

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO
DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL DE ENSINO DE FÍSICA

**Desenvolvimento de guias didáticos para a utilização de Objetos de
Aprendizagem**

Thiago Rodrigues da Silva Bahé

Orientador:

Prof. Dr. Felipe Beaklini

Brasília

12/2015

Desenvolvimento de guias didáticos baseados na utilização de Objetos de Aprendizagem

Thiago Rodrigues da Silva Bahé

Orientador:

Prof. Dr. José Felipe Beaklini

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

Prof. Dr. José Felipe Beaklini Filho

Prof^a. Dr. Maria de Fátima da Silva Verdeaux

Prof. Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim

Prof. Dr. Oyanarte Portilho

Brasília

12/2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Bahé, Thiago Rodrigues da Silva

BD613d Desenvolvimento de guias didáticos baseados na utilização de objetos de aprendizagem / Thiago Rodrigues da Silva Bahé; orientador José Felipe Beaklini -- Brasília, 2015. 82 p.

Dissertação (Mestrado – Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, 2015.

1. Ensino de Física. 2. Material didático. 3. Objeto de Aprendizagem. I. Beaklini, Felipe, orientador. II. Título

Dedicatória

Dedico todo o meu esforço para a realização deste trabalho a duas pessoas que me guiaram até aqui com muito amor. À minha mãe, Carmem Lúcia Bahé e a meu pai, Múcio Bahé, meus exemplos de garra e comprometimento.

Thiago Rodrigues da Silva Bahé

Agradecimentos

À Deus, por me manter firme nas horas de cansaço e pela companhia nas horas que precisei.

À minha amada esposa, Juliana Menezes, pela compreensão nos momentos de ausência e pelo apoio incondicional sem o qual não seria possível este trabalho.

À minha irmã, Anna Carolina Bahé, por ser um exemplo de determinação nos estudos.

À professora doutora Maria de Fátima Verdeaux pelo incentivo constante à minha formação acadêmica.

Ao meu orientador Prof. Dr. Felipe Beaklini, pela paciência e por acreditar neste trabalho.

Aos companheiros de trabalho pelo incentivo e apoio no dia a dia.

Aos colegas do programa, pelo compartilhamento de ideias e pela colaboração em grupo para que nos mantivéssemos firmes e motivados.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela realização de um curso mais adequado às necessidades do professor de Física.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo institucional e pelo apoio financeiro ao programa.

Aos meus queridos alunos, que são a causa da motivação diária para o aperfeiçoamento do meu trabalho.

RESUMO

Desenvolvimento de guias didáticos baseados na utilização de Objetos de Aprendizagem

Thiago Rodrigues da Silva Bahé

Orientador:

Prof. Dr. Felipe Beaklini

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Ao desenvolver este projeto pensamos oferecer para os professores do ensino médio, em especial os professores de Física que, envolvidos em diversas atividades didáticas e administrativas, pudessem se beneficiar de material instrucional para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, e especialmente voltado para aqueles professores que não dominam adequadamente uma tecnologia digital, como os programas utilizados para simular fenômenos e registrar dados. O objetivo deste trabalho é propor um material didático no formato de guias, baseados na utilização de Objetos de Aprendizagem. Cada guia apresenta: uma discussão teórica sobre o assunto abordado no objeto de aprendizagem selecionado, sugestões para que o professor possa usufruir da ferramenta multimídia que estiver à sua disposição e sugestões de materiais que possam enriquecer o trabalho de sala de aula. Neste projeto, utilizamos Objetos de Aprendizagem sobre o Fenômeno do Batimento, o Princípio de Pascal e o Ciclo de Carnot. Os guias desenvolvidos foram aplicados em sala de aula seguindo o planejamento previsto para cada série. Os registros e relatos dessas experiências foram utilizados para aprimorar os materiais desenvolvidos e os resultados estão apresentados neste trabalho.

Palavras-chave: Ensino de Física, Objetos de Aprendizagem, Material Didático.

Brasília

12/2015

ABSTRACT

Developing of classroom guides based on the use of learning objects

Thiago Rodrigues da Silva Bahé

Supervisor(s):

Prof. Dr. Felipe Beaklini

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

When developing this project we sought to offer high school teachers, especially those physics teachers, involved in various teaching and administrative activities, that could benefit from instructional material to assist the teaching and the learning process especially facing those teachers who fail to dominate a digital technology, such as the programs used to simulate phenomena and to record data. The objective of this paper is to propose an instructional guide material, focused on the use of learning objects. Each guide presents a theoretical discussion of the subject addressed by the selected learning objects, suggestions for the teacher to take advantage of the available multimedia tool and suggestions for materials that can enrich classroom work. In this project, we use Learning Objects on the Phenomenon of the beat, the Pascal principle and the Carnot cycle. Developed guides were applied in the classroom following the proposed planning for each series. The records and accounts of these experiences were used to improve the materials developed and its results are presented here.

Keywords: Physics education, Learning objects, Instructional material

Brasilia

12/2015

Sumário

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....	9
CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
CAPÍTULO 3: OBJETO DE APRENDIZAGEM E REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 OBJETO DE APRENDIZAGEM (OA)	14
3.2 REFERENCIAL TEÓRICO: APRENDIZAGEM MEDIADA	15
CAPÍTULO 4: METODOLOGIA E EVIDÊNCIAS DE APRENDIZAGEM	20
CAPÍTULO 5: APLICAÇÕES E RELATOS DE EXPERIÊNCIA EM SALA	23
5.1 PRINCÍPIO DE PASCAL.....	24
5.2 CICLO DE CARNOT	25
5.3 BATIMENTO SONORO	27
CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
APÊNDICE	34
Apêndice A - Guia: Princípio de Pascal.....	35
Apêndice B - Guia: Ciclo de Carnot	52
Apêndice C - Guia: Batimento Sonoro	69

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

É comum encontrar professores de Ensino Médio que compartilham da minha opinião: enquanto estamos em sala de aula não há profissão mais prazerosa. Mas sabemos que as atividades do nosso trabalho ultrapassam as de sala de aula, temos que nos envolver com mais atividades extraclasse, tais como organização dos diários de classe, preparação e correções de provas, reuniões, atribuição e lançamentos de notas nos sistemas, entre outras. São tantas atribuições que atropelam o tempo disponível para o professor preparar uma aula nova e ele acaba repetindo aquela mesma aula tradicional de sempre.

Aliada a essa dificuldade gerada por seus afazeres, é comum encontrarmos professores que trabalham em duas ou mais escolas buscando complementar a renda familiar e condições de vida mais confortáveis. Assim, a diversidade de tarefas se torna um obstáculo à prática de sala de aula e compromete a qualidade do processo como um todo. É o que se observa no convívio diário com os colegas de profissão e na minha própria experiência profissional.

O objetivo deste trabalho é produzir um material didático prático e acessível para os professores, que mesmo convivendo diariamente com essas dificuldades, mantêm o comprometimento com a qualidade do ensino e por isso buscam sempre aperfeiçoar a sua prática docente.

Em relação aos alunos, o objetivo deste trabalho é amenizar a imensa a dificuldade de aprendizagem de conceitos abstratos abordados sem o auxílio de um suporte didático adequado. Muitas escolas, principalmente as públicas, não possuem um laboratório de Física estruturado capaz de atender as demandas dos professores e alunos, contribuindo para um ensino de Física aquém do esperado. Essa realidade dos laboratórios de Física sucateados pode ser presenciada com facilidade, pois até mesmo quando existe o laboratório na escola, não há reparos ou reposições dos kits de experimentos, peças e instrumentos.

Por isso, temos a expectativa de que a utilização dos guias associados a objetos de aprendizagem contribuirá efetivamente para o processo de ensino aprendizagem. No decorrer desta dissertação, buscaremos apresentar evidências dos benefícios pedagógicos proporcionados aos alunos.

Diante das dificuldades que estão nos bastidores do ensino de Física no Brasil, não seria suficiente fazermos apenas sugestões de experimentos, plataformas on-line, livros, simulações, entre outros materiais existentes e disponíveis. O professor ainda enfrentaria dificuldades para reunir todas as informações, para preparar e planejar a estrutura e o conteúdo de cada aula.

É nesse cenário, que este trabalho propõe a utilização de guias didáticos que concentrem informações consideradas necessárias à preparação de uma aula de maior qualidade de ensino. Dentre essas informações, os guias contêm uma discussão detalhada da teoria a ser trabalhada em cada aula, abordando conceitos e situações-problema que enriquecem o conteúdo, descrição da simulação utilizada, propostas de plano de aula e sugestões de materiais, experiências e arquivos que possam enriquecer o trabalho do professor. Nessa estrutura, seguida em todos os guias contidos neste trabalho, selecionamos três objetos de aprendizagens gratuitos e disponíveis na Rived (Rede Internacional Virtual de Educação), plataforma desenvolvida pela Secretaria de Educação à Distância do Ministério da Educação.

O primeiro deles, estudado na 1ª série do Ensino Médio, é o do Princípio de Pascal que inclui uma simulação de um elevador hidráulico, no qual o aluno tem como objetivo erguer um automóvel utilizando objetos de menor massa a partir da análise do Princípio de Pascal e dos conceitos básicos de hidrostática. O segundo deles, estudado na 2ª série do Ensino Médio, é o do Ciclo de Carnot que se baseia na análise das quatro etapas do ciclo: duas transformações isotérmicas e duas transformações adiabáticas. Com esse objeto de aprendizagem, o aluno pode determinar as quantidades de calor trocadas e acompanhar a dinâmica de cada etapa do processo. O terceiro objeto de aprendizagem, estudado na 2ª série do Ensino Médio, é o do Batimento Sonoro que permite identificar o fenômeno tanto de forma visual quanto de forma auditiva, tornando o conceito mais concreto para o aluno. Esta simulação permite ainda, que vários conceitos de Acústica sejam abordados.

Dessa forma, o professor terá em mãos um material de apoio prático e acessível às suas necessidades didáticas e às necessidades do aluno, possibilitando desenvolver um trabalho dinâmico e motivador.

Em linhas gerais, no decorrer deste trabalho abordaremos além do Capítulo 1 que é uma introdução, os seguintes capítulos:

O Capítulo 2 trata da revisão bibliográfica, apontando de que forma os trabalhos estão utilizando Objetos de Aprendizagem abordando os temas selecionados nesse trabalho.

O Capítulo 3 trata do referencial teórico e da definição de objeto de aprendizagem, destacando seu benefício ao processo de ensino e aprendizagem e suas limitações ao substituir um laboratório de Física.

O Capítulo 4 trata da metodologia aplicada, dos aspectos práticos da aplicação e das evidências de aprendizagem.

O Capítulo 5 trata dos relatos das experiências de aplicações dos guias em sala de aula e das observações realizadas.

O Capítulo 6 trata das conclusões obtidas a partir dos relatórios de aplicação.

CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Visando desenvolver um material que dê suporte ao professor e que tenha um nível de detalhamento adequado às necessidades da sala de aula é que buscamos analisar trabalhos que se aproximaram da proposta e dos temas dos guias desenvolvidos. Neste capítulo, apresentamos alguns dos trabalhos desenvolvidos nos últimos anos utilizando objetos de aprendizagem para auxiliar o ensino de Física. Muitos desses trabalhos utilizam simuladores, kits experimentais ou vídeos, simultaneamente com a atuação do professor como um mediador do processo de interação.

Atualmente, existem trabalhos que enfatizam a necessidade da experimentação para a compreensão de fenômenos de interferência, como o do Batimento. Entretanto, nem sempre é viável levar instrumentos para a sala de aula, ou nem sempre a escola dispõem de um aparato experimental propício à prática docente.

O artigo *Um software para experimentos sobre batimentos de ondas sonoras* (SILVA; et al., 2004) sugere uma alternativa ao uso de instrumentos musicais para este tipo de dinâmica em sala de aula usando alguns softwares capazes de simular o fenômeno do batimento, como é o caso do *Mathematica*. Este, porém, possui um comando utilizado para gerar o batimento, mas não se tem controle das características de cada onda individualmente, o que caracteriza uma limitação no estudo da interferência sonora. Apesar de ser um programa difícil de ser utilizado por alunos do ensino médio, se torna importante na busca por recursos que auxiliem o ensino de Física.

No trabalho *Experimentos em ondas e acústica para auxiliar o processo ensino e aprendizagem da Física no ensino médio* (SILVA, 2012), encontra-se, uma proposta de desenvolvimento de atividades experimentais sobre acústica utilizando o software *Audacity*. Nesse trabalho, além de propor as atividades, avalia-se o uso de roteiros experimentais utilizando o computador como instrumento de medida no laboratório didático de Física. Entretanto, esse trabalho difere do que é proposto neste projeto de pesquisa na medida em que o objetivo não é propor atividade para o aluno, e sim munir o professor de um material que sirva como auxílio didático na estruturação da aula a ser ministrada.

