tempo para que os alunos resolvessem; porém, a maioria não parecia estar tentando. Durante a resolução no quadro, a maioria dos alunos prestou atenção, mas um grupo de cerca de oito alunos conversava bastante, atrapalhando um pouco os outros. Após a resolução, o professor deu o resto do período de tempo para os alunos copiarem.

No segundo período, o professor perguntou se os alunos queriam que ele fizesse um exercício que havia ficado como tema de casa. A turma estava muito agitada, e apenas uma dupla da parte da frente respondeu o professor (não consegui ouvir o que falaram). Então, o professor pediu para que os alunos pesquisassem no celular sobre massa, carga útil e distância de algum satélite e deu alguns nomes, como LANDSAT, James Webb e Hubble; ele explicou que "carga útil" se refere ao objetivo do satélite. Enquanto os alunos pesquisavam, o professor passou os dados de massa da Terra, raio da Terra, massa da Lua, raio da Lua, o valor da constante da gravitação universal (G) e pediu para que eles calculassem a força gravitacional. Alguns alunos confundiram m (massa na fórmula) com m (metros), assim como a constante G com a aceleração gravitacional (g).

A turma continuou agitada, e o professor pediu para diminuírem o barulho e calcularem a força de atração gravitacional entre a Terra e o satélite Sputnik enquanto este ficou em órbita. Alguns alunos tentaram resolver, mas a turma continuou bastante agitada.

Observação 11

Data: 02/08/2022

Turma: 202 **Ano:** 2º ano

Período: 3º (09:10 às 10:00)

Assunto da aula: Ondulatória

Número de alunos presentes: 20.

Após fazer a chamada, o professor começou a revisar, no quadro, o que a turma já havia visto sobre ondas. A turma estava agitada, e o professor pediu silêncio; logo, os alunos ficaram mais tranquilos. O professor escreveu no quadro sobre comprimento de onda, amplitude, período e frequência. Nesse momento, um aluno perguntou "o que é aquilo?" se referindo à letra λ , e o professor explicou que é uma letra do alfabeto grego que indica o comprimento de onda.

Então, o professor passou algumas equações no quadro e perguntou aos alunos sobre reflexão; nenhum conseguiu responder, e o professor questionou o fato de eles terem feito o trabalho, mas ninguém lembrar o que é. Nesse momento, o supervisor entrou na sala pedindo para falar com o professor, e a turma se agitou. O supervisor pediu silêncio e os alunos se acalmaram.

Após isso, o professor repassou o conteúdo de refração e difração, explicando o princípio de Huygens. Os alunos da frente estavam copiando e prestando atenção, mas sem engajamento; os do fundo estavam usando o celular. Então, o professor passou um exercício no quadro, e, logo após, pediu a um dos alunos do fundo que pegasse o caderno que ainda estava na mochila; o aluno respondeu que faria depois. Enquanto os alunos resolviam o exercício, o professor passou um segundo problema no quadro.

Faltando cerca de cinco minutos para o final da aula, o professor começou a resolver o primeiro exercício no quadro. Enquanto isso, dois alunos do fundo (o mesmo que ainda não havia pego o caderno e uma menina do lado oposto) começaram a discutir. O professor pediu silêncio, mas a discussão continuou ficando mais agressiva, com gritos e palavras de baixo calão; então, o professor exigiu que os dois descessem para o intervalo imediatamente, mas ambos o ignoraram, e o professor saiu da sala sem terminar a correção do exercício.

Observação 12

Data: 02/08/2022

Turma: 201 **Ano:** 2º ano

Período: 4º (10:15 às 11:00)

Assunto da aula: Ondulatória

Número de alunos presentes: 17.

Inicialmente, o professor avisou que os grupos que ainda não haviam apresentado o trabalho o fariam na aula seguinte e fez a chamada. Então, começou a revisão sobre ondas. A turma estava bem tranquila, mas não muito engajada; quase todos prestavam atenção e copiavam, enquanto um deles dormia.

Foi feita a revisão sobre classificação de ondas (mecânica e eletromagnética, transversal e longitudinal), sobre os conceitos de amplitude, comprimento de onda, velocidade, período, reflexão, refração, difração e interferência. Para este último, o professor apresentou exemplos com superposição de pulsos e discutiu sobre como a posição na plateia em um concerto ao vivo pode influenciar na experiência auditiva. O professor também passou algumas equações no quadro, e, enquanto passava um exercício, bateu o sinal para o próximo período; então, ele terminou de passar e, em seguida, corrigiu a questão.

Observações 13 e 14**Data:** 02/08/2022**Turma:** 102 **Ano:** 1º ano**Períodos:** 5º e 6º (11:00 às 12:30)**Assunto da aula:** Gravitação**Número de alunos presentes:** 22 no 5º período e 19 no 6º período.

Primeiramente, notei a boa estrutura da sala, ampla, com projetor e caixas de som. O professor iniciou a aula falando sobre força gravitacional. A turma estava tranquila, com apenas um leve burburinho. Então, foi iniciada a apresentação sobre gravitação universal, e o professor falou rapidamente sobre as leis de Kepler. Foi apresentada a equação da lei da gravitação universal a qual o professor falou que já haviam visto, mas iriam revisar e fazer alguns exercícios; ele reforçou que a constante da gravitação universal não é a aceleração da gravidade ($G \neq g$). A maioria da turma estava copiando o que o professor passava. A apresentação foi finalizada com o professor explicando sobre as marés.

Então, o professor passou o primeiro exercício e, logo em seguida, o resolveu no quadro. Após, foi passado o segundo exercício, o qual o professor disse que iria deixar para que os alunos resolvessem. Cerca de cinco minutos depois, o professor corrigiu o segundo problema. As correções foram bem organizadas e explicadas passo a passo.

No período seguinte, o professor passou aos alunos a mesma atividade sobre satélites que havia passado à turma 101 no início da manhã (observações 9 e 10). Logo, alguns alunos começaram a sair da aula. O professor ficou atendendo às dúvidas dos alunos até às 12:00, quando fez a chamada; notei que a maioria dos alunos chamados não estavam na aula. Após a chamada, o professor liberou os alunos dizendo que a atividade ficaria como tema de casa. Depois de finalizada a aula, perguntei ao professor se era comum que as aulas do último período terminassem mais cedo; ele respondeu que sim, pois os alunos ficam cansados, com fome, muitos precisam pegar ônibus, e as atividades acabam não rendendo muito.

Observação 15**Data:** 03/08/2022**Turma:** 202 **Ano:** 2º ano

Período: 1º (07:30 às 08:20)

Assunto da aula: Lentes gravitacionais

Número de alunos presentes: 17.

Enquanto o professor titular foi chamar a turma para a sala com projetor, eu fui testando os equipamentos, já que pretendia utilizar a sala em minha regência. Depois de alguns problemas com permissões para acessar páginas da internet no computador, consegui resolver, e o professor abriu a sua apresentação sobre lentes gravitacionais.

Primeiramente, o professor discutiu sobre relatividade especial e geral, e sobre o eclipse de Sobral. A turma estava bem tranquila, mas nada engajada; a sala estava bem escura (a apresentação tinha fundo preto), e alguns alunos estavam dormindo. Então, o professor explicou sobre o efeito de lentes gravitacionais e usou a Cruz de Einstein como exemplo. Após isso, o sinal bateu, e o professor disse que queria chegar ao efeito Doppler, mas que isso ficaria para a próxima aula que ele teria com a turma, o que seria após a minha regência.

Observação 16

Data: 03/08/2022

Turma: 202 **Ano:** 2º ano

Período: 2º (08:20 às 09:10)

Assunto da aula: Absolutismo (História)

Número de alunos presentes: 17.

Ao início da aula, a professora deu um aviso sobre a prova que haveria na aula seguinte e chamou a atenção de um aluno. Os alunos da frente estavam bem tranquilos; os do fundo, mais agitados. Então, a professora começou a passar o conteúdo sobre absolutismo no quadro. Todos os alunos estavam copiando, e alguns conversando baixinho.

Cerca de 15 minutos após começar a passar o conteúdo no quadro, a professora terminou e sentou à mesa. Os alunos continuaram copiando. Logo, a professora fez a chamada, e alguns alunos terminaram de copiar o conteúdo e começaram a passear pela sala que começou a ficar mais agitada. Faltando cerca de 10 minutos para o fim do período, a professora começou a dar visto nos cadernos dos alunos, e, no momento em que bateu o sinal, o último aluno levou seu caderno para receber o visto.

Observações 17 e 18**Data:** 03/08/2022**Turma:** 301 **Ano:** 3º ano**Períodos:** 3º e 4º (09:10 às 10:00 e 10:15 às 11:00)**Assunto da aula:** Corrente contínua e corrente alternada**Número de alunos presentes:** 24.

Inicialmente, o professor passou o conteúdo sobre corrente contínua e corrente alternada no quadro enquanto os alunos copiavam. Então, o professor começou a explicar o conteúdo oralmente. A turma estava tranquila e engajada na aula. Um aluno perguntou qual era a corrente em uma extensão, e o professor respondeu que tudo o que se liga em tomada é corrente alternada.

Assim, o professor continuou a passar conteúdo no quadro, e os alunos estavam copiando. Então, o professor disse que não teria prova com aquele conteúdo, mas teria um trabalho no qual os alunos deveriam coletar dados de casa para calcular o quanto de energia elétrica cada um utiliza. Neste momento, a turma se agitou um pouco, e, logo, bateu o sinal para o intervalo.

No período seguinte, o professor continuou a passar o conteúdo (eletricidade residencial, medidores de energia, disjuntores, interruptores, tomadas) no quadro. A turma ainda estava agitada e com alguns alunos dormindo, utilizando o celular e ainda chegando do intervalo. Então, o professor começou a explicar sobre o trabalho, e a turma ficou um pouco mais tranquila. O trabalho consistia em contabilizar o uso feito pelo aluno de cada equipamento elétrico de casa em kWh e depois comparar com a conta de luz.

Após isso, o professor passou no quadro conteúdo sobre estimativa de consumo de energia elétrica e continuou a explicar sobre a atividade. A turma ficou bem agitada falando sobre o trabalho. Então, o professor passou no quadro um exemplo da tabela que os alunos deveriam fazer e continuou a discutir sobre o trabalho até o final da aula enquanto os alunos copiavam o conteúdo do quadro e conversavam.

Observação 19

Data: 09/08/2022

Turma: 202 **Ano:** 2º ano

Período: 3º (09:10 às 10:00)

Assunto da aula: Prova simulada sobre ondulatória

Número de alunos presentes: 18

Inicialmente, o professor passou aos alunos a prova simulada para que resolvessem no caderno em duplas (as atividades do caderno valeriam nota no final do bimestre). Alguns alunos estavam pesquisando pelo celular – o professor havia colocado material na sala de aula virtual na noite anterior.

Os alunos estavam com muitas dúvidas, e eu comecei a auxiliar o professor a atendê-los. Uma aluna me pediu para dar as respostas, e eu respondi que não poderia fazer isso, apenas auxiliar para que eles consigam resolver por conta própria. Os dois grupos que atendi tinham dúvidas com a unidade de velocidade (cm/s). Os alunos do fundo da sala não demonstravam se importar muito em tentar resolver as questões.

Faltando cerca de 10 minutos para terminar o período, o grêmio estudantil pediu para dar um recado aos alunos, e o professor permitiu. Então, os três representantes do grêmio avisaram sobre uma plenária para encontro de estudantes sobre cortes orçamentários e passaram uma lista para formar grupos e pautas. A turma ficou bem agitada, e muitos alunos combinaram de participar do ato; ainda faltando alguns minutos para bater o sinal, os alunos começaram a sair para o intervalo.

Observação 20

Data: 10/08/2022

Turma: 202 **Ano:** 2º ano

Período: 1º (07:30 às 08:20)

Assunto da aula: Correção e continuação da prova simulada sobre ondulatória

Número de alunos presentes: 18.