O estudo de máquinas térmicas e mais especificamente da máquina de Carnot é outro tema escolhido para atender as dificuldades da aprendizagem de Física no ensino médio. O artigo *Objetos de Aprendizagem: máquinas térmicas* (SAUERWEIN;

SAUERWEIN, 2012) publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física relata o desenvolvimento do objeto de aprendizagem *Graxaim/Máquinas Térmicas (G/MT)* como recurso didático para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem de máquinas térmicas.

Apesar da importância do artigo em disponibilizar recursos didáticos para o ensino de Física, o trabalho que desenvolvemos tem como objetivo utilizar os recursos disponíveis nos objetos de aprendizagem existentes e propor para o professor uma sugestão de utilização dessas ferramentas já disponibilizadas na internet.

Visando analisar as variedades de formatos de trabalhos desenvolvidos como recursos didáticos, é relevante apresentar o roteiro de atividade prática disponibilizado no site do Banco Internacional de Objetos Educacionais. No roteiro *Princípio de Pascal* (COSTA; ALMEIDA; SOUZA, 2007), os autores desenvolveram um guia didático para auxiliar o professor na estruturação de aula. Esse roteiro conta com uma discussão teórica dos conceitos abordados e com uma sequência didática para a aula a ser ministrada, dividindo-a em momentos de teoria e de montagem do kit experimental que irá auxiliar os alunos na compreensão dos conceitos de hidrostática.

Apesar desse roteiro não abordar o tema utilizando recurso multimídia a sua estrutura se aproxima da proposta do trabalho dessa dissertação. Nesse sentido, é importante destacar as sugestões de perguntas indicadas pelos autores que são de grande importância para o professor mediar a interação do aluno com o aparato experimental visando guiar a compreensão dos fenômenos.

CAPÍTULO 3: OBJETO DE APRENDIZAGEM E REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 OBJETO DE APRENDIZAGEM (OA)

A sociedade moderna tem passado, nos últimos anos, pelo que podemos considerar uma revolução tecnológica. O acesso a recursos tecnológicos e à internet cada vez mais poderosos têm levado as pessoas a se inserirem cada vez mais nessa nova realidade. Essa mudança de parâmetro vista em todos os segmentos da sociedade, proporciona processos e interações cada vez mais dinâmicos.

Em sala de aula, a situação não é diferente. Os nossos alunos estão imersos em contextos de informações rápidas, acessíveis e superficiais. Cabe a nós, professores, nos adaptarmos também à nova realidade para orientarmos os estudantes e mantê-los motivados e interessados.

Entretanto, as novidades tecnológicas e a quantidade de materiais que estão surgindo no âmbito escolar não garantem o enriquecimento do processo de aprendizagem. Esses materiais devem ser pensados e planejados para serem utilizados com propósitos pedagógicos e apresentar objetivos claros nas ações de sala de aula. Todos os materiais compostos por imagens, vídeos, simulações, textos, entre outros, quando utilizados de forma didática, são denominados Objetos de Aprendizagem (OAs). Estes instrumentos pedagógicos tornaram-se ricas ferramentas para auxiliar a prática docente.

Na literatura, os OAs são definidos de várias maneiras, como é citado no trabalho de Nunes (2011). Dentre as várias definições, a que melhor sintetiza o material que estamos utilizando neste trabalho é dado por David Wiley.

“[...] qualquer recurso digital que pode ser reutilizado para assistir à aprendizagem e distribuído pela rede, sob demanda, seja ele pequeno ou grande” (NUNES, 2011, *apud* WILEY, 2000 b, p.2)

Na citação acima, entende-se por “pequeno” os recursos digitais como as fotos, os fragmentos de textos, os vídeos, entre outros. Já o termo “grande” faz referência a recursos digitais como apresentações em slides, as simulações, o arquivo do tipo hipertexto, por exemplo.

Os OAs são identificados por características que determinam a possibilidade de serem reutilizados, ou seja, a sua utilização em contextos diferentes, a facilidade de acesso e a compatibilidade com diferentes plataformas e ambientes virtuais. Além disso, a principal característica de um OA é a capacidade interativa, seja ela no formato visual, auditivo ou por meio de solicitações propostas na própria ferramenta.

Atualmente, existem diversos repositórios nacionais e internacionais para o armazenamento e a disponibilização de OAs. Alguns deles são: o RIVED (Rede Interativa Virtual de Educação), o LabVirt, o Domínio Público, MERLOT (Multimidia Educacional Resource for Learning and On-Line Teaching).

É importante ressaltar, que são muitas as vantagens da utilização dos OAs como recurso didático, contudo, não é possível substituir o laboratório científico pela utilização exclusiva de simuladores. Nos laboratórios científicos, podemos desenvolver habilidades exclusivas da atividade prática.

Neste contexto, a proposta do ensino de Física deve ser voltada para uma complementação dos recursos didáticos. Assim, proporcionando atender as diferentes necessidades pedagógicas dos alunos, o equilíbrio entre teoria, as interações virtuais e as situações práticas.

3.2 REFERENCIAL TEÓRICO: APRENDIZAGEM MEDIADA

O desenvolvimento de material didático no formato de guias que contenham sugestões e orientações de utilização de OAs é uma proposta de reunir, em um mesmo material, informações úteis à preparação de uma aula. A proposta desse material vai mais do que isso. As sugestões de utilização das simulações têm como propósito promover a interação tanto entre professor e aluno quanto dos alunos entre si. Espera-se que a inserção de instrumentos pedagógicos que sirvam para a mediação na aprendizagem de conceitos proporcione o desenvolvimento das funções psíquicas superiores, ou seja, das funções mentais que caracterizam o comportamento consciente do homem, dentre eles, processos como o pensamento e a memória. Esses processos são desenvolvidos pela mediação, pelo estímulo consciente dado por outro indivíduo. Lev Semenovitch Vygotsky (1896 – 1934) cita essas ideias em seus trabalhos, como em seu livro *Pensamento e Linguagem*.

“Todas as funções psíquicas superiores são processos mediados, e os signos constituem o meio básico para dominá-las e dirigi-las. O signo mediador é incorporado à sua estrutura como uma parte indispensável, na verdade a parte central do processo como um todo. Na formação de conceitos, esse signo é a palavra, que em princípio tem o papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente, torna-se o seu símbolo.”
(VYGOTSKY, 1999, p. 70)

Desse trecho, podemos identificar a palavra como um meio para a formação de um conceito. Entretanto, depois de compreendida, uma única palavra pode simbolizar e sintetizar uma série de conceitos. Por exemplo, quando estudamos *trabalho (mecânico)*, ao nos referirmos a esse termo, não será preciso retomar os conceitos de força e deslocamento, previamente discutidos. Estas ideias já estão embutidas no significado da palavra trabalho que, por sua vez, poderá mediar a discussão de conceitos que o envolva.

Vygotsky descreve também a importância da interação social de forma geral. Inicialmente, a aprendizagem da criança ocorre a partir da imitação e desde cedo a interação social se faz necessária no seu desenvolvimento. Já na escola, a colaboração entre as crianças no processo de aprendizagem torna-se efetiva quando uma criança possui uma capacidade de resolução maior do que a outra para um determinado problema. As crianças se propõem a desafios maiores e obtêm resultados melhores nas soluções de problemas quando trabalham em colaboração.

“Afirmamos que em colaboração a criança sempre pode fazer mais do que sozinha. No entanto, cabe acrescentar: não infinitamente mais, porém só em determinados limites, rigorosamente determinados pelo estado do seu desenvolvimento e pelas suas potencialidades intelectuais. Em colaboração, a criança se revela mais forte e mais inteligente que trabalhando sozinha, projeta-se ao nível das dificuldades intelectuais que ela resolve, mas sempre existe uma distância rigorosamente determinada por lei, que condiciona a divergência entre a sua inteligência ocupada no trabalho que ela realiza sozinha e a sua inteligência no trabalho em colaboração. [...] A possibilidade maior ou menor de que a criança passe do que sabe fazer sozinha para o que sabe fazer em colaboração é o sintoma mais sensível que caracteriza a dinâmica do desenvolvimento e

o êxito da criança. Tal possibilidade coincide perfeitamente com a sua zona de desenvolvimento imediato.” (VYGOTSKY, 2001, p. 329)

A colaboração possui um papel fundamental na aprendizagem da criança, pois é na interação com outros indivíduos que a criança desenvolve a capacidade de realizar atividades que não é capaz de desenvolver sozinha, apenas por imitação. Além disso, estudos mostram que o que a criança aprende a fazer em colaboração, ela será capaz de fazer sozinha posteriormente.

Vemos nas ideias de Vygotsky também a importância da interação professor-aluno, na qual o aluno tem a possibilidade de ir além do ponto onde conseguiu chegar à interação aluno-aluno. Na escola, a interação social acontece o tempo todo, com todos que fazem parte do convívio do aluno, mas o professor tem o papel de proporcionar situações de novas interações.

“A imitação, se concebida em sentido amplo, é a forma principal em que se realiza a influência da aprendizagem sobre o desenvolvimento. A aprendizagem da fala, a aprendizagem na escola se organiza amplamente com base na imitação. Porque na escola a criança não aprende o que sabe fazer sozinha, mas o que ainda não sabe e lhe vem a ser acessível em colaboração com o professor e sob sua orientação.” (VYGOTSKY, 2001, p. 331)

Nesse trecho, Vygotsky cita a influência da aprendizagem sobre o desenvolvimento, com isso descreve a aprendizagem sempre à frente do processo de amadurecimento. No ensino escolar, é exigido do aluno mais do que ele é capaz de fazer sozinho, pois a aprendizagem ocorre sobre o que ainda não está amadurecido, ou seja, aquilo que ainda irá se desenvolver.

Porém, a interação social não é suficiente para garantir uma aprendizagem efetiva. A aprendizagem torna-se efetiva quando ocorre o que chamamos de mediação, como está descrito nas ideias desenvolvidas nos trabalhos de Reuven Feuerstein (1921 – 2014). A mediação é uma ação que está diretamente relacionada com a ocorrência de aprendizagem, já a interação não possui essa dependência. É possível que haja interação, mas não haja aprendizagem.

É nesse ponto que se faz necessário buscarmos no trabalho desenvolvido por Feuerstein, o complemento das ideias contidas na teoria vygotskyana, como é apresentado no trabalho de Cenci e Costas (2012) sobre aprendizagem mediada na formação de conceitos cotidianos.

“As categorias de mediação propostas por Feuerstein podem ser entendidas como complementares à elaboração de Vygotsky. Ainda que os autores não coincidam em todos os aspectos, as linhas gerais de pensamento são aproximadas.” (CENCI; COSTAS, 2012)

Enquanto Feuerstein classifica e descreve diferentes experiências de interação e mediação, Vygotsky não qualifica de que formas devem acontecer a interação.

Neste contexto, a proposta de ensino utilizando os guias e os OAs, está alicerçada nos trabalhos desenvolvidos por Lev Semenovitch Vygotsky, assim como pela teoria da EAM – Experiência de Aprendizagem Mediada descrita nos trabalhos de Reuven Feuerstein.

Em seu livro *Além da Inteligência*, Feuerstein explica uma situação comum de interação que não é sinônimo de aprendizagem. É o que ele chama de “experiência de aprendizagem direta”, na qual cita o exemplo de uma criança em um museu. A criança pode interagir e ver tudo o que está disponível, correr pelos corredores e se interessar por determinados itens expostos. Entretanto, a aprendizagem não ocorrerá por si só, pois a criança não conseguirá ir além do que está visível, ela não conseguirá abstrair e buscar explicações daquilo que chamou a sua atenção. Para que ocorra a aprendizagem, as interações vivenciadas pelo indivíduo devem ser seguidas por processos que consolidem a aprendizagem como a reflexão sobre o fenômeno observado e, posteriormente, o entendimento completo, mas, essa reflexão que antecipa o entendimento deve ser provocada. O aluno deve ser incentivado a coletar e a analisar as informações que lhe são disponibilizadas.

“[...] para transformar experiência em aprendizado é necessário encorajar o aluno a comparar, coletar e classificar dados e dar significado para a experiência [...]. Este método ativo de experiência no mundo é produto da forma de interação que é a Experiência de Aprendizagem Mediada (EAM). Em uma situação de aprendizagem mediada, o organismo (O)

sendo exposto diretamente a um estímulo (S) reage e responde (R) com habilidade e completude, apenas após as características do estímulo terem sido organizadas, classificadas, diferenciadas, moldadas e adaptadas, e organizadas por um mediador humano maduro (H).” (FEUERSTEIN, 2014, p. 71)

Diferente da experiência de interação direta, na qual as respostas aos estímulos são aleatórias e imprevisíveis, Feuerstein propõe a EAM que se caracteriza por proporcionar uma aprendizagem estruturada e organizada. Na EAM, algumas características são responsáveis pelo caráter universal da interação mediada. São elas: *Intencionalidade e reciprocidade, Transcendência e Mediação de significado*.