Ao início da aula, o professor entregou a prova simulada sobre ondulatória aos alunos que não estavam na aula anterior e começou a correção. Uma aluna do fundo pediu para o professor ir até ela, dizendo que não queria "perguntar alto"; então, ela perguntou o que era o

" d " (distância), e o professor explicou a ela e voltou ao quadro para continuar a correção. Os alunos estava prestando atenção, com exceção de alguns do fundo.

O professor corrigiu até a questão 5 e perguntou se alguém tinha feito alguma além dessas; apenas um aluno havia feito a 6. Então, o professor deixou que os alunos continuassem a resolver os problemas. Apenas os oito alunos da frente estavam fazendo a atividade. O professor fez a chamada e, após, incentivou, sem sucesso, os alunos do fundo a fazerem a tarefa. Notei que os alunos tinham dificuldade com os conceitos de frequência e período.

Ao final da aula, alguns alunos do fundo começaram a tentar resolver as questões, e um deles perguntou qual equação deveria usar para encontrar o período. O professor explicou que deveriam usar a equação com a velocidade e o comprimento de onda para encontrar a frequência e, após, calcular o período. Os alunos não entenderam, mas tentaram resolver e chamaram o professor, que disse que a primeira parte estava certa. Então, bateu o sinal, e o professor ficou mais um minuto atendendo dúvidas.

4 PLANOS DE AULA E RELATOS DE REGÊNCIA

Nesta seção, são apresentados os planos de aula e os relatos de regência da unidade didática aplicada na turma 202, segundo ano do ensino médio, da Escola Técnica Estadual Senador Ernesto Dornelles. O conteúdo abordado foi a ondulatória e a unidade didática foi composta por um total de 15 horas-aula. A avaliação foi feita a partir das participações em aula, de uma prova (Apêndice D) e de um trabalho (Apêndice C).

4.1 AULAS 1 E 2

Plano de aula:

Data: 19/08/2022, sexta-feira, 5º e 6º períodos (11:00 às 12:30)

Tópicos: Apresentação da unidade didática, revisão, princípio da superposição de ondas

Objetivos docentes:

- Apresentar a sistemática e o conteúdo que será trabalhado na unidade didática de maneira a relacionar com as respostas dos alunos ao questionário e com os conteúdos já vistos, sempre ressaltando aplicações e relevância de tais conhecimentos.
- Apresentar o princípio da superposição de ondas a partir de simulações computacionais e de discussão sobre tecnologias de cancelamento de som.

Procedimentos:

Atividade Inicial (~ 30 min):

Iniciarei a aula me apresentando novamente aos alunos, apresentando suas respostas ao questionário – i.e., disciplinas favoritas (História e Educação Física), dificuldade em entender Física e em cálculos, e gosto por temas ligados à Astrofísica – e como elas foram levadas em conta no planejamento da regência – i.e., pela busca por elementos de História da Física, da Física no corpo humano e da Astrofísica; foco em poucos fenômenos específicos; abordagem preferencialmente conceitual; e uso de instrução por pares. Em seguida, discutirei sobre alguns motivos gerais que tornam o estudo da Física importante para todas as pessoas – i.e., utilidade no cotidiano, desenvolvimento de habilidades importantes para o exercício pleno da cidadania e de alcance de uma visão de mundo profunda. Após isso, apresentarei os conteúdos da unidade didática, enfatizando as problematizações planejadas para cada tópico e as formas de avaliação. Finalmente, farei uma revisão do conteúdo de ondulatória abordado

pelo professor titular e aplicarei uma questão (Questão 1) seguindo o método de Instrução Pelos Colegas (Figura 3).

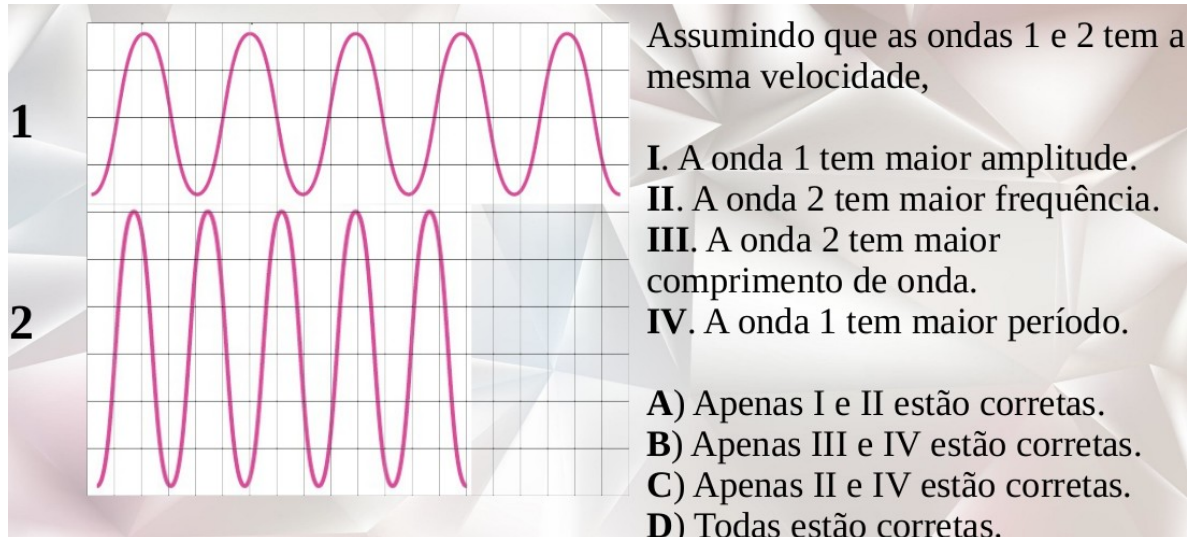


Figura 3 – Questão de revisão do conteúdo abordado pelo professor titular.

Desenvolvimento (~ 45 min):

Apresentarei os conceitos de formatos de ondas e diferença de fase; revisarei o tópico de classificação de ondas quanto a sua natureza, incluindo ondas gravitacionais e ondas de matéria (chamando atenção ao fato de que, para o último conceito, não existe uma interpretação que seja consenso entre os especialistas); além de citar a possibilidade de que os conhecimentos de ondulatória sejam utilizados em áreas das ciências humanas, mencionando o conceito de ondas de Kondratiev. Estimularei os alunos a discutir sobre o problema da poluição sonora e maneiras de combatê-lo a partir da pergunta "O que acontece quando várias ondas se cruzam? Como podemos mitigar a poluição sonora com isso?". Em seguida, após uma discussão sobre o significado físico de um gráfico de onda sonora (ou seja, sobre o fato de que uma onda sonora é longitudinal, apesar de que um gráfico mal interpretado possa sugerir que ela seja transversal), apresentarei o princípio da superposição de ondas a partir de casos simples de superposições de pulsos e de demonstrações nas simulações computacionais *Superposition of Transverse Waves*² do site "oPhysics", e *Superposition of Sine Waves*³ do site "desmos", chamando atenção para a possibilidade de cancelamento de uma onda por outra onda.

2 Disponível em: <https://ophysics.com/w3.html>

3 Disponível em: <https://www.desmos.com/calculator/cwc8bn4snj?lang=pt-BR>

Superposition of Transverse Waves

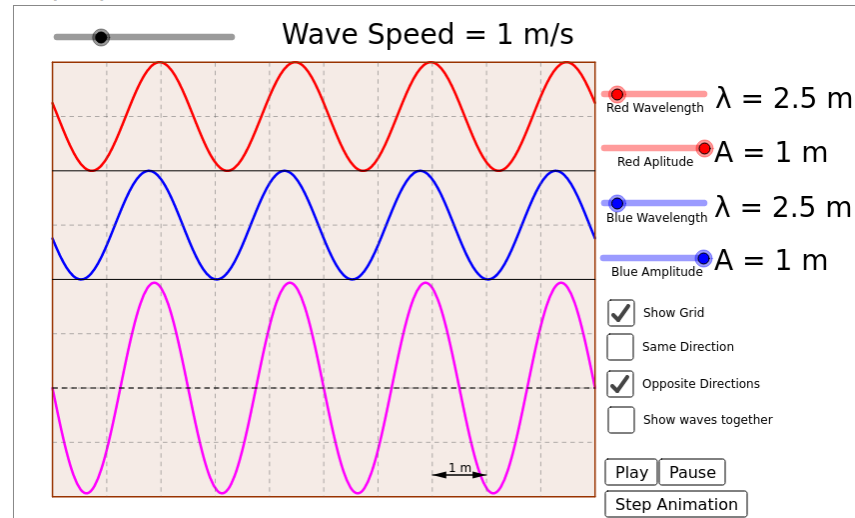


Figura 4 – Captura de tela da simulação computacional da página oPhysics.

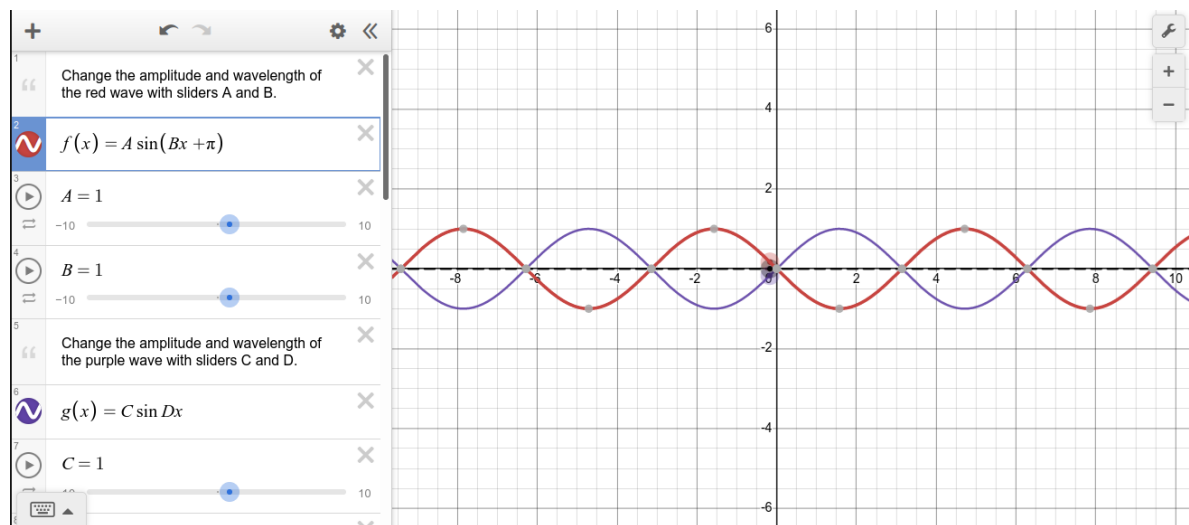


Figura 5 – Captura de tela da simulação computacional da página desmos.

Fechamento (~ 15 min):

Retomarei a discussão sobre poluição sonora pedindo para que os alunos levantem possibilidades de aplicação do conhecimento abordado na aula. Encaminharei a discussão para a apresentação de tecnologias de cancelamento de som, como fones de ouvido e equipamentos para instalação em janelas.

Recursos: projeção de slides, simulação computacional.

Avaliação: participação nas discussões, respostas a questões de múltipla escolha.

Relato de regência:

Esperiei na sala dos professores até o horário da aula. Então, fui até a sala na qual a turma estava tendo aula (a sala oficial da turma estava em reforma) e a qual eu pretendia usar por toda a minha regência, pois nela há projetor e sistema de som. Chegando na sala, notei que a porta estava fechada e que a aula anterior ainda estava em andamento; lembrei que a cultura relativa a horários da escola não é muito rígida e decidi esperar do lado de fora até que a professora do período anterior deixasse a sala, o que ocorreu cerca de 8 minutos após o toque do sinal.