A intencionalidade modela a interação e o conteúdo desenvolvido pelo indivíduo. Simultaneamente, os estímulos intencionais geram respostas que podem também nortear as ações do mediador.

A transcendência cria a possibilidade de extrapolar os conteúdos que são abordados no OA. Por exemplo, no OA que aborda o fenômeno do batimento sonoro, temos a possibilidade de transcender a mediação e a interação. Além do próprio fenômeno, os alunos podem ser levados a discutir as qualidades fisiológicas do som e as características de ondas sonoras. Através da transcendência, a mediação se enriquece e possibilita o surgimento de novas ações e da criatividade de respostas dos alunos.

A mediação de significado configura o lado motivacional da aprendizagem mediada. É dando significado à mensagem que o entendimento é facilitado e racionalizado para poder ser estendido a outras situações semelhantes.

Portanto, a interação possibilita um momento de aprendizagem quando o indivíduo é levado a pensar ao ser provocado e desafiado. Para isso, os momentos de mediação devem estar diretamente relacionados à intencionalidade do mediador, às respostas do mediado, às transcendências e aos significados das mensagens passadas.

Os trabalhos desenvolvidos por Vygotsky e Feuerstein serviram de base para o desenvolvimento dos guias e para a proposta de trabalho realizada em sala de aula. Assim, a utilização dos OAs é efetiva pela possibilidade de promover a interação social mais intensa e, principalmente, pela forma intencional como a mediação deve ocorrer.

CAPÍTULO 4: METODOLOGIA E EVIDÊNCIAS DE APRENDIZAGEM

As aplicações em sala de aula foram planejadas seguindo a proposta dos guias, buscando registrar detalhadamente a experiência docente e destacando os aspectos positivos e os aspectos negativos das aplicações.

Inicialmente, faz-se necessário planejar a estrutura da aula baseado em quais recursos estarão disponíveis para serem utilizados pelo professor ou pelos alunos. Na escola em que foram feitas as aplicações dos guias, havia a disponibilidade de um laboratório de informática equipado com pelo menos um computador para cada dois alunos e salas de aula comuns equipadas com um computador e um projetor.

As aulas baseadas nos guias estruturam-se sempre em três momentos distintos, são eles:

- a) Momento inicial de discussão de conceitos básicos para o nivelamento da turma quanto ao conteúdo trabalhado nos OAs;
- b) Momento de interação com o OA selecionado guiados por questionamentos sobre os fenômenos observados propostos pelo professor. Nessa etapa, o OA utilizado deve ser detalhadamente apresentado aos alunos para que todos tenham ciência dos recursos disponíveis para a interação;
- c) Momento final de retomada dos conceitos e fenômenos trabalhados pelo professor.

Essa estrutura não deve ser rígida, pelo contrário, o professor deve estar atento aos recursos disponíveis para fazer as adequações necessárias.

O guia sobre fenômeno do Batimento Sonoro foi aplicado na estrutura disposta em sala de aula comum. Nesse formato, a estrutura da aula deve sofrer algumas mudanças essenciais na postura tomada pelo professor. Após o momento inicial de nivelamento dos conceitos e da apresentação dos recursos disponíveis no OA, o professor passa a ser o mediador e o facilitador da interação.

A mediação é importante para que a interação não fique no nível superficial, pois é o professor que, de maneira intencional, levará os estudantes a buscarem explicações e tirarem conclusões sobre os fenômenos observados e sobre os conceitos estudados. Além disso, o professor é também um facilitador do processo de interação. É por meio dele que estará manuseando um computador e projetando o OA na tela que os estudantes terão acesso à interação. Com a mediação e alguém que facilite a interação, os alunos terão a possibilidade de debater, propor novas situações e avaliar os resultados em conjunto.

Nessa estrutura de aula, o docente deve ser imparcial em relação a interação, pois é importante que as situações e discussões partam dos alunos para que haja uma dinâmica maior e um crescimento pedagógico na aprendizagem como é esperado.

Os guias sobre o Princípio de Pascal e sobre o Ciclo de Carnot foram aplicados no laboratório de informática, com computadores em número suficiente para interação em duplas. Nesse formato de aula, o professor é novamente um mediador, permitindo que os

alunos sejam instigados a explorar as simulações contidas nos OAs. Após o momento inicial e a apresentação do OA, os alunos poderão interagir e debater com os seus respectivos parceiros sem a intervenção do professor. A interação em dupla constitui o momento mais rico da aula, pois a busca por respostas aos questionamentos do professor e o debate exclusivamente entre os alunos permitem que a análise seja aprofundada e que as conclusões obtidas demonstrem o avanço na aprendizagem.

É importante destacar que a intenção do professor em instigar os estudantes a debater e a interagir é a condição fundamental para que a mediação ocorra de maneira efetiva. Por isso, faz-se necessário que o professor estude e conheça cada OA.

Dentre os aspectos práticos das aplicações dos guias, temos os positivos:

- a) Aumento do interesse sobre os temas abordados;
- b) Alunos motivados em participar da aula;
- c) Facilidade na apresentação de novas situações para a análise do fenômeno, por parte do professor.

E os aspectos negativos:

- a) Necessidade mínima de recursos multimídia, ainda que na sala de aula comum;
- b) Necessidade de mudança de sala de forma dinâmica para que os momentos que compõem a aula não sejam comprometidos pela falta de tempo;
- c) Necessidade de planejamento rigoroso, pois mesmo nas escolas que possuem laboratório de informática se faz necessário o agendamento prévio. Esse agendamento deve ser encaixado de forma exata, pois a aula utilizando OA não pode ser ministrada em outro momento senão naquele em que os conceitos serão discutidos.

No momento posterior a cada aula, os alunos foram questionados em relação às suas opiniões em relação às aulas e os comentários destacaram três aspectos, são eles:

- a) A possibilidade dos OAs permitirem a compreensão de conceitos trabalhados anteriormente que não foram bem compreendidos, que são pré-requisitos para a análise dos fenômenos e que podem ser revistos através dos simuladores;
- b) Os alunos se sentiram mais motivados a participar do debate em sala de aula, devido a proposta de divisão da aula em momentos distintos;
- c) A possibilidade de disponibilizar os OAs para os alunos por meio da plataforma online MOODLE, utilizada na escola onde os guias foram aplicados.

Em relação ao crescimento pedagógico, os alunos evidenciaram diversos indícios de que houve uma compreensão maior dos conceitos trabalhados a partir da proposta de aula constituída nos guias. Algumas dessas evidências foram:

- a) Os alunos demonstraram maior capacidade de resolução de exercícios durante as aulas subsequentes à aplicação dos guias didáticos;

- b) Rendimento superior ao esperado nas avaliações escolares dos conteúdos abordados;
- c) A utilização adequada do OA levou os alunos a assimilar com maior facilidade o fenômeno observado do que quando observado de forma estática, no quadro branco.

Os relatos das opiniões dos alunos aliados às evidências de aprendizagem nos levam a acreditar que a motivação, o interesse dos alunos e a mediação do professor durante a interação dos estudantes com os recursos digitais são condições importantes para que a compreensão de conceitos e a aprendizagem ocorram.

CAPÍTULO 5: APLICAÇÕES E RELATOS DE EXPERIÊNCIA EM SALA

Neste capítulo, faremos os relatos e análises das experiências de aplicações dos guias levando em consideração as especificidades de cada turma trabalhada. Para isso, as aplicações foram classificadas por séries, turmas e conteúdo.

Além da classificação descrita acima, as aplicações também se distinguiram pelo formato adotado para o desenvolvimento de cada aula. Como sugerido nos guias, as aulas podem ocorrer em um laboratório de informática devidamente equipado ou, caso haja alguma impossibilidade, as aulas podem ocorrer na própria sala de aula com o auxílio de um projetor. Iremos descrever aulas que ocorreram em ambas as situações.

Independente do formato no qual a aula se desenvolve, o professor tem o papel fundamental de interagir como um mediador, orientando o estudo e delimitando os conceitos trabalhados.

Assim, o professor pode instigar os alunos por meio de questionamentos, direcionando a interação entre os alunos e o OA, e delimitando as possibilidades de caminhos que devem ser seguidos para que obtenham as conclusões necessárias em relação aos fenômenos estudados. O propósito do professor é contribuir para uma aprendizagem mediada, proporcionando ao aluno atingir níveis superiores de entendimento.

O mediador (ou professor) transforma os estímulos guiados por suas intuições, emoções e sua cultura. O mediador avalia as estratégias, seleciona as que são mais apropriadas a determinada situação, amplia algumas, ignora outras, faz esquemas. (TURRA, 2007) Essa intencionalidade do professor tem como objetivo guiar os alunos para o entendimento dos conceitos trabalhados e fazer com que cheguem a conclusões utilizando OA. Todavia, as estratégias desenvolvidas pelo professor podem ser alteradas dependendo das respostas obtidas, por isso sua intencionalidade deve estar associada diretamente à reciprocidade das respostas.

Todas as aulas de aplicação dos guias ocorreram no Colégio Presbiteriano Mackenzie – Unidade Brasília, localizado no Lago Sul, no qual pude contar com uma excelente estrutura física de sala de aula e do laboratório de informática, além de uma especial colaboração da coordenação pedagógica para que as aulas e observações fossem realizadas.

Não faremos os relatos em sequência cronológica, pois as aulas foram desenvolvidas de acordo com o planejamento pedagógico e especificidades de cada série.

5.1 PRINCÍPIO DE PASCAL

Na 1ª série do Ensino Médio, utilizamos o objeto de aprendizagem que evidencia o Princípio de Pascal contido no guia que se encontra no Apêndice A, mas que se refere a diversos conceitos que envolvem o estudo da Hidrostática.

As aulas foram ministradas utilizando os mesmos recursos tecnológicos para ambas as turmas, 1ª série A e B. As turmas foram levadas ao laboratório de informática que conta com 23 computadores, possibilitando que todas as aulas fossem realizadas com interação em duplas, já que nenhuma turma possuía mais do que 42 alunos. Posicionando todas as duplas de maneira a permitir que o conteúdo exposto no quadro branco ficasse visível a todos os alunos, a aula transcorreu de acordo com as sugestões do guia. Primeiramente, houve uma discussão teórica inicial para garantir o nivelamento da turma em relação aos conceitos básicos os quais são pré-requisitos para a aula. Em seguida, foi realizada uma descrição das funções da simulação para que os alunos pudessem usufruir ao máximo do OA. Nesse momento cada dupla pôde começar a interagir com o OA buscando respostas e conclusões motivadas pelos questionamentos feitos pelo professor. Por último, o momento no qual o professor assume o papel de direcionador da interação por meio de um projetor e juntamente com a turma, ele interage novamente para tirar as conclusões que permitirão solidificar os conceitos trabalhados.

É importante frisar, que o professor possui papel de grande importância em todos os momentos da aula, como o mediador dos processos de interação e de aprendizagem. É papel do professor circular pela turma, mesmo quando os alunos estão interagindo em dupla, instigando, motivando e orientando seus alunos.

Na 1ª série B, a primeira turma a ser observada, a discussão teórica inicial foi mais curta. Houve a apresentação de conceitos importantes como pressão exercida por uma força, pressão hidrostática, princípio de Stevin e a apresentação do princípio de Pascal. Na sequência, foram apresentadas duas perguntas:

- 1) De que forma, utilizando a prensa hidráulica, podemos obter uma força maior do que a força aplicada?

2) Qual a vantagem e a desvantagem de utilizarmos um elevador hidráulico? Justifique sua resposta, utilizando argumentos que evidenciem a vantagem e a desvantagem.

A busca pelas respostas dessas questões guiou a interação de cada dupla com a simulação. Podemos observar os alunos motivados em analisar e responder ao que era proposto na questão 1, embora eles não tenham conseguido compreender de forma clara a vantagem e a desvantagem solicitadas na questão 2. A observação de diversas situações possibilitadas pela simulação facilitou a compreensão dos conceitos discutidos pelo professor.

Na primeira 1ª série A, a discussão teórica inicial foi um pouco mais prolongada, instigada pelos questionamentos dos alunos. Além dos conceitos de hidrostática, apresentamos outros exemplos os quais podíamos observar o princípio de Pascal, motivando ainda mais os alunos que se mostraram dispostos a fazer perguntas e discutir o fenômeno.

Foi observada uma diferença significativa nas conclusões obtidas a partir da interação entre as turmas. Na turma B, os alunos encontraram mais dificuldades em transcender obtendo conclusões mais aprofundadas, se limitaram em responder as questões motivadoras em um nível superficial, exigindo do professor uma mediação mais efetiva. Em contrapartida, a turma A obteve maior êxito em responder as perguntas e transcender a análise para consequências importantes da situação proposta. Por exemplo, alguns alunos identificaram através da simulação que o trabalho realizado no pistão de entrada é o mesmo trabalho obtido no pistão de saída, sendo diferente apenas o esforço necessário para realizar cada um deles.