Feito isso, eu entrei na sala, cumprimentei os alunos e liguei o computador e o projetor. A turma estava relativamente tranquila, embora, em momentos posteriores, eu tivesse que pedir para que os alunos do fundo fizessem silêncio. Iniciei, então, a apresentação da unidade didática me apresentando novamente aos alunos e discutindo sobre suas respostas ao questionário. Ao mencionar o método de Instrução Pelos Colegas, chamei cada um dos alunos e distribuí os *plickers* a partir do número na chamada, pedindo para que eles anotassem seu número para que pegassem eles mesmos os cartões nas aulas seguintes. Assim, apresentei uma questão trivial para testar a leitura dos *plickers*, e tudo ocorreu como o esperado.

Durante a discussão sobre porque aprender física, percebi algumas reações de tédio; porém, ao citar que, em outra escola onde atuei, os próprios alunos consertaram a sirene do colégio, evitando gastos de recursos e dando mais autonomia à comunidade escolar, alguns alunos demonstraram interesse.

Finalizada a apresentação da unidade didática, fiz uma revisão dos conceitos básicos da ondulatória que a turma já havia estudado com o professor titular e apresentei a Questão 1. Na primeira rodada, a turma ficou dividida principalmente entre as alternativas B e C; então, pedi para que se reunissem em grupos e tentassem convencer os colegas de que sua resposta era a correta. Pelo que notei, a maioria dos alunos não estava argumentando sobre sua resposta, mas simplesmente afirmando ser a certa. Na segunda rodada, a maioria acabou escolhendo a alternativa B, que é incorreta. O resultado da aplicação da Questão 1 me

surpreendeu e, com ele, percebi que deveria revisar os conceitos básicos com mais profundidade. Ao final da segunda rodada, os alunos me avisaram que já estava no horário da saída, que, não oficialmente, é às 12:15; então, liberei eles e disse que iríamos retomar a questão na próxima aula.

Enquanto os alunos saíam, uma aluna me perguntou como poderia saber qual onda tem maior frequência; respondi a ela chamando atenção ao fato de que ambas tem a mesma velocidade, e que isso faz com que a de menor comprimento de onda oscile mais vezes em um mesmo período de tempo; ao que ela respondeu dizendo que havia entendido. Essa pergunta me fez perceber que o professor titular não havia feito muitas análises gráficas, focando mais em aplicações de fórmulas e definições de conceitos – embora a aplicação de fórmulas pudesse resolver a questão, o fato de não haver nenhuma equação relevante apresentada junto do problema dificultaria essa aplicação por parte dos alunos.

4.2 AULAS 3 E 4

Plano de aula:

Data: 23/08/2022, terça-feira, 3º e 4º períodos (09:10 às 10:00 e 10:15 às 11:00);

Tópicos: Revisão, princípio da superposição de ondas

Objetivos docentes:

- Apresentar o princípio da superposição de ondas a partir de simulações computacionais e de discussão sobre tecnologias de cancelamento de som.

Procedimentos:

Atividade Inicial (~ 20 min):

Iniciarei a aula discutindo sobre a Questão 1 da aula anterior e retomando os conceitos envolvidos, especialmente o conceito de frequência, que parece ter sido o menos entendido pelos alunos.

Desenvolvimento e fechamento (~ 75 min):

Aplicarei os procedimentos planejados para a aula anterior.

Recursos: projeção de slides, simulação computacional.

Avaliação: participação nas discussões.

Relato de regência:

Iniciei a aula retomando a Questão 1 e utilizando um *gif* animado para que os alunos pudessem entender melhor a análise gráfica de ondas, deixando mais evidentes as relações entre velocidade, frequência e comprimento de onda. Após isso, segui a aula mostrando diferentes formatos de onda com exemplos de tensão e corrente elétrica e ondas sonoras, além de apresentar o conceito de fase. Com isso, discuti a classificação de ondas a partir de sua natureza – mecânica, eletromagnética, gravitacional, onda de matéria. Também citei como os conceitos de ondulatória podem ser aplicados a áreas de ciências humanas, com o exemplo das ondas de Kondratiev na economia e a teoria de longos ciclos na política global, o que chamou atenção dos alunos e os engajaram (em especial, pela possibilidade de previsão de um evento de guerra global em menos de uma década).

Assim, dei início ao conteúdo de superposição de ondas, partindo do exemplo da poluição sonora, discutindo seu impacto e pedindo aos alunos que pensassem sobre possibilidades de mitigação a partir da tecnologia. A turma estava tranquila, com os alunos da frente prestando atenção e os do fundo distraídos. Então, discuti o significado físico de uma onda sonora e sua relação com um gráfico (pressão do ar pela posição) e as grandezas físicas associadas apresentando *gifs* animados.

Com isso, introduzi o conceito de interferência construtiva e destrutiva a partir de exemplos de superposição de pulsos e das simulações computacionais do "oPhysics" e do "desmos", apontando a possibilidade de cancelamento de uma onda por outra onda. Assim, finalizei a aula retornando à problematização inicial e discutindo exemplos de tecnologias de cancelamento de som, como fones de ouvido e caixas de som que cancelam o ruído externo a uma janela.

4.3 AULA 5**Plano de aula:**

Data: 24/08/2022, quarta-feira, 1º período (07:30 às 08:20)

Tópicos: Interferência de ondas

Objetivos docentes:

- Relacionar o conceito de interferência de ondas com o uso de ferramentas musicais.

Procedimentos:Atividade Inicial (~ 10 min):

Iniciarei a aula questionando os alunos se algum deles – além das duas alunas que informaram, no questionário, que tocam, uma violino e outra flauta – sabe tocar algum instrumento musical e quem afirma gostar de música. Em seguida, demonstrarei uma sequência de acordes com um violão afinado e, após, com ele desafinado, e perguntarei se eles conseguem notar e caracterizar alguma diferença. Com isso, perguntarei aos alunos como eles pensam que um músico pode afinar um instrumento sem o auxílio de um afinador eletrônico. A partir das interações com os alunos, demonstrarei a técnica de afinação por batimentos em um violão.

Desenvolvimento (~ 30 min):

Organizarei o conhecimento sobre o tema partindo da simulação computacional “Wave Interference”⁴ do projeto PhET Colorado e de uma discussão sobre a história das teorias ondulatórias e corpusculares da luz. Então, após reforçar, para os alunos, a ideia do método *peer instruction*, apresentarei a Questão 1⁵ (Figura 7). Finalizarei o desenvolvimento com a apresentação de exemplos de interferência (cores em bolhas de sabão e poças de óleo, lentes anti reflexo, experimentos com interferômetros) e do conceito físico de batimento utilizando um gerador de tom do site Szynalski⁶, imagens de gráficos e a simulação computacional *Superposition of Transverse Waves* do site “oPhysics”, já apresentada na aula anterior.

4 Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_en.html

5 Disponível em: <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-interferencia-ondas.htm>

6 Disponível em: <https://www.szynalski.com/tone-generator/>

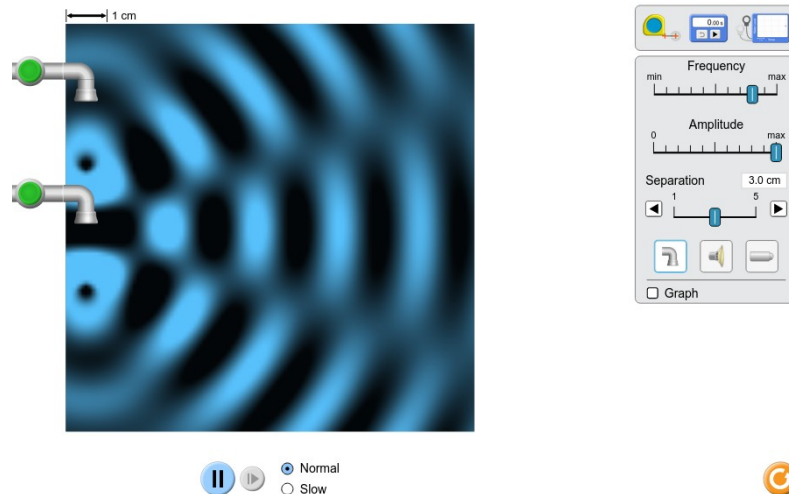


Figura 6 – Captura de tela da simulação computacional "Wave Interference" do projeto PhET.

Questão 1

(FGV) A figura mostra dois pulsos que se movimentam em sentidos contrários, um em direção ao outro sobre a mesma corda, que pode ser considerada ideal.

No momento em que houver sobreposição total, a disposição esperada para os pontos da corda estará melhor indicada por:

a)

b)

c)

d)

Figura 7 – Questão 1 da aula 5.

Fechamento (~ 10 min):

Retomarei a pergunta inicial sobre a afinação de instrumentos musicais a partir do batimento e a demonstração com o violão e apresentarei um trecho da música “Asilos Magdalena” do grupo The Mars Volta que utiliza o batimento para gerar um efeito musical.

Recursos: projeção de slides, simulação computacional, demonstração experimental.

Avaliação: participação nas discussões, respostas a questões de múltipla escolha.

Relato de regência:

Iniciei a aula perguntando aos alunos como eles achavam que um músico pode afinar o seu instrumento sem o uso de afinadores eletrônicos. Nenhum aluno soube responder. Continuei apresentando algumas imagens de corpos d'água com ondulações e falando sobre apreciar os padrões que a sobreposição de ondas geram na superfície. Com isso, apresentei a simulação computacional “Wave Interference”⁷ do projeto PhET Colorado e demonstrei os diferentes padrões de interferência gerados por duas ondas ao mudar os parâmetros, assim como a animação "Interference between two circular waves on the water surface"⁸ para uma visualização mais realista. Após isso, discuti sobre o experimento de Young e como ele indicou que a luz se comporta como onda, assim como experimentos da física moderna que demonstram um comportamento ondulatório na matéria.

Com isso, a fim de minimizar as dificuldades encontradas com a aplicação do método de Instrução Pelos Colegas na aula anterior, antes de passar a Questão 1, eu frisei aos alunos a importância deste momento da aula, o fato de que acertar a questão não valia nota, mas que seguir as orientações ou não influenciaria na nota de participação, e lembrei das três regras – a primeira rodada é individual; na segunda rodada, devem ser formados grupos de três a cinco integrantes; e não pode haver conversa entre grupos diferentes antes da segunda leitura dos cartões. Assim, apresentei a questão. Na primeira rodada, a turma ficou dividida entre as alternativas b) e c), com a maioria escolhendo b). Na segunda rodada, o número de acertos aumentou, mas a maioria continuou escolhendo a alternativa b), indicando que o conceito de cancelamento devido a superposição ainda não estava bem entendido – também acho interessante lembrar que o número de faltas, em geral, é alto, com muitos alunos presentes nesta aula, mas ausentes na aula anterior na qual o conceito foi abordado. Após a segunda rodada, já estava no horário do fim do período, então combinei com os alunos de voltar à questão na aula seguinte.

4.4 AULA 6

Plano de aula:

⁷ Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_en.html

⁸ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fjaPGkOX-wo>

Data: 30/08/2022, terça-feira, 3º período (09:10 às 10:00)

Tópicos: Interferência de ondas

Objetivos docentes:

- Relacionar o conceito de interferência de ondas com o uso de ferramentas musicais.

Procedimentos:

Atividade Inicial (~ 15 min):

Revisarei o conteúdo abordado na aula anterior e comentarei sobre a Questão 1.

Desenvolvimento e fechamento (~ 35 min):

Aplicarei os procedimentos planejados para a aula anterior a partir da apresentação da Questão 1.

Recursos: projeção de slides, simulação computacional, demonstração experimental.

Avaliação: participação nas discussões.

Relato de regência:

Iniciei a aula voltando à discussão sobre o tema da Questão 1 da aula anterior, e ficou claro para os alunos que a resposta correta era a alternativa c). Então, levantei o tema de interferência em lâminas delgadas, apresentando imagens de bolhas de sabão, poças de óleo e óculos com tecnologia antirreflexo, assim como uma explicação do fenômeno através de imagens que demonstram as interferências construtivas e destrutivas. Também discuti a aplicação de tal conhecimento no uso de interferômetros, citando o método de detecção de ondas gravitacionais que utiliza o dispositivo.

Com isso, pude introduzir o conceito de batimento perguntando aos alunos o que acontece quando duas ondas de frequências muito próximas se superpõe e demonstrando o fenômeno a partir de um gerador de tons sonoros *online*⁹, o que chamou bastante a atenção dos alunos, que, no restante da aula, estavam tranquilos, mas não muito engajados. Mostrei aos alunos a variação da frequência do batimento a partir da variação da diferença de frequência entre dois tons e expliquei o fenômeno a partir de uma imagem em gráficos e da simulação com gráficos "Wave Interference and Beat Frequency"¹⁰.

9 Disponível em: <https://www.szynalski.com/tone-generator/>

10 Disponível em: <https://academo.org/demos/wave-interference-beat-frequency/>

Finalmente, retomei a problematização inicial sobre a afinação de instrumentos ao que alguns alunos apontaram que deveria ser possível utilizar o batimento para afinar um instrumento "de ouvido" (sem um afinador eletrônico). Assim, demonstrei aos alunos o batimento com o violão e como era possível afinar uma corda ao observar a variação da frequência do batimento gerado pelo som dessa corda somado ao de outra corda já afinada.

4.5 AULA 7

Plano de aula:

Data: 31/08/2022, quarta-feira, 1º período (07:30 às 08:20)

Tópicos: Ondas estacionárias, harmônicos em uma corda.

Objetivos docentes:

- Relacionar o conceito de ondas estacionárias com o uso de ferramentas musicais.

Procedimentos:

Atividade Inicial (~ 15 min):

Apresentarei aos alunos um trecho da música *Cemetery Gates*¹¹ que utiliza a técnica de harmônico na guitarra, alcançando um tom mais agudo do que se pode gerar com o uso comum do instrumento. Em seguida, perguntarei aos alunos se algum deles conhece essa técnica e como eles a explicariam através da ondulatória.

Desenvolvimento (~ 25 min):

Partindo das interações com os alunos, retomarei a simulação computacional *Superposition of Transverse Waves*¹² do site "oPhysics", já apresentada nas aulas anteriores, sobre superposição de ondas, dando destaque ao caso em que é gerada uma onda estacionária para, assim, definir o conceito.

11 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RVMvART9kb8&t=300s>

12 Disponível em: <https://ophysics.com/w3.html>

Superposition of Transverse Waves

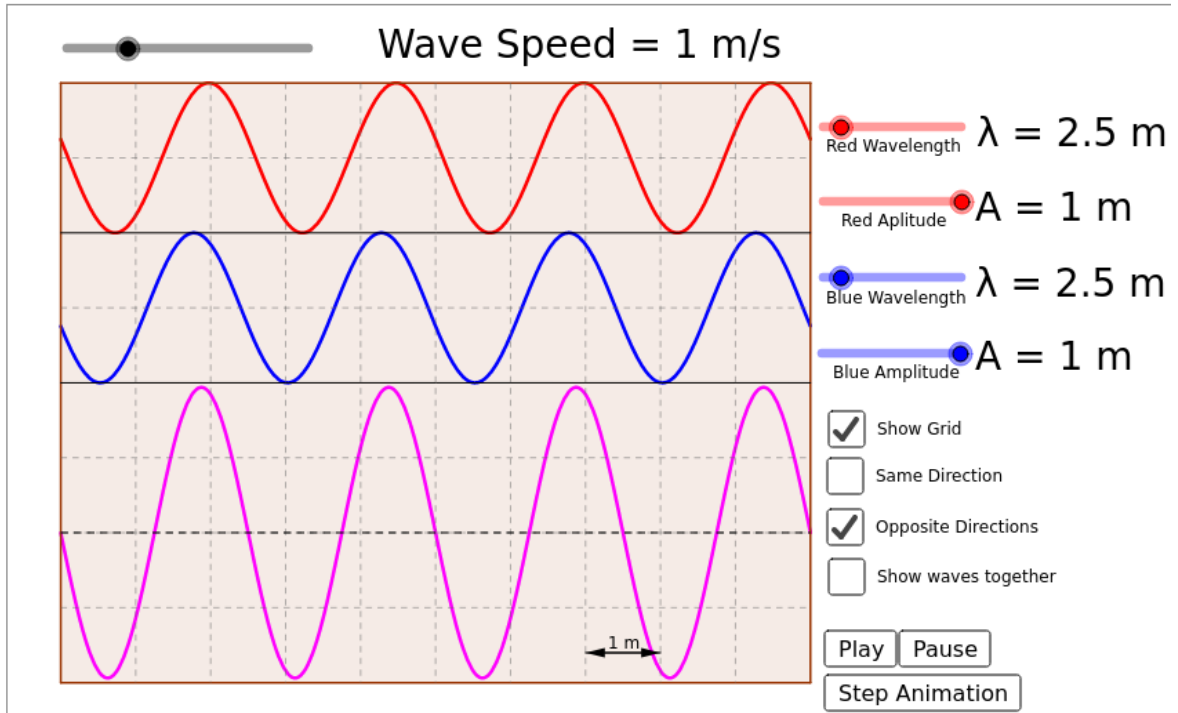


Figura 8 – Captura de tela da simulação computacional da página oPhysics.

Com isso, apresentarei uma imagem mostrando duas ondas que, somadas, geram uma onda estacionária em quatro instantes de tempo – $0T$, $T/4$, $T/2$, $3T/4$ e T .

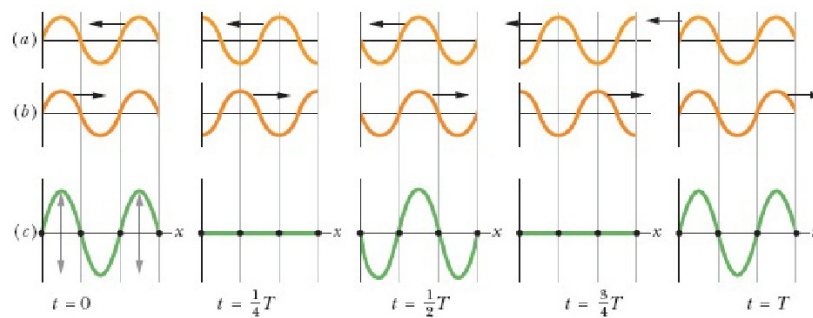


Figura 9 – Ilustração de formação de onda estacionária. Fonte: Halliday, **Fundamentals of Physics**, 8ª edição.

Então, apresentarei um vídeo de surfe em caiaque¹³ demonstrando um caso em que uma onda estacionária é formada pela sua propagação se dar no sentido oposto ao do movimento do meio. Após, apresentarei uma simulação computacional do projeto PhET¹⁴ demonstrando como uma corda com com pontas fixas é propícia a gerar ondas estacionárias graças à superposição de ondas refletidas e incidentes. Neste momento, também citarei o fato de que é necessário que a oscilação se dê em certas frequências específicas para que a onda estacionária seja gerada.

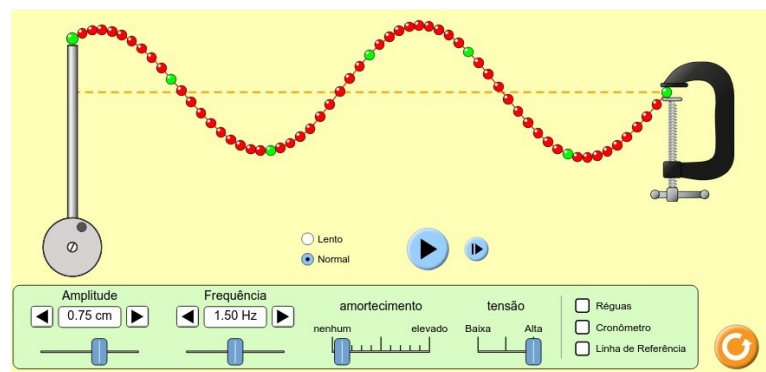


Figura 10 – Captura de tela da simulação computacional do projeto PhET.

Após isso, apresentarei o conceito de harmônicos e a relação dos diferentes harmônicos gerados em uma corda com a frequência de sua oscilação. Assim, apresentarei o caso de ondas estacionárias (e harmônicos) em tubos, citando diferentes instrumentos musicais (com diferentes configurações de fechamento ou abertura das extremidades) e a quantidade de comprimentos de onda gerados em cada um. Com isso, apresentarei um vídeo¹⁵ no qual um tubo de Rubens é utilizado para que se possa visualizar os nós e ventres de diferentes harmônicos gerados. Também apresentarei um vídeo¹⁶ demonstrando ondas estacionárias em duas dimensões a partir de um prato de Chladni. Então, mencionarei outros exemplos de ondas estacionárias, como no forno micro-ondas e no laser.

Com isso, apresentarei a Questão 1, adaptada do ENEM de 2013, pelo método de Instrução Pelos Colegas:

13 Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Great_Falls_National_Park_-_kayak_surfing_-_4.webm

14 Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html

15 Disponível em: <https://youtu.be/iuaTCKkYtRM?t=727>

16 Disponível em: https://youtu.be/CR_XL192wXw?t=184

Em um violão afinado, quando se toca a corda Lá com seu comprimento efetivo (harmônico fundamental), o som produzido tem frequência de 110 Hz.

Se a mesma corda do violão é comprimida na metade do seu comprimento, a frequência do novo harmônico

- a) se reduz à metade, porque o comprimento de onda dobrou.
- b) dobra, porque o comprimento de onda foi reduzido à metade.
- c) quadruplica, porque o comprimento de onda foi reduzido à metade.
- d) quadruplica, porque o comprimento de onda foi reduzido à quarta parte.

Fechamento (~ 10 min):

No momento final, retomarei a questão sobre como se pode utilizar a técnica do harmônico em instrumentos de corda (tocando sutilmente o dedo sobre uma região de nó da onda estacionária que se deseja criar) e convidarei os alunos a tentarem produzir o efeito no violão. Finalizando a aula, apresentarei aos alunos a seguinte questão a ser discutida na próxima aula: Por que um harmônico soa diferente de uma corda tocada normalmente na mesma frequência?

Recursos: projeção de slides, simulação computacional, demonstração experimental.

Avaliação: participação nas discussões, respostas a questões de múltipla escolha.

Relato de regência:

Iniciei a aula perguntando aos alunos sobre como um músico pode alcançar um tom fora do usual para o seu instrumento e apresentando a técnica do harmônico a partir de um vídeo¹⁷ de um guitarrista alcançando um tom muito agudo para o instrumento com o uso de tal técnica.

Com isso, iniciei a organização do conteúdo apresentando aos alunos, a partir da simulação computacional *Superposition of Transverse Waves*¹⁸ do site "oPhysics", o que acontece quando duas ondas iguais, mas que se movem em sentidos opostos se cruzam, gerando uma onda estacionária. Então, defini os conceitos de nó, ventre e antinó; e apresentei

¹⁷ Disponível em: <https://youtu.be/RVMvART9kb8?t=300>

¹⁸ Disponível em: <https://ophysics.com/w3.html>

um vídeo¹⁹ de um surfista de caiaque demonstrando uma onda estacionária gerada pelos movimentos em sentidos opostos de uma onda e um meio.

Após, apresentei uma simulação computacional do projeto PhET²⁰ explicando como uma corda com com pontas fixas é propícia a gerar ondas estacionárias e chamando atenção ao fato de que é necessário que a oscilação se dê em certas frequências específicas para que a onda estacionária seja gerada. Assim, introduzi o conceito de harmônicos em uma corda, usando imagens e um gif animado²¹; e apresentei diferentes formas uma onda estacionária ser gerada em um tubo e citei alguns instrumentos musicais para cada tipo.

Então, apresentei um vídeo demonstrando o funcionamento de um tubo de Rubens²², o que deixou os alunos bem interessados – até então, estavam tranquilos, mas sem muito engajamento. Também apresentei um vídeo²³ mostrando o fenômeno se dando em duas dimensões com um prato de Chladni e citei os exemplos do LASER e do forno de micro-ondas. Após isso, passei aos alunos a Questão 1, que, já na primeira rodada, teve 73% de acertos; e iniciei uma discussão sobre o problema, com os alunos explicando seu raciocínio e deixando a resposta correta clara aos outros.