Essa diferença de rendimento no decorrer da aula deve-se muito as próprias características das turmas. As turmas vêm mostrando diferenças relevantes no decorrer do ano. Além do rendimento nas avaliações, a turma A destaca-se em participação nas discussões geradas pelo conteúdo e pelos questionamentos apresentados em sala.

5.2 CICLO DE CARNOT

Na 2ª série do Ensino Médio, temos três turmas (A, B e C) as quais se assemelham em rendimento, mas com características individuais muito marcantes em cada uma delas. A

turma A, com 40 alunos, é caracterizada pela participação intensa e pelos debates dos assuntos trabalhados em sala, a turma B se destaca negativamente em participação, sendo considerada uma turma apática pelo grupo de professores da escola, embora seja a menor turma com 32 alunos e a turma C, que possui alunos extremamente curiosos pelos fenômenos físicos e muito motivados pelas novidades trazidas pelo professor para a sala de aula possui 36 alunos.

Nas aulas de aplicação do guia (Apêndice B), abordamos a Termodinâmica, mais precisamente os conceitos de primeira e segunda lei da termodinâmica e máquinas térmicas, em especial máquina de Carnot.

Nas três turmas, a dinâmica manteve-se a mesma, sendo o primeiro momento como uma discussão teórica dos pré-requisitos necessários para o estudo da máquina de Carnot, propiciando um momento rico em troca de informações e de revisão dos conceitos de termodinâmica. Já no segundo momento, demos início a interação dos alunos com a simulação, motivados pela pergunta:

1) Quais são as transformações que constituem o Ciclo de Carnot?

Explique estas transformações identificando onde há entrada e saída de calor do Ciclo.

Os alunos foram instruídos a dar início à interação com OA, debatendo em duplas, guiados pela solicitação do enunciado. Foi observado que os alunos obtiveram maior êxito em responder a pergunta quando foi pedido que redigissem a resposta em uma folha e não ficassem apenas no campo da discussão verbal. Após a finalização das respostas, foi pedido que alguns alunos lessem o que fizeram para que pudéssemos corrigi-las, formulando, juntos, a resposta mais satisfatória.

No terceiro momento, retomamos a análise da simulação utilizando um projetor para que todos pudessem acompanhar e discutir a pergunta proposta possibilitando que a compreensão do ciclo se tornasse mais fácil.

É relevante informar que o conteúdo abordado neste objeto de aprendizagem não fazia parte do cronograma de conteúdos destinados as minhas aulas. A Termodinâmica era um conteúdo ministrado por outro professor de Física da escola e o momento desta aula foi disponibilizado para a aplicação. Por isso, pudemos ter uma visão externa da mudança na compreensão dos conceitos e do aproveitamento da aula em relação ao conteúdo, já que

muitos dos conceitos abordados na análise do OA eram pré-requisitos e foram retomados, permitindo maior compreensão dos conceitos novos e, principalmente, dos conceitos revisados.

Alguns fatos chamaram muito a atenção pela diferença entre as turmas. A turma B, considerada apática na maioria das aulas tradicionais, mostrou-se bastante motivada na análise da simulação e pela possibilidade de discussão em duplas. É característica dessa turma a dificuldade dos alunos em fazer comentários que possam gerar algum tipo de exposição pública, por isso a interação dos estudantes em dupla foi tão benéfica para o aproveitamento do espaço com a turma.

A turma C mostrou-se muito motivada e confirmou sua característica mais aparente, os alunos demonstraram mais uma vez curiosidade em buscar, pesquisar e questionar. Os alunos se dedicaram a propor situações diferentes extraindo o máximo de informações do OA e proporcionando um debate mais rico. Dentre as situações propostas, muitas extrapolavam ao que foi proposto, mas contribuíram para enriquecer a interação.

A observação ainda mais relevante foi feita na turma A. Os alunos trouxeram um *feedback* extremamente valioso para verificar os ganhos pedagógicos do uso de recursos tecnológicos em sala de aula. Além da motivação para discutir os conceitos de termodinâmica e em conhecer o OA, alguns alunos fizeram comentários ao final da aula e outros me procuraram para comentar em particular. Dentre os comentários feitos, os mais relevantes foram em relação ao maior nível de compreensão da análise das transformações gasosas mostradas no gráfico $P \times V$ e a relação com a primeira Lei da Termodinâmica. Fatos importantes e relevantes, pois a proposta principal da simulação é que o estudante compreenda o Ciclo de Carnot, mas ela se mostrou extremamente útil também facilitando a retomada de assuntos tratados em aulas anteriores e que ainda evidenciavam uma defasagem de aprendizagem entre integrantes da mesma turma.

5.3 BATIMENTO SONORO

O terceiro (Apêndice C) dos três guias produzidos também aborda assuntos trabalhados na 2ª série do Ensino Médio, o qual nós tivemos novamente a possibilidade de aplicar nas três turmas A, B e C anteriormente descritas. Porém, buscamos desenvolver o trabalho de forma diferente para poder relatar experiências distintas.

A aula foi ministrada utilizando a segunda sugestão dada no próprio guia, essa nova sugestão de estrutura da aula será útil caso o professor não tenha disponível um laboratório de informática, a aula pode ocorrer com o auxílio de um projetor e, neste caso, com a caixa de som. Logo, para relatar todas as experiências possíveis, essa simulação foi apresentada aos alunos na sala de aula comum, mas com a presença do professor mediando a interação com a simulação.

É importante lembrar que a simulação nos permite evidenciar o fenômeno do batimento sonoro, mas também foi bastante útil na retomada dos conceitos de qualidade sonora como altura, intensidade e o conceito de interferência. Essa retomada proporcionou um ganho relevante na aprendizagem desses conceitos que foram revisto a partir de um outro recurso didático, possibilitando sanar possíveis falhas conceituais que os alunos tenham apresentado.

A dinâmica da aula foi mantida nas três turmas. Neste formato de aula, o professor deve ter uma preocupação maior em como mediar a interação para que os alunos possam ser instigados a propor novas situações para a simulação. Foi feita uma discussão inicial dos conceitos básicos envolvidos e na sequência, foi apresentado o objeto de aprendizagem sobre o fenômeno do Batimento, juntamente com a simulação. No decorrer da interação, o professor além de apresentar ao aluno as funções disponíveis procurava instigar os alunos com questionamentos sobre os fenômenos e características do som observado, antes de mostrar o fenômeno no simulador.

Perguntas como:

- a) Ao emitirmos dois sons de mesma frequência, o que ocorrerá com a onda resultante mostrada na tela?
- b) Ao modificarmos a posição do botão do volume, qual a característica do som que iremos modificar?
- c) O que diferencia um som alto de um som baixo?

Essas eram perguntas que tinham como objetivo retomar o conteúdo e motivar os alunos a terem uma participação mais efetiva na aula, fato que foi observado.

Esse formato de aula não proporcionou um *feedback* por parte dos alunos como visto nas aulas realizadas no laboratório de informática. Apesar disso, ficou evidente uma diferença relevante na motivação e na participação dos alunos em relação às aulas

tradicionais utilizando pincel e quadro branco. Outra observação importante é que as turmas não diferiram muito quanto às conclusões obtidas nem quanto aos questionamentos que surgiram devido ao fato de ser o professor responsável por delimitar e orientar toda e qualquer possibilidade da simulação. Por isso, o professor deve ter o cuidado ainda maior de promover um debate intencional, mas permitindo que os alunos busquem e sugiram as alterações necessárias na condução da interação com a simulação.

CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO

A proposta do trabalho docente baseada nos estudos de educadores que valorizaram a interação social e a mediação sugere um ganho de qualidade no processo de ensino e aprendizagem sobre os conteúdos abordados nos OAs selecionados. Esse ganho foi verificado na comparação da experiência de aplicação dos guias com experiências educacionais anteriores e nas evidências apresentadas no Capítulo 4. Vimos também na postura dos alunos e na qualidade das discussões realizadas em sala durante as aulas, evidências benéficas à utilização de instrumentos multimídia no ensino de Física.

A atuação do professor como um mediador da aprendizagem permite que os alunos sejam mais participativos em sala de aula. A abertura para o debate e a interação proporcionada pelos OAs possibilitam um dinamismo maior no transcorrer da aula.

As experiências das aulas desenvolvidas a partir dos guias contribuíram para o aprimoramento do material desenvolvido neste trabalho. A análise das experiências de aplicação dos guias vivenciadas permitiu moldar as suas estruturas e disponibilizar sugestões práticas. Como exemplo, o simples fato de manter as questões motivadoras escritas no quadro durante o momento de interação consegue manter a motivação dos alunos por mais tempo. Ou ainda, solicitar que as respostas das questões e as conclusões retiradas das interações fossem descritas na forma de um texto afim de que os alunos demonstrem domínio do que foi estudado também mantém os alunos atentos ao OA estudado.

A utilização dos materiais didáticos desenvolvidos e dos OAs podem ser de grande valia para as escolas que não possuem um laboratório de Física. Esses laboratórios têm como objetivo desenvolver uma série de habilidades como a observação, a experimentação, a investigação e, sobretudo, permitir que os conceitos teóricos discutidos em sala de aula se tornem mais concretos para o aluno. Na ausência de laboratórios de Física, os OAs se caracterizam como importante apoio pedagógico aproximando a teoria de situações mais concretas para o aluno.

Apesar da importância da contribuição dada aos professores de Física, a quantidade de materiais com essa proposta ainda é escassa. Acreditamos que este trabalho tem muito a ser enriquecido com a diversificação dos conteúdos abordados, municiando o professor

ainda mais para sua atuação em sala de aula. Alguns dos tópicos que, trabalhados dessa maneira com OAs, poderão contribuir para melhorar a compreensão dos alunos são: Conservação de Energia Mecânica, Campos Gravitacional e Elétrico, Potencial Elétrico e Quantidade de movimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Cenci e Costas 2012] CENCI, A.; COSTAS, F. A. T. Aprendizagem Mediada na Formação de Conceitos Cotidianos: Implicações nas Dificuldades de Aprendizagem. In: Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul. IX ANPED SUL. 2012.
- [Costa; Almeida; Souza, 2007] COSTA, I.; ALMEIDA, L.; SOUZA, D. Roteiro Experimental: Princípio de Pascal. UFF, 2007. Disponível: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/2976> (Acessado em 04/01/2016)
- [Feuerstein 2014] FEUERSTEIN, R.; Feuerstein, R. S.; Falik, L. H. (2010). *Além da inteligência: Aprendizagem mediada e a capacidade de mudança do cérebro*. Trad. Sob a direção de Aline Kaehler. Petrópolis: Editora Vozes, 2014.
- [Nunes 2011] NUNES, E.R. *Ensino de Conceitos Físicos no Ensino Médio e as Contribuições dos Objetos de Aprendizagem*. 2011.302 f. Tese de doutorado em educação – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.
- [Sauerwein e Sauerwein 2012] SAUERWEIN, R. A.; SAUERWEIN, I. P. S. “Objetos de Aprendizagem: Máquinas Térmicas”. *Cad. Bras. Ens. Fís.* V.2, n. Especial 2, p. 812-830, jun. 2012.
- [Silva 2012] SILVA, K. N. *Experimentos em ondas e acústica para auxiliar o processo ensino e aprendizagem da Física no ensino médio*. 2012. 188 f. Dissertação de mestrado – UFSCar. São Carlos.
- [Silva; Silva; Silva; Silva, 2004] SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; SILVA, D. D. P. S.; SILVA, C. D. P. S. “Um software para experimentos sobre batimento de ondas sonoras”. *Cad. Brás. Ens. Fís.* v. 21, n. 1, p. 103-110, abr. 2004.
- [Turra 2007] TURRA, N. C. Reuven Feuerstein: “Experiência de Aprendizagem Mediada: um salto para a modificabilidade cognitiva estrutural”. *Educere et Educare*, Cascavel, v. 2, n.1, p. 297-310, jul./dez. 2007.
- [Vygotsky 2001] VYGOTSKY, L. S. *A Construção do Pensamento e da Linguagem*. Trad. Sob a direção de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

[Vygotky 1999] VYGOTSKY, L. S. (1987). *Pensamento e Linguagem*. Trad. Sob a direção de Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

APÊNDICE

Nesta seção, serão apresentados na íntegra os guias didáticos que foram desenvolvidos como produto educacional do programa para os três conteúdos selecionados, no Apêndice A é apresentado o guia sobre o Princípio de Pascal, no Apêndice B o guia sobre o Ciclo de Carnot e no Apêndice C o guia sobre o Batimento Sonoro. Os guias possuem a mesma estrutura básica diferindo apenas nas suas especificidades, estão disponíveis na RIVED (<http://rived.mec.gov.br/> - acessado em 04/01/2016) e foram desenvolvidos em um projeto da Universidade de Brasília. A estrutura baseia-se em:

- 1) Descrição do OA – Apresentação dos recursos disponíveis na simulação. Tópico do guia: Explorando o Objeto de Aprendizagem
- 2) Resumo teórico – Descrição teórica, análise matemática e exemplos práticos. Sugestão de discussão teórica com o objetivo de detalhar a abordagem dos conceitos e sintetizar a pesquisa em livros didáticos. Tópico do guia: O princípio de Pascal/ O ciclo de Carnot/ O fenômeno do batimento
- 3) Situações-problema – Análise detalhada de situações propostas a partir da interação com o OA, das observações e dos resultados obtidos Neste tópico é sugerido uma proposta de simulação para ser discutido com os alunos. Tópico do guia: Erguendo o Carro/ Percorrendo o Ciclo/ Ouvindo o Batimento
- 4) Proposta de plano de aula – A partir da interação com o OA e da discussão sobre questionamentos feitos pelo professor (mediador) que possam motivar o debate em sala de aula. Tópico do guia: Plano de Aula
- 5) Sugestões de materiais para fins didáticos – Tem como objetivo enriquecer a aula com atividades extra classe ou com novas informações trazidas pelo professor. Como por exemplo: roteiros experimentais, biografia, proposta de planejamento de aula, simuladores, entre outros. Tópico do guia: Saiba Mais!