Ao final, voltei ao tema inicial explicando como se dá a técnica do harmônico em um instrumento de cordas e a demonstrei com um violão. Também deixei a seguinte problematização para a aula seguinte: por que um harmônico soa diferente de uma corda tocada normalmente na mesma frequência?

4.6 AULA 8

Plano de aula:

Data: 06/09/2022, sexta-feira, 3º período (09:10 às 10:00)

Tópicos: Interferência, harmônicos e timbre de instrumentos musicais.

Objetivos docentes:

19 Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Great_Falls_National_Park_-_kayak_surfing_-_4.webm

20 Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html

21 Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Harmonic_series_on_a_string.gif

22 Disponível em: <https://youtu.be/iuaTCKkYtRM?t=727>

23 Disponível em: https://youtu.be/CR_XL192wXw?t=184

- Desenvolver o entendimento dos conceitos de interferência e harmônicos a partir de discussões sobre os timbres de diferentes instrumentos musicais.

Procedimentos:

Atividade Inicial (~ 15 min):

Apresentarei ao alunos dois vídeos com a mesma peça musical sendo performada por um piano²⁴ e por uma guitarra²⁵ e perguntarei a eles quais características das ondas geradas pelos instrumentos fazem com que o som de cada um seja diferente.

Desenvolvimento (~ 25 min):

Retomarei a discussão, iniciada na aula anterior, sobre os harmônicos em uma corda, e apresentarei aos alunos uma análise de frequências contidas em diferentes tipos de som a partir do *software Spectrum Analyzer*²⁶, do site “academo”, que aplica a transformada de Fourier em dados de áudio.

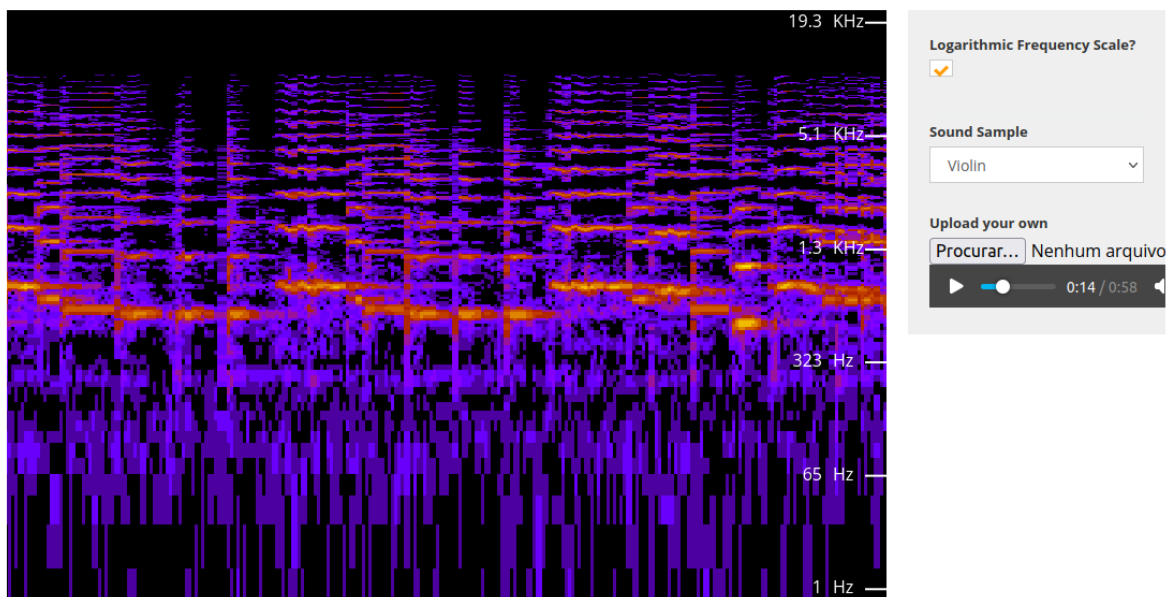


Figura 11 – Captura de tela do software Spectrum Analyzer.

Então, apresentarei gráficos ilustrando a soma de harmônicos e definirei o conceito de timbre. Com isso, passarei as seguintes questões:

24 Disponível em: <https://youtu.be/BV7RkEL6oRc?t=4>

25 Disponível em: <https://youtu.be/o6rBK0BqL2w>

26 Disponível em: <https://academo.org/demos/spectrum-analyzer/>

Questão 1: (Enem 2015) Ao ouvir uma flauta e um piano emitindo a mesma nota musical, consegue-se diferenciar esses instrumentos um do outro. Essa diferenciação se deve principalmente ao(à)

- a) intensidade sonora do som de cada instrumento musical.
- b) potência sonora do som emitido pelos diferentes instrumentos musicais.
- c) diferente velocidade de propagação do som emitido por cada instrumento musical.
- d) timbre do som, que faz com que os formatos das ondas de cada instrumento sejam diferentes.

Questão 2: (Enem 2013) Visando reduzir a poluição sonora de uma cidade, a Câmara de Vereadores aprovou uma lei que impõe o limite máximo de 40 dB (decibéis) para o nível sonoro permitido após as 22 horas. Ao aprovar a referida lei, os vereadores estão limitando qual característica da onda?

- a) A amplitude da onda sonora.
- b) A frequência da onda sonora.
- c) A velocidade da onda sonora.
- d) O timbre da onda sonora.

Após isso, apresentarei diferentes instrumentos musicais, os harmônicos que cada um gera e o formato da onda final de cada. Finalmente, exibirei os formatos de ondas gerados por diferentes acordes musicais, chamando atenção para a diferença de complexidade entre eles e o fato de alguns gerarem formatos estacionários e outros não.

Fechamento (~ 10 min):

No momento final, retomarei a discussão da atividade inicial e apresentarei aos alunos sons de diferentes instrumentos juntamente com os gráficos de onda associados a cada um, incluindo violão com e sem a técnica de harmônico, ilustrando a resposta à problematização deixada na aula anterior.

Recursos: projeção de slides, *software* interativo.

Avaliação: participação nas discussões, respostas a questões de múltipla escolha.

Relato de regência:

Iniciei a aula perguntando aos alunos qual característica de onda difere de um instrumento musical para outro, o que nenhum deles soube responder. Ilustrei a questão apresentando dois vídeos com a mesma peça musical sendo performada por um piano²⁷ e por uma guitarra²⁸.

Então, revisei o conteúdo de ondas estacionárias e modos de vibração e utilizei um analisador de espectro sonoro *online*²⁹ para demonstrar aos alunos como cada som é composto de uma soma de harmônicos específica; assim, pude definir o conceito de timbre. Também discuti sobre o uso da análise de espectro sonoro para a produção de versões sintéticas de instrumentos musicais. Após isso, apresentei a Questão 1, que teve 76% de acertos, discuti o problema com os alunos e passei para a Questão 2, que teve 80% de acertos, seguida de uma discussão e uma revisão das seguintes características de ondas sonoras: intensidade, potência, altura e timbre. Então, apresentei gráficos com formatos de onda de diferentes instrumentos musicais, incluindo violão com e sem a técnica de harmônico, ilustrando a resposta à problematização deixada na aula anterior. Durante toda a aula, a turma esteve relativamente tranquila e mais engajada com o conteúdo em comparação às aulas anteriores.

4.7 AULA 9

Plano de aula:

Data: 13/09/2022, terça-feira, 3º período (09:10 às 10:00)

Tópicos: Ressonância

Objetivos docentes:

- Desenvolver o entendimento do conceito de ressonância a partir de discussões sobre exemplos musicais.

Procedimentos:

Atividade Inicial (~ 15 min):

27 Disponível em: <https://youtu.be/BV7RkEL6oRc?t=4>

28 Disponível em: <https://youtu.be/o6rBK0BqL2w>

29 Disponível em: <https://academo.org/demos/spectrum-analyzer/>

Apresentarei aos alunos uma notícia³⁰ e um vídeo demonstrativo³¹ sobre um fenômeno relacionado à música "Rhythm Nation" de Janet Jackson, que foi considerada ameaça digital por travar discos rígidos de computadores e perguntarei a eles como isso é possível.

Desenvolvimento (~ 20 min):

Iniciarei uma discussão sobre frequência natural a partir das simulações computacionais de pêndulo³² e de sistema massa-mola³³ do projeto PhET, assim como do exemplo de uma corda de violão, a fim de definir o conceito de ressonância. Após isso, apresentarei vários exemplos do fenômeno, como o quebrar de uma taça ao ressoar, as oscilações geradas em pontes suspensas pela frequência de caminhada dos transeuntes, o balanço de prédios causado pelo vento ou ondas sísmicas, instrumentos musicais que utilizam a ressonância, o funcionamento de aparelhos de imageamento por ressonância magnética, entre outros. Então, apresentarei as seguintes questões:

Questão 1: Quando um sistema está em ressonância

- a) sua amplitude é máxima.
- b) seu comprimento de onda é máximo.
- c) sua frequência é máxima.
- d) seu período é máximo.

Questão 2: (UFMG) Para que um corpo vibre em ressonância com um outro é preciso que:

- a) seja feito do mesmo material que o outro;
- b) vibre com a maior amplitude possível;
- c) tenha uma frequência igual a uma das frequências naturais do outro;
- d) vibre com a maior frequência possível.

Questão 3: (ENEM 2017) Ao sintonizar uma estação de rádio AM, o ouvinte está selecionando apenas uma dentre as inúmeras ondas que chegam à antena receptora do

30 Disponível em: <https://canaltech.com.br/internet/video-de-janet-jackson-e-considerado-ameaca-digital-apos-travar-hds-223649/>

31 Disponível em: <https://youtu.be/T1gcaB0r7dg?t=15>

32 Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_pt_BR.html

33 Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_pt_BR.html

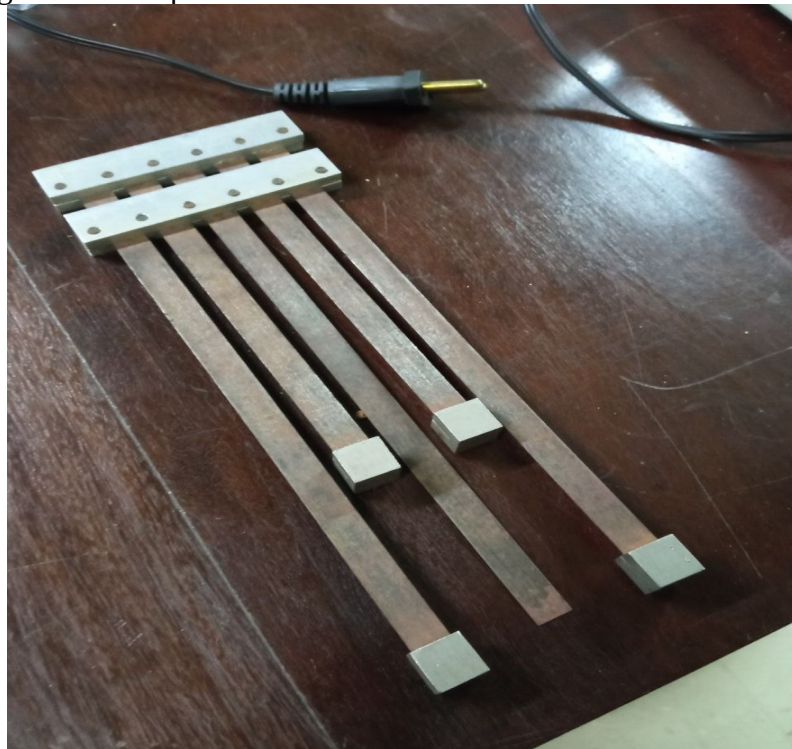
aparelho. Essa seleção acontece em razão da ressonância do circuito receptor com a onda que se propaga. O fenômeno físico abordado no texto é dependente de qual característica da onda?