Apêndice A - Guia: Princípio de Pascal

Conteúdo

Hidrostática. Princípio de Pascal.

Objetivo do guia

Apresentar ao professor uma sugestão de encaminhamento de aula associada a um recurso interativo denominado Objeto de Aprendizagem (OA), abordando conceitos como força, pressão e trabalho. Esses conceitos são essenciais para o estudo do princípio de Pascal e suas aplicações no cotidiano.

Explorando o Objeto de Aprendizagem

Recursos digitais como imagens, vídeos, simulações, textos, entre outros, quando utilizados como ferramentas pedagógicas para beneficiar o processo de ensino e aprendizagem, são denominados Objetos de Aprendizagem (OA).

Neste guia, utilizaremos um objeto de aprendizagem sobre o Princípio de Pascal que contém uma simulação com grande potencial para a exploração de alguns conceitos.

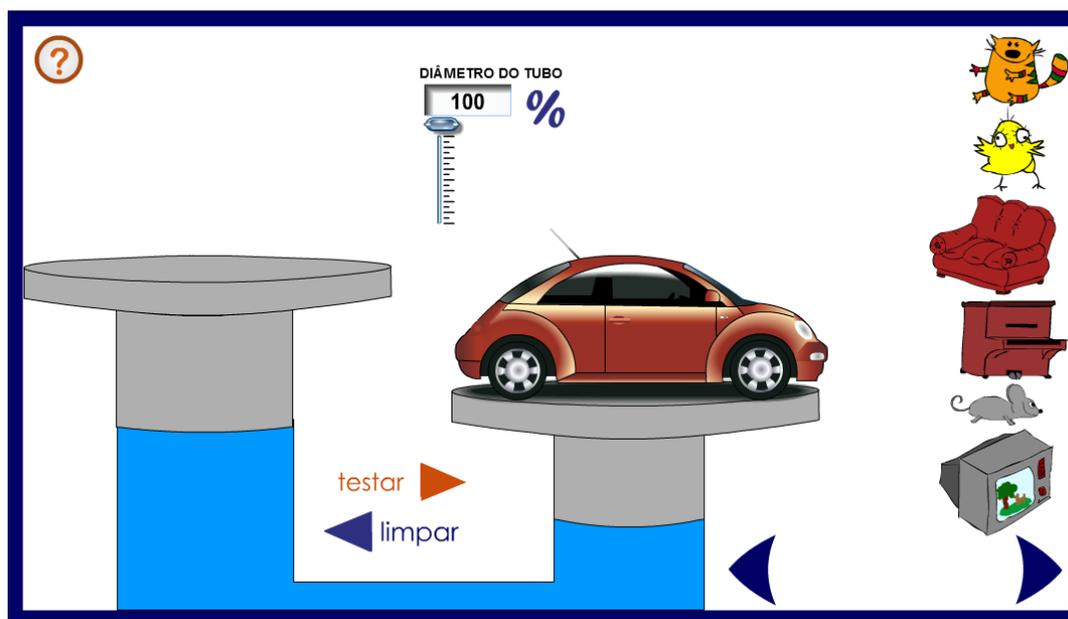


Figura 1: Tela inicial da simulação¹

A tela principal, mostrada na Figura 1, contém todas as funções disponíveis no simulador que representa um modelo simplificado de um elevador hidráulico. Inicialmente, temos um problema a resolver: como erguer o automóvel utilizando os objetos disponíveis à direita da tela?

A procura pela solução do problema inicial nos levará à investigação de diversas situações, nas quais podem ser variados o diâmetro do tubo da esquerda (tubo 1) e a massa total colocada sobre ele.

Para alterar o diâmetro do tubo é necessário variar a posição do botão de arraste acima da escala graduada localizada na parte superior da tela principal. Este botão permite escolher a porcentagem do tamanho do tubo da esquerda (tubo 1) em relação ao tubo da direita (tubo 2), ou seja, se a escala mostrar 100%, quer dizer que o tubo da esquerda (tubo 1) possui o mesmo diâmetro do tubo da direita (tubo 2), se mostrar 80% quer dizer que o tubo 1 possui apenas 80% do diâmetro do tubo 2, e assim por diante.

¹Figura 1: Tela principal da simulação

Em relação aos objetos, é possível posicioná-los cumulativamente arrastando um objeto de cada vez até a posição do tubo 1. Para cada situação, escolhidos o diâmetro do tubo e o(s) objeto(s) clica-se no botão “testar” e observa-se o que ocorrerá. Para modificar a situação analisada clica-se no botão “limpar” para recomeçar a interação.

O Princípio de Pascal

Quando queremos esvaziar uma bola de vôlei que está sem o pino, percebemos que a velocidade que o ar sai pelo orifício é modificada quando pressionamos a bola com nossas mãos, ou quando apertamos o tubo de creme dental na parte inferior para que o creme dental saia mais rapidamente pelo orifício. Nestes exemplos, podemos verificar o Princípio de Pascal ocorrendo.

Antes de enunciarmos este princípio, é importante que relembremos o conceito de pressão para que fique bem compreendido. A pressão exercida por uma força igualmente distribuída sobre todos os pontos de uma superfície é definida como a intensidade da componente perpendicular da força sobre a área (A) da superfície.

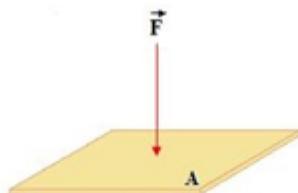


Figura 2: Força normal à superfície²

$$p = \frac{F}{A} \quad (\text{Eq. 1})$$

No caso da Figura 2, a componente perpendicular da força é a própria força. É importante lembrar que pressão é uma grandeza escalar e por isso não possui características como direção e sentido. Isto deve ficar claro, pois embora a força seja uma grandeza vetorial a informação contida na Equação 1 refere-se apenas a intensidade da força que atua na direção normal à superfície.

No Sistema Internacional (SI), a unidade de força é o newton (N) e da área é o metro quadrado (m²). Portanto, da Equação 1 verificamos que a unidade de pressão é $\frac{N}{m^2}$ que, em homenagem a seus estudos, recebeu o nome de pascal (Pa).

Exemplo 1: Considere a situação onde uma força de 50 N é aplicada sobre uma superfície de 5 m² formando um ângulo de 30° em relação a horizontal. Para calcularmos a pressão exercida por essa força, devemos obter a intensidade da componente normal da força aplicada.

² Figura 2: <http://fisica.uems.br/paginas/index.php?user=148&titulo=Hidrostatica:20M%F3dulo%20I> (Acessado em 02/05/2015)

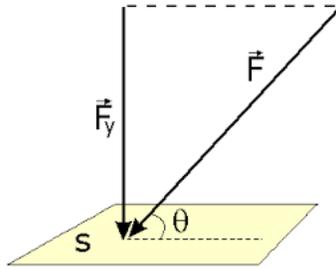


Figura 3: Força aplicada sobre a superfície e a sua componente normal³

Assim,

$$F_Y = F \sin \theta$$

$$F_Y = 50 \times 0,5 = 25 \text{ N}$$

A intensidade da componente normal à superfície nos permitirá calcular a pressão efetivamente exercida sobre a superfície:

$$p = \frac{F_Y}{A} = \frac{25}{5} = 5 \text{ Pa}$$

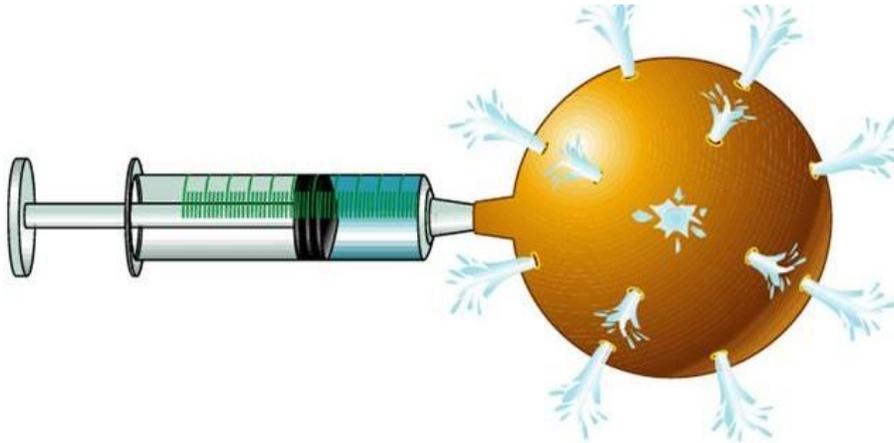


Figura 4: Seringa preenchida com água associada a um balão⁴

Exemplo 2: Na Figura 4, podemos verificar o Princípio de Pascal ocorrendo, no qual o aumento de pressão exercido no êmbolo da seringa é transmitido a todos os orifícios do balão com a mesma intensidade.

Este princípio foi enunciado em 1652 pelo francês Blaise Pascal, e diz que:

“Uma mudança na pressão aplicada a um fluido incompressível confinado é transmitida integralmente a todas as partes do fluido e às paredes do recipiente.”

³ Figura 3: <http://www.coladaweb.com/fisica/mecanica/hidrostatica> (Acessado em 17/05/2015)

⁴ Figura 4: <http://hidrostatica.galeon.com/pascal.htm> (Acessado em 18/04/2015)

A partir do que foi exposto no enunciado de Pascal, vamos analisar a aplicação deste princípio em um dispositivo hidráulico que pode ser usado para amplificar a força exercida.

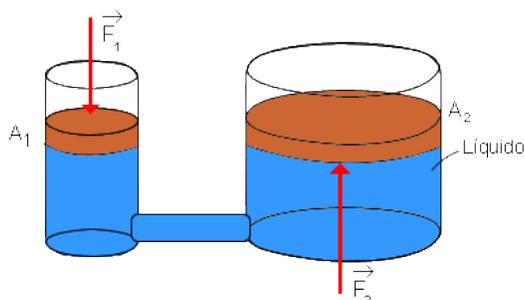


Figura 5: O aumento de pressão no pistão 1 é transmitido pelo fluido ao pistão 2.⁵

Considere que uma força externa F_1 seja aplicada ao pistão da esquerda (pistão 1) de área A_1 , da Figura 5, gerando um aumento de pressão no fluido incompressível que preenche o espaço dentro do dispositivo e permite que esse acréscimo de pressão seja transmitido a todos os pontos do tubo. Como consequência, é produzida sobre o pistão da direita (pistão 2), de área A_2 , uma força F_2 .

Pelo princípio de Pascal, podemos afirmar que o acréscimo de pressão produzido no pistão 1 e transmitido ao pistão 2 possui a mesma intensidade (deve ficar claro que o acréscimo de pressão é o mesmo em todos os pontos mas não a pressão hidrostática em cada ponto do fluido), e portanto:

$$\text{Se } p_1 = p_2 \text{ então } \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (\text{Eq. 2})$$

A relação, expressa pela Equação 2, nos mostra que se a área A_2 for maior que a área A_1 , a força produzida no pistão 2 tem que ser maior do que a força externa gerada no pistão 1.

Ainda analisando a Figura 5, se o pistão 1 for deslocado uma distância h_1 ao sofrer a ação da força, será produzido um deslocamento de um volume do fluido que passará a ocupar o tubo da direita quando o pistão 2 for deslocado para cima uma distância h_2 . Assim, podemos afirmar que:

$$V_1 = V_2 \text{ e, portanto, } A_1 h_1 = A_2 h_2 \quad (\text{Eq. 3})$$

Podemos concluir que se a área A_2 for maior que A_1 , então o pistão 2 sofrerá um deslocamento menor que o pistão 1.

Desse modo, o dispositivo hidráulico nos permite ter uma vantagem ao ampliar a força produzida, porém o deslocamento obtido no pistão 2 será tanto menor quanto maior for a ampliação da força externa F_1 .

Sugerimos chamar a atenção do aluno para observar que a vantagem obtida ao usar o dispositivo hidráulico não nos fornece um trabalho maior ou menor, na verdade, o trabalho

⁵ Figura 5: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20022/Jeferson/Lei%20de%20Stevin%20I-1.htm> (Acessado em 18/04/2015)

realizado por ambos os pistões possui o mesmo valor. É o que podemos observar na demonstração abaixo:

O trabalho realizado pelo pistão 2 pode ser escrito como

$$\tau = F_2 h_2 \text{ (Eq. 4)}$$

Pelas Eq. 2 e Eq. 3 temos que $F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1}$ e $h_2 = h_1 \frac{A_1}{A_2}$, substituindo na equação acima

$$\tau = \left(F_1 \frac{A_2}{A_1} \right) \left(h_1 \frac{A_1}{A_2} \right) = F_1 h_1 \text{ (Eq. 5)}$$

$$\text{Portanto, } \tau = F_2 h_2 = F_1 h_1$$

Exemplo 3: Considere que na Figura 5, o pistão maior (pistão 2) tem uma área 50 vezes maior do que a do pistão menor (pistão 1). Um homem forte espera conseguir exercer uma força suficientemente grande no pistão maior, a fim de elevar uma massa de 10 kg que repousa sobre o pistão menor. É possível?

Vamos analisar a situação utilizando a Equação 2:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

No problema proposto, o acréscimo de pressão que foi gerado no pistão maior será transmitido pelo fluido incompressível, que preenche o dispositivo hidráulico, a todos os pontos do fluido, gerando um acréscimo de pressão também ao pistão menor.

Conhecendo-se a razão entre as áreas podemos escrever:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{F_2}{F_1}$$

Como

$$A_2 = 50A_1$$

Podemos escrever:

$$50 = \frac{F_2}{F_1}$$

E, como a força F_1 corresponde ao peso do corpo colocado no pistão 1, considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 o peso será de 100 N , assim:

$$F_2 = 50 \times 100 = 5000 \text{ N}$$

Podemos concluir que dificilmente o homem conseguirá erguer o pistão 1, pois a força necessária para realizar tal ação seria equivalente a erguer uma massa de 500 kg .

Exemplo 4: Em uma aula de hidrostática, um aluno diz a seguinte frase: “Professor, quando utilizamos um sistema hidráulico podemos erguer objetos mais pesados com menor esforço, assim, podemos concluir que o trabalho realizado para erguer um objeto mais pesado com o auxílio de um sistema hidráulico é menor do que se não tivéssemos o sistema.” Qual é a análise devemos fazer para corrigir a afirmação do aluno?

A prensa hidráulica não viola o princípio da conservação da energia, pois como podemos verificar utilizando a simulação (item do próximo tópico), o decréscimo na distância ao longo da qual o pistão maior é movimentado compensa o acréscimo da força sobre ele.

A Equação 3 nos mostra que o deslocamento vertical do pistão é inversamente proporcional a sua área:

$$A_1 h_1 = A_2 h_2$$

Como a energia transferida pode ser definida como o produto da força pela distância, podemos concluir que o dispositivo hidráulico não é capaz de multiplicar energia, pois como sabemos quanto maior for a área do pistão, maior será a força obtida e menor será o deslocamento realizado, havendo uma compensação dos valores das grandezas envolvidas.

Erguendo o Carro

De posse de tudo que foi lembrado até aqui, vamos analisar a simulação buscando evidenciar o que a teoria descreve. Para isso, retomemos à Figura 1 que nos mostra tudo o que está disponível no simulador.

Situação 1: É possível erguer o carro de 1000 kg de massa utilizando um piano e um sofá totalizando 200 kg?

No simulador, fazemos a escolha do piano e do sofá para ser posicionado no pistão da esquerda (pistão 1). Inicialmente, o carro já se encontra no pistão da direita (pistão 2) e os diâmetros de ambos os pistões são iguais.

Pela Equação 2, podemos prever que ao clicar no botão “Testar” nada ocorrerá, pois se as áreas dos pistões são iguais obteremos:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} = 1$$

Como sabemos que as massas escolhidas não são iguais, a razão entre as forças não é igual a 1. Então, qual é a razão entre as áreas que deveríamos ter?

Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s², calculamos as forças

$$F_1 = 2000 \text{ N e } F_2 = 10000 \text{ N}$$

Assim,

$$\begin{aligned}\frac{F_1}{F_2} &= \frac{A_1}{A_2} \\ \frac{2000}{10000} &= \frac{A_1}{A_2} \\ \frac{A_1}{A_2} &= 0,2 \\ \frac{\pi r_1^2}{\pi r_2^2} &= 0,2 \\ \frac{r_1}{r_2} &= 0,447 \sim 0,45\end{aligned}$$

Podemos concluir então, que o diâmetro do pistão 1 deve ser aproximadamente 45% do diâmetro do pistão 2 para que o carro seja erguido.

Agora é só testar!

Situação 2: De que forma podemos utilizar o simulador e a Situação 1 para evidenciar a desvantagem de usar o sistema hidráulico? Isso pode ajudar a explicar porque o trabalho realizado sobre o pistão 1 é o mesmo trabalho obtido no pistão 2?

Posicionado os objetos proposto pela Situação 1 e regulado o botão de arraste na posição correta para o diâmetro calculado, podemos analisar novamente o que ocorreu após testar a situação.

Veja atentamente o que ocorre com ambos os tubos. Fica evidente que o pistão 1 percorrerá uma distância maior que o pistão 2, isso nos mostra o que havia sido previsto pela Equação 3:

$$A_1 h_1 = A_2 h_2$$

Ou seja, os deslocamentos dos pistões são inversamente proporcionais às áreas. Por isso, o pistão 2 que possui uma área maior deverá subir uma distância menor do que o pistão 1.

A relação entre força e distância nos remete a definição de trabalho e nos permite concluir a partir do que foi observado que embora o dispositivo hidráulico possa multiplicar forças, ele o faz à custa da distância deslocada.

A partir de agora, sugerimos que o professor veja também outras possibilidades de simulação colocando outros objetos e relacionando novamente as áreas, é importante que o professor domine bem a ferramenta para que a proposta da aula ocorra da melhor maneira possível.

Plano de Aula: Princípio de Pascal

Tema

Hidroestática – Princípio de Pascal

Objetivo da aula

Compreender o princípio de Pascal e analisar suas aplicações a partir dos conceitos de força, pressão e trabalho.

Duração

Sugestão de uma aula de 50 min.

Em sala de aula

A proposta desse guia é usufruir ao máximo da interação do aluno com o Objeto de Aprendizagem, assim, devemos estar atentos a realidade da escola e a estrutura física disponível para o desenvolvimento da aula.

Caso o professor tenha à sua disposição um laboratório de informática, sugerimos que os alunos trabalhem em duplas, para que possam debater e analisar cada situação. É importante que a disposição física dos computadores permita que todos consigam ver bem o quadro, já que parte da aula será expositiva.

Outra situação, muito comum nas escolas, é a ausência de um laboratório equipado. Neste caso, a sugestão é a interação coletiva. O professor deverá contar com um computador e um projetor para que todos os alunos possam visualizar, interagir e debater.

É importante que na segunda opção, o professor seja um mediador que busca estimular ao máximo as sugestões de interação e o debate entre os alunos.

Metodologia

O desenvolvimento da aula poderá ocorrer em três momentos.

1. Direcionamento da aula por meio da apresentação do que será trabalhado e de questões que poderão ser respondidas a partir da compreensão dos conceitos estudados, buscando estimular a curiosidade, a pesquisa e a discussão, entre outros. (Sugestão: o professor poderá deixar algumas questões sugeridas nesse guia escritas no quadro para estimular ainda mais os alunos.)

2. Utilização da simulação, na qual os alunos buscarão respostas ou relações que ajudem a responder questões propostas pelo professor que deverá estar constantemente entre os alunos motivando-os e questionando-os.

3. Momento expositivo, onde os conceitos e as relações envolvidas serão apresentados pelo professor, que terá a possibilidade de relacioná-los às situações evidenciadas no simulador. Essa ligação entre o exposto no quadro e a simulação permitirá um esclarecimento maior do conteúdo.

Para que os estudantes atinjam os objetivos esperados, o professor deve se certificar do conhecimento de alguns pré-requisitos. Para isso, uma sugestão é que as questões motivadoras do momento inicial sejam discutidas e respondidas antes do segundo momento, essas perguntas têm como objetivo evidenciar o conhecimento das noções de força, pressão e trabalho.

Seguem abaixo sugestões de perguntas:

Pergunta 1: O que é pressão?

Sugestão de resposta: A pressão pode ser definida como a razão entre a componente perpendicular da força e a área da superfície onde ela é aplicada. Vale ressaltar que a pressão é uma grandeza escalar, embora a força seja uma grandeza vetorial, a informação utilizada para definir a pressão é apenas a intensidade da componente normal da força.

Pergunta 2: Como definimos trabalho realizado por uma força?

Sugestão de resposta: O trabalho é uma grandeza abstrata que pode ser entendido como uma medida do quanto que uma forma de energia foi alterada. Por exemplo, quando uma força é aplicada sobre um objeto, que passa a se movimentar, dizemos que a força realizou trabalho, alterando a energia cinética do objeto. Ou ainda, podemos dizer que o trabalho é uma forma de transferir energia a um corpo e, por isso, possui a mesma unidade de medida de energia, o joule (J). No SI, definimos joule como $J = N \cdot m = kg \cdot m^2/s^2$. Quantitativamente, o trabalho de uma força é definido pela equação:

$$\tau = Fd \cos \theta,$$

onde a F representa a força aplicada em newtons (N), d representa o deslocamento em metros (m) e θ , o ângulo formado entre a direção da força e a direção do deslocamento.

Essa expressão representa o produto escalar entre a força aplicada F e o deslocamento d , lembrando que o produto escalar entre dois vetores é

definido pelo produto entre as intensidades dos dois vetores e o cosseno do ângulo entre eles.

O que nos permite concluir que o trabalho é realizado pela componente da força que atua efetivamente na direção do deslocamento.

Pergunta 3: Podemos erguer um corpo de 100 N exercendo uma força de 50 N em um sistema?

Sugestão de resposta: O princípio de Pascal nos mostra que o aumento de pressão gerado em uma parte do fluido será transmitido a todos os seus pontos. Se considerarmos esse sistema como um elevador hidráulico, a relação obtida a partir do princípio de Pascal $\left(\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}\right)$ deixa evidente que um acréscimo de pressão gerado no pistão de entrada pela força (F_1) sobre o fluido que preenche o elevador, gerará no pistão de saída uma força (F_2) diretamente proporcional à área do pistão. Dessa forma se exercermos uma força de 50 N sobre um pistão de área A de um elevador hidráulico preenchido com um fluido incompressível, a força obtida sobre o pistão de saída de área 2 x A terá intensidade de 100 N.

Pergunta 4: Qual o princípio de funcionamento do elevador hidráulico utilizado em oficinas mecânicas?

Sugestão de resposta: O elevador hidráulico tem como função erguer objetos muito pesados, para isso, utiliza-se do princípio de Pascal no seu funcionamento. Simplificadamente pode ser entendido como um sistema de pistões de espessuras diferentes montados dentro de um cilindro preenchido com um fluido incompressível. Através de um sistema de bombeamento acionado por um motor elétrico o fluido é pressionado em um tubo de pequena espessura, esse aumento de pressão é transmitido a todos os pontos do fluido até atingir um tubo com área da secção transversal maior. O aumento de tamanho entre as áreas dos tubos produzirá uma diferença entre a força aplicada pelo sistema de bombeamento e a força produzida no tubo final, de acordo com a relação obtida pelo princípio de Pascal $\left(\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}\right)$.

Saiba Mais!

Neste tópico temos sugestões de assuntos a serem abordados ou materiais que possam enriquecer e dinamizar a aula.