- a) Amplitude.
- b) Velocidade.
- c) Frequência.
- d) Intensidade.

Fechamento (~ 15 min):

No momento final, retomarei a discussão inicial e apresentarei um gráfico de análise de frequências da música "Rhythm Nation", apontando o fato de que o tom desta música é um mi com uma frequência um pouco acima do usual, tendo ficado próxima da frequência natural dos discos rígidos que apresentaram o problema. Além disso, farei uma demonstração do fenômeno da ressonância a partir do dispositivo ilustrado da Figura 12.

Figura 12 – Dispositivo demonstrativo do fenômeno da ressonância



Fonte: Acervo pessoal

Recursos: projeção de slides, vídeos, simulações computacionais, demonstração experimental.

Avaliação: participação nas discussões.

Relato de regência:

Iniciei a aula apresentando aos alunos uma notícia³⁴ sobre a música "Rhythm Nation" de Janet Jackson, que foi considerada ameaça digital por travar discos rígidos de computadores e perguntei a eles como isso é possível, o que nenhum aluno soube responder. Então, mostrei um trecho do vídeo clipe da música³⁵ e perguntei se alguém a conhecia; ninguém respondeu que sim, e um aluno comentou que era muito parecido com Michael Jackson, ao que eu respondi que a artista era irmã dele. Após isso, apresentei um vídeo demonstrativo³⁶ do fenômeno, o que deixou os alunos interessados (e espantados por aquelas pessoas estarem quebrando computadores propositalmente). Um aluno perguntou se aquilo acontecia por os alto-falantes serem muito potentes, ao que eu respondi que não, pois mesmo os alto-falantes dos próprios *laptops*, que não são muito potentes, podem gerar o efeito.

Então, introduzi o conceito de frequência natural a partir das simulações computacionais de pêndulo³⁷ e de sistema massa-mola³⁸ do projeto PhET, e do exemplo de uma corda de violão. Com isso, defini o conceito de ressonância e apresentei um vídeo³⁹ de uma taça sendo quebrada através da reprodução de sua frequência natural feita com som vocal. Também citei os exemplos do uso de amortecedores harmônicos em prédios altos para evitar seu colapso; do instrumento musical sitar, que possui muitas cordas feitas para ressoar (e não para serem tocadas diretamente); e (lembrando que vários alunos da turma tinham interesse por esportes) de membros do corpo humano que funcionam como um sistema massa mola e como esse entendimento pode ajudar na prática de exercícios físicos; além disso, citei o exemplo da Ponte de Tacoma Narrows que frequentemente é explicado pela ressonância, mas que é melhor entendido pelo fenômeno aeroelástico *flutter*, apresentando o vídeo⁴⁰ do colapso da ponte e um vídeo⁴¹ de uma simulação demonstrando o efeito *flutter* ocorrido neste caso.

34 Disponível em: <https://canaltech.com.br/internet/video-de-janet-jackson-e-considerado-ameaca-digital-apos-travar-hds-223649/>

35 Disponível em: <https://youtu.be/OAwaNWGLM0c?t=36>

36 Disponível em: <https://youtu.be/T1gcaB0r7dg?t=15>

37 Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_pt_BR.html

38 Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_pt_BR.html

39 Disponível em: https://youtu.be/Oc27GxSD_bi?t=91

40 Disponível em: <https://youtu.be/XggxeuFDaDU?t=30>

41 Disponível em: <https://youtu.be/YzvFx5LrRA>

Após isso, apresentei as questões aos alunos. Na primeira rodada, a Questão 1 teve apenas 19% de acertos, com a maioria escolhendo a alternativa c); então, retomei os conceitos e todos concordaram que alternativa correta era a a). As questões 2 e 3 tiveram, já na primeira rodada, 79% e 75% de acertos respectivamente.

Ao final, retomei a discussão inicial, e alguns alunos apontaram que o fenômeno deveria acontecer pela música reproduzir a frequência natural dos discos rígidos. Comentei que isto era correto, mas questionei o motivo pelo qual apenas essa música gerava tal problema, ao que ninguém soube responder. Então, eu trouxe a informação de que, na época em que a música foi lançada, era comum que a velocidade e o tom de músicas fossem aumentados pela produção a fim de torná-las mais animadas. Apresentei um gráfico de análise de frequências da música, apontando que o tom era um mi com a frequência um pouco acima (aproximadamente 84,2 Hz) da usual (aproximadamente 82,4 Hz), o que coincidiu com a frequência natural dos discos rígidos dos computadores que apresentaram esse problema.

Então, convidei os alunos para se aproximar da mesa de professor para que eu demonstrasse o fenômeno da ressonância a partir do dispositivo ilustrado na Figura 12. Inicialmente, a maioria continuou sentada até que eu insistisse. Quando a maioria estava próxima, eu realizei a demonstração e pedi para que eles explicassem o que estava acontecendo. Após alguns momentos de reflexão, um dos alunos apontou, corretamente, que a vibração de um dos braços na mesma frequência natural de outro o fazia começar a oscilar também. Comentei que a explicação estava correta e complementei explicando mais detalhadamente o mecanismo do dispositivo específico e apontando que era possível perceber como a ressonância fazia a amplitude do movimento se maximizar.

4.8 AULA 10

Plano de aula:

Data: 14/09/2022, quarta-feira, 1º período (07:30 às 08:20)

Tópicos: Experimento de Hertz.

Objetivos docentes:

- Desenvolver o entendimento do conceito de ressonância a partir de discussões sobre a história do desenvolvimento de emissores e receptores de ondas eletromagnéticas.

Procedimentos:

Atividade Inicial (~ 15 min):

Perguntarei aos alunos se eles tem o costume de rotear sinal de internet pelo celular ou se usam um roteador em casa. Em seguida, apresentarei um mapa público que disponibiliza informações sobre todas as redes de Wi-Fi em determinada região – neste caso, a cidade de Porto Alegre.

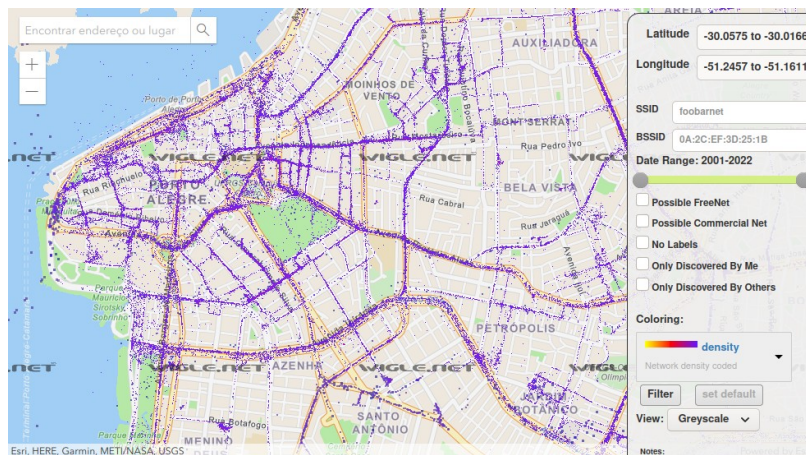


Figura 13 – Mapa público que disponibiliza informações sobre redes de Wi-Fi.

Com isso, estimularei uma discussão sobre privacidade e segurança, e a conduzirei para o funcionamento de equipamentos geradores e captadores de ondas eletromagnéticas.

Desenvolvimento (~ 20 min):

Explorarei o conceito de ondas eletromagnéticas a partir da ideia de que um campo elétrico em movimento gera um campo magnético e vice-versa.

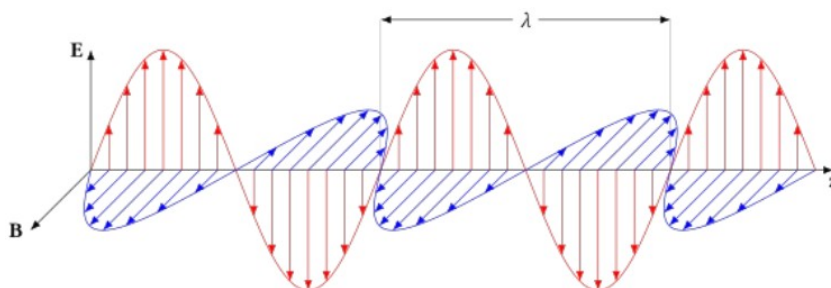


Figura 14: Ilustração de onda eletromagnética.

Após isso, iniciarei uma discussão sobre a história do desenvolvimento do entendimento sobre ondas eletromagnéticas e sua produção e detecção, e, assim, apresentarei o funcionamento dos aparatos utilizados por Heinrich Hertz em seu experimento, destacando a importância do fenômeno da ressonância para tal.

Fechamento (~ 15 min):

No momento final, retomarei a discussão inicial, pedindo para que os alunos listem benefícios e malefícios da produção de ondas eletromagnéticas pelo celular e outros equipamentos, e apresentarei algumas maneiras de se proteger, como o uso de bolsas de Faraday e internet conectada via cabo.

Recursos: projeção de slides.

Avaliação: participação nas discussões.

Relato de regência:

Iniciei a aula perguntando aos alunos se eles tem o costume de rotear sinal de internet pelo celular ou se usam um roteador em casa ao que alguns responderam que sim. Então, apresentarei um mapa público⁴² que disponibiliza informações sobre todas as redes de Wi-Fi em alguma região selecionada (neste caso, a cidade de Porto Alegre) e expliquei que a tecnologia do roteador consiste em emitir informação na forma de ondas eletromagnéticas que podem ser detectadas por terceiros e como isso pode ser usado para vigiar uma pessoa ou invadir uma rede pessoal.

Após isso, discuti sobre o conceito de ondas eletromagnéticas e como se propagam a partir de *gifs* animados e de uma explicação simplificada das equações de Maxwell. Então, apresentarei o funcionamento dos aparatos utilizados por Heinrich Hertz em seu experimento, destacando o papel do fenômeno da ressonância, e discuti sobre o legado de tal experimento, incluindo uma citação do próprio autor.

Ao final, retomei a discussão inicial apresentando algumas formas de proteção, como o uso da internet via cabo e de bolsas de Faraday, além de dar preferência a equipamentos e serviços que prezam a segurança do usuário. Durante toda a aula, os alunos estavam muito calmos, porém pouco engajados; meu planejamento inicial incluía a reprodução do

⁴² Disponível em: <https://www.wigle.net/>

experimento de Hertz em aula, o que certamente geraria engajamento, porém, infelizmente, não houve tempo para tal.

4.9 AULA 11

Plano de aula:

Data: 20/09/2022, terça-feira, 2º período (08:20 às 09:10)

Tópicos: Revisão e discussão final.

Objetivos docentes:

- Revisar o conteúdo da unidade didática e retomar as discussões realizadas

Procedimentos:

Atividade Inicial (~ 15 min):

Perguntarei aos alunos sobre dúvidas relativas ao entendimento dos conceitos abordados durante a unidade didática e discutirei os conceitos a partir das contribuições.

Desenvolvimento (~ 20 min):

Revisarei os principais conceitos estudados – características de ondas, interferência e ressonância –, assim como algumas das questões vistas em aula – Questão 1 da aula 1; Questão 1 da aula 5; questões 1 e 2 da aula 8; e questões 1, 2 e 3 da aula 9.

Fechamento (~ 15 min):

No momento final, chamarei atenção para o grande alcance de temas que envolvem o conhecimento da ondulatória e da ressonância especificamente, e as diversas aplicações desse conhecimento.

Recursos: projeção de slides.

Avaliação: participação nas discussões, respostas a questões de múltipla escolha.