Biografia de Blaise Pascal:

O contexto histórico em que viviam muitos estudiosos e a trajetória de vida que possuíram pode ser importante para chamar a atenção dos alunos e estimular o seu interesse pela Física.

http://ecalculo.if.usp.br/historia/blaise_pascal.htm (acessado em 01/05/2015)

Preparação da aula:

Neste link, encontramos uma sugestão de uma ficha técnica para uma aula sobre Princípio de Pascal.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1101> (acessado 02/05/2015)

O planejamento da aula é a principal estratégia para obtermos os objetivos esperados. O arquivo sugerido abaixo foi desenvolvido pela Equipe do Portal do Professor – Secretaria de Educação Básica Ministério da Educação e é constituído por uma sequência de informações, dicas e sugestões voltadas para a elaboração da aula.

http://portaldoprofessor.mec.gov.br/pdf/dicas_producao_aulas.pdf (acessado em 03/05/2015)

Para ilustrar:

Como funcionam os freios hidráulicos? Temos aqui uma simulação do que ocorre quando o motorista de um carro aciona o freio do seu veículo. Podemos fazer a seguinte análise, ao pisar no freio o motorista aplica uma força sobre um pistão de pequena espessura que está associado ao pedal. Ao receber a força, esse pistão gera um aumento de pressão no fluido que preenche o sistema transmitindo-o ao pistão de maior espessura que está associado às rodas. Pelo Princípio de Pascal, o aumento da área do pistão de maior espessura gerará uma força maior no sistema de freios do que aquela aplicada pelo motorista. Veja melhor, clicando no botão “frenar”.

http://newton.cnice.mec.es/newton2/Newton_pre/escenas/fuerzas_presiones/frenoshidraulicos.php (acessado em 02/05/2015)

Entenda o funcionamento de um elevador hidráulico. Veja abaixo uma explicação detalhada e ilustrada com uma simulação sobre o funcionamento do elevador:

<http://ciencia.hsw.uol.com.br/elevadores1.htm> (acessado em 23/04/2015)

Experimentos:

Além da simulação trabalhada, outra estratégia é fazer com que o aluno experimente o Princípio de Pascal. Segue abaixo dois experimentos para estimular a curiosidade e a pesquisa.

Elevador hidráulico de seringas:

<http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec34.htm> (acessado em 23/04/2015)

Tente explicar o que acontece! (Experimento do Ludião):

<http://pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=130&LUDIAO+PRINCIPIO+DE+PASCAL> (acessado em 02/05/2015)

Recursos Utilizados:

- Quadro branco;
- Pincel;
- Microcomputador do tipo pessoal com monitor capaz de reproduzir cores;
- Projetor;
- Tela para projeção.

Informações Técnicas:

- Navegador (browser) com plug-in flash versão 8 ou superior;
- Processador: Dual Core;
- Memória RAM: 2 GB;
- HD: 500 GB;
- Sistema operacional: Windows da Microsoft ou Linux.

Bibliografia:

- Hewitt, Paul G. *Física Conceitual*. 11. ed. Bookman

- Halliday, David; Resnick, Robert; Walker, Jearl. *Fundamentos de Física 1*. 6. ed. LTC.

- Equipe do Portal do Professor. *Dicas para elaboração de aulas*. Portal do Professor. Disponível em: http://portaldoprofessor.mec.gov.br/pdf/dicas_producao_aulas.pdf. Acesso em 03 maio de 2015.

Apêndice B - Guia: Ciclo de Carnot

Conteúdo

Termodinâmica. Máquinas térmicas. Ciclo de Carnot.

Objetivos do Guia

Apresentar ao professor uma sugestão de encaminhamento de aula associado a um recurso interativo denominado Objeto de Aprendizagem (OA), abordando conceitos como trabalho termodinâmico, calor, rendimento, máquina térmica ideal e ciclo de Carnot. Tais conceitos são essenciais para o estudo da Termodinâmica.

Explorando o Objeto de Aprendizagem

Recursos digitais como imagens, vídeos, simulações, textos, entre outros, quando utilizados como ferramentas pedagógicas para beneficiar o processo de ensino e aprendizagem, são denominados Objetos de Aprendizagem (OA).

Neste guia, utilizaremos um objeto de aprendizagem sobre o funcionamento do Ciclo de Carnot que contém uma simulação com grande potencial para a exploração de alguns conceitos.

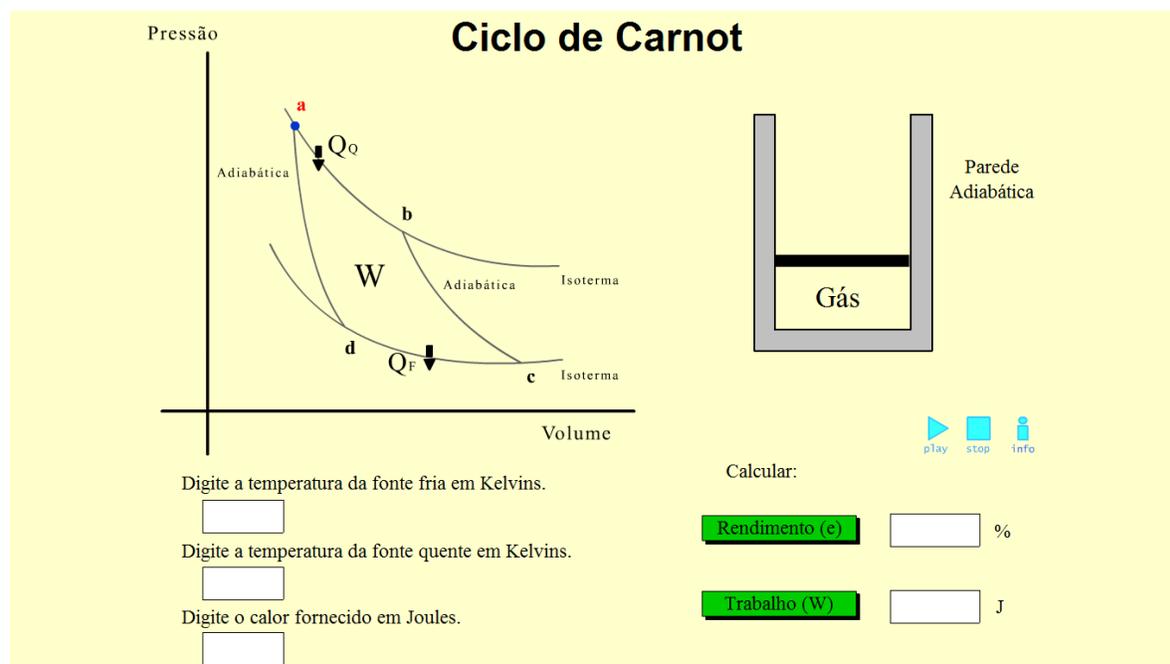


Figura 1: Tela principal da simulação⁶

Na Figura 1, podemos ver a tela principal deste simulador, onde encontramos todas as interações e informações disponíveis.

No canto superior esquerdo, vemos o diagrama P x V (pressão por volume) que representa o Ciclo de Carnot. Note que o diagrama é delimitado por duas transformações adiabáticas e duas transformações isotérmicas, contém informações sobre em quais momentos existe entrada e saída de calor do sistema e a identificação da característica de cada transformação (ab, bc, cd, da). Durante a interação, também é mostrado um indicador percorrendo cada trecho do diagrama para que o aluno possa identificar o processo no momento que está ocorrendo.

No canto superior direito, podemos observar a representação de um recipiente contendo gás isolado por paredes adiabáticas, mas que pode trocar calor pela parte inferior do recipiente, vedado com um êmbolo móvel sem atrito na parte superior. Nele, podemos analisar

⁶ Figura 1: Tela principal da simulação

simultaneamente cada transformação que ocorrerá em cada etapa do diagrama. O êmbolo do recipiente moverá para cima ou para baixo indicando a diferença de pressão e a entrada ou saída de calor do sistema.

Observando a parte inferior da tela, vemos cinco caixas de diálogo que conterão as informações quantitativas do ciclo estudado. À esquerda, devemos definir as temperaturas para a fonte fria, fonte quente e o valor do calor fornecido pela fonte quente. É importante lembrar que os valores das grandezas devem estar no Sistema Internacional (SI), portanto, temperatura em kelvin (K) e quantidade de calor em joules (J).

As caixas de diálogo da direita não são para preenchimento, nelas obteremos os valores de rendimento e trabalho clicando nos botões “Rendimento (ϵ)” e “Trabalho (W)”, respectivamente.

Escolhidos os valores, poderemos primeiramente fazer uma análise quantitativa e posteriormente voltar a nossa atenção para o diagrama e o recipiente. Ao clicarmos no botão PLAY, na parte central direita da tela, daremos início as etapas do diagrama que representam cada transformação. Para que tenhamos tempo de analisar cada etapa do diagrama, temos a opção de parar o indicador que estará percorrendo o diagrama clicando no botão STOP, ao clicarmos novamente no PLAY o indicador continuará a percorrer o diagrama do ponto onde parou. Ao lado dos dois botões controladores da interação encontra-se o botão INFO, que ao ser clicado, nos levará a outra tela contendo informações do grupo que desenvolveu o simulador, tendo a opção de voltar e continuar a interação.

O ciclo de Carnot

Antes de analisarmos o Ciclo de Carnot, vamos lembrar alguns conceitos importantes no estudo da Termodinâmica.

Inicialmente, vamos analisar a Primeira Lei da Termodinâmica e as grandezas que estão envolvidas na sua definição. A partir do princípio de conservação da energia, podemos analisar uma transformação termodinâmica que ocorre com um sistema gasoso relacionando a quantidade de calor (Q), o trabalho (τ) e a variação de energia interna (ΔU):

$$Q = \Delta U + \tau \quad (\text{Eq. 01})$$

Onde, por convenção, adotamos Q com sinal positivo quando o sistema recebe calor e com sinal negativo quando o sistema cede calor. Para compreendermos melhor a conservação de energia proposta pela Primeira Lei, vamos analisar um exemplo:

Exemplo 1: Considere um gás ideal confinado em um recipiente com êmbolo móvel que receberá uma quantidade de calor $Q = + 2000 \text{ J}$ de uma fonte externa. Essa energia recebida produzirá, além de um aumento de temperatura, a expansão do gás, produzindo um trabalho $\tau = + 1200 \text{ J}$.

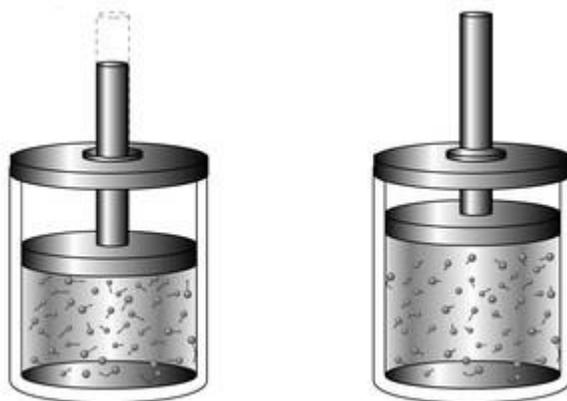


Figura 2: Expansão do gás ao receber calor⁷

O aumento de temperatura é explicado analisando as quantidades de calor e trabalho envolvidas. Sabendo que o gás recebeu uma determinada quantidade de calor e que parte desta energia foi utilizada para a expansão, podemos concluir que o restante ficou no gás, alterando sua energia interna (ΔU). Assim:

$$2000 = \Delta U + 1200$$

⁷ Figura 2: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/termica/termodinamica.html> (Acessado em 26/05/2015)

$$\Delta U = + 800 J$$

O sinal positivo nos informa que o gás sofreu um aumento na sua energia interna.

Continuando nossa revisão, é importante definirmos o que é uma máquina térmica. Simplificadamente, chamamos de máquina térmica todo dispositivo capaz de atuar entre duas fontes de calor de temperaturas diferentes utilizando um fluido operante (pode ser o vapor de água) para transformar energia térmica em outra forma de energia, como a energia mecânica ou elétrica. A fonte de maior temperatura é chamada de fonte quente e é responsável por ceder o calor que será utilizado pela máquina térmica para realizar trabalho, o restante da energia que não for utilizada no processo será rejeitada para a fonte de menor temperatura, chamada fonte fria.

$$\tau = Q_q - Q_f$$

Onde Q_q representa a quantidade de calor cedida pela fonte quente e Q_f representa a quantidade de calor rejeitada para a fonte fria.

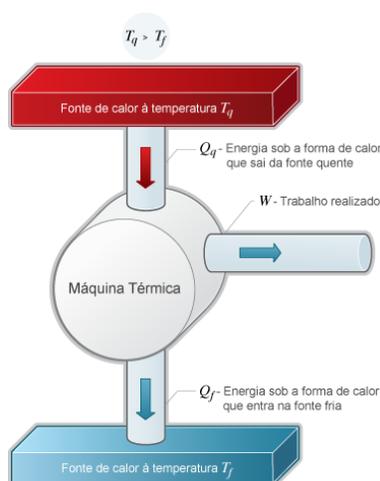


Figura 3: Esquema de uma máquina térmica⁸

Na figura 3, podemos observar como o fluido operante percorre a máquina térmica. A fonte quente cede calor para a máquina que transforma parte desse calor em trabalho e rejeita o restante para a fonte fria.