Relato de regência:

Iniciei a aula lembrando os alunos sobre o trabalho final e perguntando se alguém tinha alguma dúvida específica sobre o conteúdo abordado na unidade didática, ao que nenhum deles respondeu afirmativamente. Então, comecei a revisão discutindo sobre as características de ondas, como amplitude, comprimento de onda, velocidade, período e frequência a partir de gráficos e *gifs* animados, e retomei a Questão 1 da aula 1. Após isso, abordei o tema das naturezas de ondas, como mecânica, eletromagnética e gravitacional, e sua classificação em relação à direção de propagação (transversal e longitudinal), chamando

atenção para o significado físico do gráfico de pressão do meio pela posição de uma onda sonora, ainda utilizando imagens e *gifs* animados.

Com isso, retomei o tema de superposição de ondas, iniciando pelos casos de interferências construtivas e destrutivas em pulsos e chegando ao exemplo da tecnologia de cancelamento de ruídos. Neste momento, retornei à Questão 1 da aula 5 e cheguei ao caso do batimento, lembrando do exemplo da afinação de instrumentos musicais. Então, voltei ao tópico de ondas estacionárias, lembrando os exemplos vistos em aula e retomando as questões 1 e 2 da aula 8 e as discussões sobre timbre, harmônicos e formatos de onda sonora em diferentes instrumentos musicais.

Após isso, revisei os conceitos de frequência natural e ressonância, revendo exemplos vistos em aula, como o de cordas de violão e a ruptura de objetos, como uma taça de cristal. Então, retomei as questões 1, 2 e 3 da aula 9. Neste momento, já estava no horário do final do período, e não houve tempo para a discussão final sobre as aplicações do conteúdo abordado. De maneira geral, os alunos estavam tranquilos durante toda a aula, e, embora não tenha havido tempo para muita interação (como resolução de problemas em grupos), alguns alunos se engajaram nas discussões.

4.10 AULAS 12 E 13

Plano de aula:

Data: 21/09/2022, quarta-feira, 2º e 3º períodos (08:20 às 10:00)

Tópicos: Aplicação de prova.

Objetivos docentes:

- Avaliar a aprendizagem por prova.

Procedimentos:**Desenvolvimento (~ 100 min):**

Pedirei aos alunos que separem suas classes e deixem sobre elas apenas lápis, borracha, canetas e a colinha do conteúdo. Entregarei as provas para serem resolvidas individualmente. Observarei o desenvolvimento da atividade e responderei eventuais dúvidas sobre as questões.

Recursos: prova.

Avaliação: respostas às questões da prova.

Relato de regência:

Inicialmente, entrei na sala da turma junto ao professor de português, pois este havia me cedido o período que teria com a turma para que eu pudesse aplicar a prova. Agradei ao professor e avisei aos alunos que já poderiam me entregar o trabalho. Esta foi a única aula da minha regência na qual foi utilizada a sala oficial da turma, pois não haveria uso de nenhum recurso como apresentação de slides.

Após alguns minutos aguardando alguns alunos voltarem para a sala e negociando com aqueles que não haviam conseguido terminar o trabalho (ficou decidido que ainda poderiam entregar perdendo parte da nota), eu pedi para que os alunos se separassem e deixassem sobre as classes apenas lápis, borracha, canetas e a colinha que eles poderiam ter feito sobre o conteúdo; isso foi feito tranquilamente, embora eu já tivesse notado que alguns não haviam feito a colinha. Então, eu entreguei as provas e expliquei brevemente sobre as questões e como funcionaria a questão extra. Alguns alunos começaram a responder as questões com relativa tranquilidade, enquanto outros demonstravam bastante nervosismo e alguns pareciam tentar colar dos colegas; assim, eu fiquei atento, sem dar muito espaço para que eles colassem. Em certo momento, uma aluna que participava muito pouco das aulas caminhou até mim a fim de tirar dúvidas; porém, ficou nítido que ela queria que eu desse respostas das questões; tirei as dúvidas sem dar nenhuma resposta direta; ela insistiu um pouco mais e logo desistiu.

Próximo do final do tempo, os primeiros alunos começaram a entregar as suas provas, e logo a maioria havia entregado. Ao final do tempo, recolhi as provas dos alunos que ainda não haviam entregado e lembrei do acordo sobre o trabalho final com aqueles que estavam em atraso. A atividade ocorreu tranquilamente durante todo o tempo.

4.11 AULAS 14 E 15

Plano de aula:

Data: 26/09/2022, segunda-feira, 5º e 6º períodos (11:00 às 12:30)

Tópicos: Correção da prova. Acoplamento de maré e ressonância orbital.

Objetivos docentes:

- Corrigir as questões da prova e discutir sobre as dúvidas.
- Relacionar os fenômenos de ressonância e de acoplamento de maré.

Procedimentos:

Atividade Inicial (~ 40 min):

Devolverei as provas corrigidas aos alunos. Então, perguntarei sobre dúvidas relativas à prova. Corrigirei as questões da prova uma a uma, chamando atenção para os conceitos e resoluções pouco entendidas, e perguntando aos alunos o quanto estão entendendo a correção. Dependendo do nível de entendimento da turma, vou pedir para que eles se reúnam em grupos para que expliquem uns aos outros.

Apresentarei aos alunos imagens da face da Lua que é voltada à Terra e perguntarei a eles o que pensam que poderia explicar o fato da Lua ter o mesmo período de rotação e de translação e se eles pensam que isso ocorre em outros corpos celestes ou não.

Desenvolvimento (~ 40 min):

Exporei aos alunos os períodos orbitais dos planetas do Sistema Solar e como se relacionam com suas distâncias ao Sol. Então, mostrarei exemplos de ressonância orbital, como nas lacunas nos anéis de Saturno, nas órbitas das luas de Júpiter Io, Europa e Ganimedes, nas lacunas de Kirkwood, na órbita e rotação de Mercúrio, entre outros, instigando os alunos a tentar entender o motivo da prevalência desse fenômeno. Após isso, apresentarei o fenômeno que faz com que a Lua se afaste da Terra devido a efeitos de maré e como isso explica o seu acoplamento. Em seguida, usarei exemplos, em vídeo, de luas orbitando um planeta para explicar a ressonância orbital que mantém os períodos relacionados dos dois corpos ou que expulsa um corpo de sua órbita.

Fechamento (~ 20 min):

No momento final, perguntarei aos alunos como eles relacionam a ressonância orbital com os exemplos de ressonância estudados na aula anterior. Retomarei a discussão sobre a natureza cíclica das órbitas celestes e citarei a história do entendimento da estabilidade do Sistema Solar e a existência de um sistema estelar (TOI-178) com cinco planetas, todos em ressonância orbital.

Então, me despedirei da turma, agradecerei pelas participações nas aulas e pedirei um *feedback* deles sobre a minha regência.

Recursos: projeção de slides.

Avaliação: participação nas discussões.

Relato de regência:

Inicialmente, devolvi as provas aos alunos, os parabenizando pelas notas que, em geral, foram boas, apesar de apenas uma aluna ter acertado todas as questões, incluindo a extra. Também devolvi os trabalhos dos alunos que haviam entregado dentro do prazo, também, em geral, com notas boas, e avisei que aqueles que ainda não haviam terminado poderiam me enviar por e-mail até o dia seguinte.

Então, iniciei a correção da prova. As duas primeiras questões tiveram alta taxa de acertos e eu pude discutir brevemente. Para a terceira questão, eu revisei o conceito de ressonância, lembrando dos exemplos vistos em aula. Para corrigir a questão 4), eu revisei as características de ondas; apontei aos alunos que a onda A) tinha a maior amplitude, porém, como a amplitude da onda B) era muito próxima, eu também considerei corretas as respostas com essa alternativa. Para corrigir a questão 5), eu revisei o conteúdo sobre superposição de ondas; e, para a questão extra, os exemplos de cancelamento. Até então, os alunos estavam tranquilos e participando das discussões.

Após isso, iniciei o conteúdo sobre ressonância orbital apresentando uma imagem da Lua e perguntando aos alunos por que a mesma face dela está sempre voltada para a Terra. Nenhum deles soube responder, e a maioria sequer tinha conhecimento do fato.

Então, introduzi o conceito de período orbital e apontei o fato de que os movimentos dos corpos em órbita se dão em ciclos e que podem ser ilustrados em gráficos semelhantes aos de ondas, como pode ser visto em um vídeo⁴³ que apresentei. Com auxílio de outro vídeo⁴⁴, demonstrei que o período orbital da Lua é igual ao seu período de rotação. Com isso, apresentei os períodos orbitais dos planetas do Sistema Solar e chamei atenção ao fato de que quanto maior a distância de um planeta ao Sol, maior é o seu período orbital. Então, apresentei os períodos orbitais das Luas de Galileu e apontei que as de Io, Europa e Ganimedes tinham uma relação de 1:2:4, ilustrando o fenômeno com um *gif* animado.

43 Disponível em: <https://youtu.be/qK9K4rQf88Y?t=161>

44 Disponível em: https://youtu.be/OZIB_leg75Q?t=57

Também apresentei o exemplo da lacuna nos anéis de Saturno que está em ressonância com a lua Mima. Após isso, apresentei as condições necessárias para que o fenômeno ocorra e discuti sobre o mecanismo a partir de um exemplo ilustrativo, apontando as trocas de energia entre duas luas em órbita elíptica e como o sistema tende a ficar em equilíbrio quando há ressonância. Com isso, apresentei o caso das Lacunas de Kirkwood, demonstrando, a partir de um gráfico, como elas se encontram em posições de ressonância com Júpiter. Até então, a turma estava tranquila, mas não muito engajada. Acredito que a discussão tenha acabado ficando um pouco pesada para o nível de ensino médio.

Assim, retornei à problematização inicial e, com auxílio de um vídeo⁴⁵, expliquei como as forças de maré geram a sincronia entre a rotação e a translação da Lua. Para demonstrar de forma mais lúdica a ressonância orbital, apresentei um vídeo⁴⁶ no qual os dados de períodos orbitais do sistema estelar TOI-178, com cinco planetas em ressonância de 2:4:6:9:12, são transformados em som, gerando um acorde musical em frequências mais altas e uma batida de bateria em frequências mais baixas. Este momento final gerou interesse nos alunos. Finalmente, me despedi da turma, falei sobre como gostei de trabalhar com eles, agradei pelas participações e perguntei o que eles tinham achado da minha regência, ao que alguns alunos responderam que haviam gostado bastante e que gostariam que eu continuasse a ser o professor deles; dois alunos relataram que estas haviam sido as melhores aulas de física que já tiveram, e, após a aula, passando por mim em um corredor da escola, uma aluna me agradeceu e disse que havia sido a primeira vez que ela entendera física e tirado uma nota boa na disciplina.

45 Disponível em: <https://youtu.be/6jUpX7J7ySo?t=46>

46 Disponível em: <https://youtu.be/Qyn64b4LNJ0?t=1114>

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades de estágio curricular dos cursos de licenciatura devem proporcionar aos graduandos experiências de campo da profissão de docência, que podem contrastar muito com o que é estudado teoricamente na faculdade. Anteriormente ao início deste trabalho, eu já havia tido experiências com a docência através das outras disciplinas de estágio, do Programa de Residência Pedagógica e de outras atividades envolvendo ensino ao longo do curso e de experiências ministrando aulas particulares, além de ter realizado toda a minha formação básica em escolas públicas, conhecendo bem a realidade de tais ambientes. Porém, certamente, as experiências relatadas aqui foram as mais intensas em relação à docência no ensino médio formal e proporcionaram grande amadurecimento em minhas habilidades neste campo de atuação profissional.

Meu caminho até chegar à Licenciatura em Física foi um pouco tortuoso. No ensino médio, não tive aulas de física com professores formados na área, chegando a ouvir absurdos, como a alegação de que “os foguetes da NASA ultrapassam a velocidade da luz” vindo de tais profissionais. Na época, me apeguei à biologia, talvez pelo fato de a professora desta disciplina ser uma das únicas que, de fato, era formada na área. Assim, ao finalizar o ensino médio, ingressei no curso de Biomedicina da FEEVALE, no qual, a partir de uma disciplina de química, pude ter um primeiro contato real com o conhecimento da física e perceber a afinidade que tenho com a área. Com isso, ingressei no curso de Física com ênfase em Pesquisa Básica da UFRGS. Até então, eu não tinha interesse na atuação docente, porém, a partir do contato que tive com a área já no início do bacharelado, percebi o quanto eu gosto desta atividade, assim, trocando de curso para a Licenciatura em Física da UFRGS. Toda a minha experiência na UFRGS gerou grande impacto não apenas em meu conhecimento e habilidades, mas também em minhas visões de mundo, o que tenho satisfação de saber que carregarei por toda a vida. Vejo o presente trabalho como a culminação de toda essa trajetória, me permitindo pôr em prática todos os aspectos dessas vivências.

Decidi planejar minha unidade didática em torno do conceito de ressonância, que é muito abrangente, se encaixa com o interesse em música compartilhado por mim e muitos dos alunos da turma e sempre me fascinou. Ao iniciar a regência, porém, como relatado anteriormente, percebi que seria necessário retomar todo o conteúdo de ondulatória, o que,

somado às questões de tempo de aula, fizeram com que o conceito não fosse tão explorado quanto planejado inicialmente. Ainda assim, considero que o que tenha sido alcançado seja satisfatório, com o conceito de ressonância sendo aplicado em diversos contextos e tendo sido bem entendido pelos alunos.

Acredito que a experiência didática tenha sido, em geral, positiva, com os alunos demonstrando entendimento do conteúdo, capacidade de relacionar com seu cotidiano e me dando um *feedback* positivo em relação à regência. Os referenciais teóricos e metodológicos escolhidos ajudaram muito neste processo, potencializando o aprendizado, o que pode ser evidenciado pela resposta positiva dos alunos em relação às aulas, dado que estes alunos demonstraram dificuldade e falta de afinidade com a disciplina de física a partir de suas respostas ao questionário, mas obtiveram um bom resultado nas avaliações e relataram ter gostado da unidade didática aplicada, o que pode ser atribuído à busca por uma aprendizagem ausubeliana através de materiais potencialmente significativos, como aquele utilizado na aula 9, sobre ressonância, para citar um exemplo. O uso da metodologia de Instrução Pelos Colegas se mostrou produtivo como ferramenta para auxiliar na avaliação do entendimento conceitual do conteúdo e como forma de engajar os alunos nas aulas; enquanto a dinâmica do Três Momentos Pedagógicos mostrou sucesso ao estimular a curiosidade epistemológica dos alunos, tornar as aulas mais dinâmicas e facilitando o alcance das condições para uma aprendizagem significativa.

Minhas maiores dificuldades foram encontrar problematizações interessantes para os conteúdos abordados, sendo que julgo ter conseguido certo nível de sucesso, dada a complexidade inerente da tarefa. Apontaria como a questão que mais necessita de melhoria em relação à minha regência a baixa participação dos alunos – o uso do método de Instrução Pelos Colegas gerou boas interações, porém, com exceção destes e de outros momentos pontuais, as aulas acabaram sendo majoritariamente expositivas –, o que se deve, em parte, pelas características da turma e da escola, mas também por dificuldade em trabalhar tal aspecto nos planejamentos e execuções das aulas; assim, pretendo voltar meu esforço para esta questão em minhas experiências futuras.

Finalizo este relato reforçando a magnitude da importância desta experiência de estágio em minha formação profissional e mesmo pessoal, e, novamente, demonstrando

gratidão à UFRGS e a todos os seus professores com quem tive contato pela excelente formação que proporcionaram a mim e a tantos outros.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. **Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 30, n. 2, p.362-384, 17 abr. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.
- GIACOMINI, A. **Intervenções curriculares na perspectiva da Abordagem Temática: avanços alcançados por professores de uma escola pública estadual do RS**. Dissertação, (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde), Santa Maria: PPGECQV/CCNE/UFSM, 2014.
- MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. **Teorias construtivistas**. Porto Alegre: IFUFRGS, 1999.
- MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. **Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física"**. Ciênc. Educ., Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
- PELIZZARI, Adriana *et al.* **Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel**. Psicologia, Educação e Cultura, Curitiba, v. 2, n. 1, p.37-42, jul. 2002.
- PRAIA, João Félix. Aprendizagem significativa em D. Ausubel: Contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino. In: MOREIRA, Marco Antonio et al. **Teoria da Aprendizagem Significativa: Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Peniche, 2000. Peniche: Edição Independente, 200. p. 121-134.
- WATSON, J. **The ways of behaviorism**. New York: Harper & Brothers, 1928.

APÊNDICE A – Cronograma de regência

Aula	Data	Tópicos a serem trabalhado(s)	Objetivos docentes	Estratégias de Ensino
1, 2	19/08	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação da unidade didática. • Princípio da superposição de ondas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar os tópicos que serão trabalhados ao longo de toda a regência relacionando com os conteúdos já vistos, ressaltando suas aplicações e relevância. • Apresentar o conceito de superposição de ondas a partir de uma simulação computacional e de discussão sobre tecnologias de cancelamento de som. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada. • Simulações computacionais.
3, 4	23/08	<ul style="list-style-type: none"> • Revisão. • Princípio da superposição de ondas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar o princípio da superposição de ondas a partir de simulações computacionais e de discussão sobre tecnologias de cancelamento de som. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada. • Simulações computacionais.
5	24/08	<ul style="list-style-type: none"> • Interferência de ondas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionar o conceito de interferência de ondas com o uso de ferramentas musicais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada. • Instrução pelos Colegas. • Demonstrações experimentais. • Simulações computacionais.
6	30/08	<ul style="list-style-type: none"> • Interferência de ondas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionar o conceito de interferência de ondas com o uso de ferramentas musicais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada. • Demonstrações experimentais. • Simulações computacionais. • <i>Software</i> interativo.
7	31/08	<ul style="list-style-type: none"> • Ondas estacionárias. • Harmônicos em uma corda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionar o conceito de ondas estacionárias com o uso de ferramentas musicais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada. • Instrução pelos Colegas. • Demonstrações experimentais. • Simulações computacionais.
8	06/09	<ul style="list-style-type: none"> • Interferência. • Harmônicos. • Timbre de instrumentos musicais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver o entendimento dos conceitos de interferência e harmônicos a partir de discussões sobre os timbres de diferentes instrumentos musicais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada. • Instrução pelos Colegas. • <i>Software</i> interativo.
9	13/09	<ul style="list-style-type: none"> • Ressonância. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver o entendimento do conceito de ressonância a partir de discussões sobre exemplos musicais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada. • Instrução pelos Colegas. • Demonstrações experimentais.
10	14/09	<ul style="list-style-type: none"> • Experimento de Hertz. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver o entendimento do conceito de ressonância a partir de discussões sobre a história do desenvolvimento de emissores e receptores de ondas eletromagnéticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada.

11	20/09	<ul style="list-style-type: none"> Revisão e discussão final. 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar o conteúdo da unidade didática e retomar as discussões realizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Exposição dialogada. Instrução pelos Colegas.
12, 13	21/09	<ul style="list-style-type: none"> Aplicação de prova. 	<ul style="list-style-type: none"> Avaliar a aprendizagem por prova. 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicação de prova.
14, 15	26/09	<ul style="list-style-type: none"> Correção da prova. Acoplamento de maré e ressonância orbital. 	<ul style="list-style-type: none"> Corrigir as questões da prova e discutir sobre as dúvidas. Relacionar os fenômenos de ressonância e de acoplamento de maré. 	<ul style="list-style-type: none"> Exposição dialogada.

APÊNDICE B – Questionário sobre atitudes em relação à Física**Questionário**

Nome:

Idade:

- 1) Qual sua disciplina favorita e qual você menos gosta? Por quê?
- 2) Você gosta de Física? Comente sua resposta.
- 3) “Eu gostaria mais de Física se...” complete a sentença.
- 4) O que você acha mais interessante na Física? E menos interessante?
- 5) Que tipo de assunto você gostaria que fosse abordado nas aulas de Física?
- 6) Você vê alguma utilidade em aprender Física? Comente sua resposta.
- 7) Quais dificuldades você costuma ter ao estudar Física?
- 8) Você trabalha? Se sim, em quê?
- 9) Qual profissão você pretende seguir?
- 10) Pretendes fazer algum curso superior? Qual? Em que instituição?
- 11) Conte-me um pouco sobre você (sobre sua vida, hobbies, gostos, sonhos, etc.)

APÊNDICE C – Trabalho final

Orientações sobre o trabalho

Tema: explicar alguns dos principais conceitos discutidos em aula (ondas, interferência, ressonância, etc.), chamando atenção para o que achou mais interessante.

Formato: texto – por exemplo, uma carta sobre o que está aprendendo nas aulas – com 1 ou 2 páginas.

Data da entrega: 21/09 (ou até 23/09 pelo e-mail renanbohrers@gmail.com)

APÊNDICE D – Prova**Escola Técnica Estadual Senador Ernesto Dornelles
Teste de Física**

Data: 21/09/2022

Turma: 202

Nome:

1) Marque a opção que melhor caracteriza o conceito científico de onda:

a) () Oscilação de um meio de transmissão ou campo que transfere matéria, como o lançamento de um projétil.

b) () Oscilação de um meio de transmissão ou campo que transfere energia sem transferir muita matéria, como o som se propagando pelo ar.

c) () Qualquer transferência de energia ou matéria.

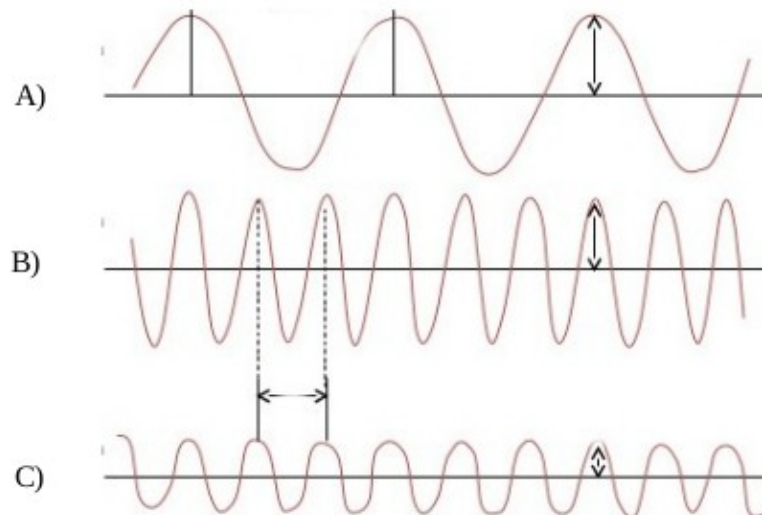
2) Relacione a coluna da esquerda com a da direita e **cite um exemplo** para cada tipo de onda mencionado:

- A) Se propaga com maior velocidade no vácuo, tendo menor velocidade em meios mais densos. () Onda eletromagnética
- B) Se propaga pelo efeito de uma partícula empurrando a próxima e por isso precisa de um meio (não se propaga no vácuo), tendo maior velocidade quanto mais denso for o meio. () Onda mecânica

3) O que é preciso para que um corpo vibre em ressonância com um outro? E qual grandeza da onda será maximizada como consequência da ressonância?

4) Das ondas sonoras representadas abaixo (que se propagam com a mesma velocidade), qual tem

- O maior comprimento de onda
- A menor intensidade
- A menor frequência
- A maior amplitude



5) Imagine que as ondas B) e C) da questão anterior estejam ocupando o mesmo espaço, ou seja, estejam se somando. Marque a alternativa que descreve a onda resultante **e justifique sua resposta**:

- a) Amplitude menor e mesmo comprimento de onda.
- b) Amplitude maior e comprimento de onda maior.
- c) Amplitude menor e comprimento de onda menor.
- d) Amplitude maior e mesmo comprimento de onda.

Questão extra!

É possível anular uma onda (fazer com que ela desapareça ou tenha sua intensidade drasticamente reduzida)? Justifique sua resposta e apresente o(s) gráfico(s) relevante(s).