⁸ Figura 3: http://www.ebah.com.br/content/ABAAABY_OAE/maquinas-termicas-fisico-quimica (Acessado em 26/05/2015)

Analisando o funcionamento de uma máquina térmica, podemos definir o Rendimento (e) como a porcentagem do calor fornecido que é convertido em trabalho, o que pode ser escrito como:

$$e = \frac{\tau}{Q_q} = \frac{Q_q - Q_f}{Q_q} = 1 - \frac{Q_f}{Q_q} \quad (\text{Eq. 02})$$

Note, para que o rendimento de uma máquina térmica seja 100% seria necessário que não houvesse rejeição de calor para fonte fria. O que não é possível, pois o fluxo de energia térmica depende da diferença de temperatura entre ambas as fontes.

Devido a necessidade de existir essa diferença de temperatura, uma pergunta se fez necessária: Qual o rendimento máximo que pode ser obtido por uma máquina operando entre essas duas fontes?

Em 1824, antes que a primeira lei da termodinâmica estivesse estabelecida, um jovem engenheiro francês chamado Nicolas Léonard Sadi Carnot descreveu em seus trabalhos uma máquina ideal que funcionava segundo um ciclo conhecido atualmente como Ciclo de Carnot.

“As interpretações da obra de Carnot foram de fundamental importância na formulação das leis fundamentais da Termodinâmica. Uma dessas interpretações, mais comumente expressa na ideia de que “o calor não pode passar espontaneamente de um corpo frio para um corpo mais quente”, é o argumento básico da Segunda Lei da Termodinâmica, como reconhecido por Rudolph Julius Emmanuel Clausius (1822-1888).” (Nascimento, Braga, Fabris, 2004)

A Segunda Lei da Termodinâmica foi expressa por Clausius como sendo impossível construir uma máquina operando em ciclos, cujo único efeito seja transformar completamente a energia térmica recebida da fonte quente em trabalho.

Os trabalhos de Carnot o levaram a propor uma máquina que operasse entre duas fontes de temperaturas diferentes realizando quatro processos reversíveis, ou seja, processos que podem ocorrer percorrendo o diagrama nos dois sentidos. Esses processos estão representados no diagrama da Figura 4.

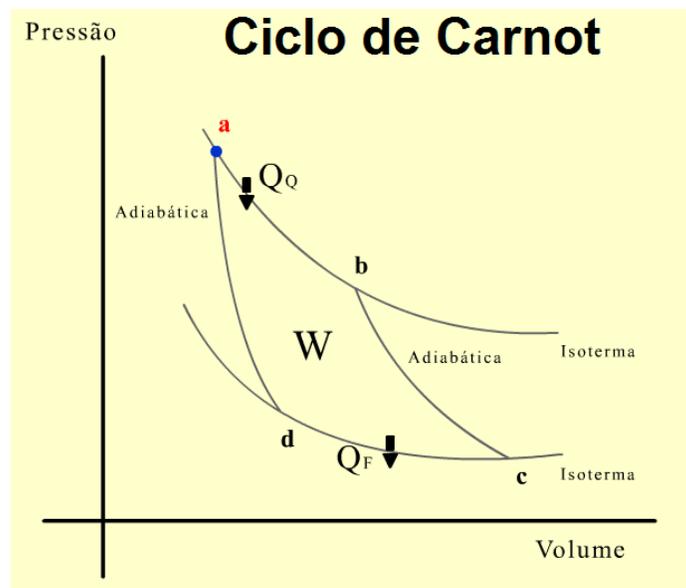


Figura 4: Diagrama do Ciclo de Carnot⁹

O Ciclo de Carnot é composto por quatro etapas que representam duas transformações adiabáticas e duas isotérmicas. Para analisar cada transformação representada na Figura 4, tomemos como exemplo um recipiente contendo um gás ideal. Considere que este recipiente permita a troca de calor pela região inferior, possua paredes adiabáticas e seja fechado por meio de um êmbolo móvel.

A etapa AB representa uma expansão isotérmica. Nesta transformação, o calor cedido pela fonte quente permite que o gás realize trabalho, fazendo com que o gás sofra uma expansão sem alterar a sua energia interna, ou seja, a temperatura constante.

A etapa BC representa uma expansão adiabática. Nesta transformação, o gás realiza trabalho sem que haja troca de calor com o meio externo, há diminuição da energia interna e a temperatura decresce.

A etapa CD representa uma compressão isotérmica. Nesta transformação, o gás recebe energia na forma de trabalho, como o processo é isotérmico o gás rejeita calor para a fonte fria à medida que é comprimido.

A etapa DA representa uma compressão adiabática. O gás, novamente, recebe energia na forma de trabalho sofrendo uma compressão. Como não há trocas de calor com as fontes, ocorre o aumento de temperatura.

O princípio de Carnot afirma que a razão entre o trabalho realizado e o calor recebido por um sistema que opera segundo um Ciclo de Carnot depende apenas das temperaturas das fontes.

⁹ Figura 4: <http://www.brasilecola.com/fisica/maquinas-carnot.htm> (Acessado em 26/05/2015)

Podemos demonstrar que a razão entre as quantidades de calor é proporcional a uma função que independe da substância que é utilizada para percorrer o ciclo. Essa função é proporcional à temperatura absoluta, de tal forma que podemos escrever:

$$e = \frac{\tau}{Q_q} = 1 - \frac{Q_f}{Q_q} \quad \frac{Q_f}{Q_q} = f(T_f, T_q)$$

Utilizando algumas relações e um pouco de manipulação algébrica, temos: (Veja o tópico 2 na sessão Saiba Mais!)

$$e = 1 - \frac{T_f}{T_q} \quad (\text{Eq. 03})$$

Para que o rendimento da máquina de Carnot fosse 100%, a temperatura da fonte fria deveria ser 0 K. Uma vez que não é possível atingir a temperatura do zero absoluto, podemos concluir que o rendimento máximo será sempre inferior a 100%. É importante notar que o rendimento cresce proporcionalmente a diferença de temperatura entre as fontes.

Vejam os outros exemplos!

Exemplo 2: Considere, com boa aproximação, que um motor em pleno funcionamento seja resfriado pela água que troca calor ao passar pelo radiador do veículo. Parte dessa energia térmica trocada faz com que a água esquente e que o restante da energia seja rejeitada para o ambiente. Considerando que a temperatura da água do radiador atinja 100 °C e que a temperatura ambiente seja de 25 °C, podemos calcular o rendimento teórico aproximado deste veículo?

Sabemos que o rendimento máximo teórico depende da relação entre as temperaturas da fonte quente e da fonte fria. Convertendo as temperaturas das fontes para a escala Kelvin, teremos:

$$\text{Fonte quente: } T_q = 100 + 273 = 373 \text{ K}$$

$$\text{Fonte fria: } T_f = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$e = 1 - \frac{298}{373} = 1 - 0,8 = 0,20$$

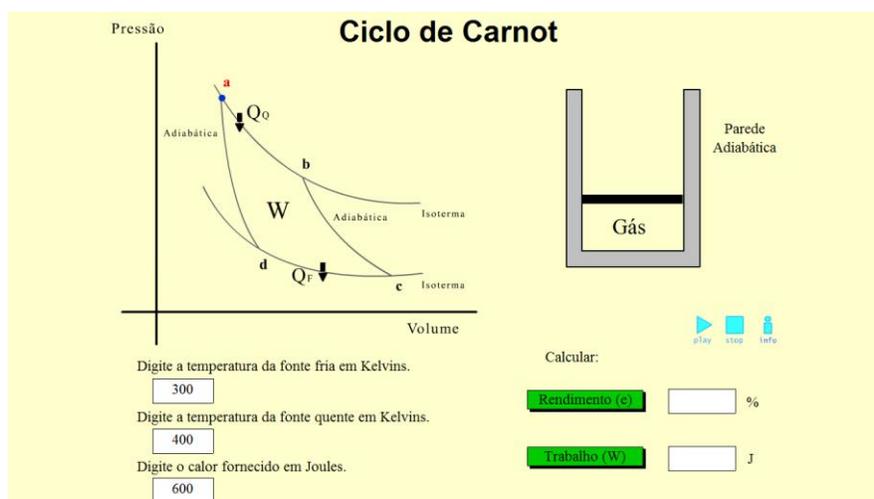
O maior rendimento teórico para a máquina em questão é de aproximadamente 20%. Encontramos uma boa aproximação, pois o rendimento calculado está dentro do esperado para um veículo a gasolina. (Veja o tópico 3 da sessão Saiba Mais!)

Percorrendo o Ciclo

A partir do que foi exposto, vamos analisar uma situação proposta utilizando a simulação e, para isso, vamos voltar para a tela mostrada na Figura 1.

Situação: Considere o recipiente, mostrado na tela, contendo um gás que representa o fluido operante de uma máquina térmica de Carnot e que sofrerá os processos correspondentes a um ciclo completo. Devemos escolher quais são as temperaturas entre as quais essa máquina irá funcionar e a quantidade de calor cedido pela fonte quente. Suponha, então, que essa máquina recebe calor de uma fonte a $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ e rejeita calor para um reservatório a $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, recebendo a cada ciclo uma quantidade de calor igual a 600 J .

Primeiramente, é preciso preencher as caixas de diálogo da tela principal referentes aos valores das temperaturas da fonte quente, da fonte fria e da quantidade de calor recebida.



Apesar de estar explicitamente informado sobre cada caixa de diálogo, é importante que o aluno seja lembrado de corrigir as unidades antes, quando necessário. Colocados os valores, podemos pressionar o PLAY para analisar o diagrama.

A bolinha azul, percorrendo o digrama $P \times V$, nos permite acompanhar as etapas que representam as transformações que o gás estará submetido. Ao parar a simulação, o professor pode fazer a mediação que for necessária, possibilitando aos alunos compreender cada transformação detalhadamente.

Após dar início a simulação, vamos parar no ponto **b**. Entre os pontos **a** e **b**, notamos que o gás do recipiente recebeu calor e a diminuição da pressão sobre seu êmbolo permitiu que ocorresse a expansão sem aumento da energia interna. Isso também pode ser verificado no diagrama $P \times V$, pois a bolinha azul percorre uma isoterma mostrando um aumento de volume.

Na próxima transformação, paramos no ponto **c**. Entre os pontos **b** e **c**, verificamos que o recipiente continua expandindo, mas não recebe calor da fonte quente, por isso o aumento

de volume acontece à custa da diminuição da energia interna do gás. Se analisarmos o diagrama, percebemos que o indicador mostra novamente o aumento de volume, mas o decréscimo da energia interna faz com que a bolinha azul saia de uma isoterma de temperatura maior para outra de temperatura menor.

Ao pararmos o ciclo no ponto **d**, podemos analisar a transformação entre **c** e **d** na qual há um aumento de pressão no êmbolo, fazendo com que seja realizado trabalho sobre o gás. A bolinha azul mostra a diminuição do volume ocorrendo sobre uma isoterma, assim, para que o gás receba energia na forma de trabalho e mantenha sua energia interna ocorre rejeição de calor para a fonte fria.

Por último, entre os pontos **d** e **a**, a bolinha mostra novamente uma diminuição do volume, evidenciando que o gás recebe energia na forma de trabalho. Como não há trocas de calor, ocorre o aumento da energia interna do gás fazendo com que o indicador saia de uma isoterma de temperatura menor para outra isoterma que representa uma temperatura maior.

No segundo momento, após termos feito o estudo qualitativo do ciclo de Carnot, vamos analisar de forma quantitativa o que ocorreu durante o ciclo. Veja que definimos inicialmente que a máquina térmica proposta trabalharia entre as temperaturas $T_f = 300\text{ K}$ e $T_q = 400\text{ K}$ e receberia da fonte quente uma quantidade de calor igual a 600 J . Assim, se pressionarmos o botão “Rendimento (e)” obteremos o rendimento dessa máquina e consequentemente conseguiremos calcular o trabalho realizado. Antes de conferir no simulador, vamos calcular o rendimento utilizando a Equação 03.

$$e = 1 - \frac{T_f}{T_q} = 1 - \frac{300}{400} = 1 - 0,75 = 0,25$$

Concluimos que o rendimento foi de 25% e que, portanto, o trabalho realizado foi de 150 J sendo rejeitado para a fonte fria 450 J , como calculado abaixo:

$$e = \frac{\tau}{Q_q} \rightarrow 0,25 = \frac{\tau}{600} \rightarrow \tau = 150\text{ J}$$

$$\tau = Q_q - Q_f \rightarrow 150 = 600 - Q_f \rightarrow Q_f = 450\text{ J}$$

Retornando à simulação, ao pressionar os botões do rendimento e do trabalho podemos verificar os valores calculados e retomar a análise do ciclo completo.

De forma geral, podemos dizer que a cada ciclo completo a máquina de Carnot transforma calor em trabalho, mas lembre-se que esse ciclo é reversível, então cabe a nós fazermos esta análise com os nossos alunos. Se o ciclo fosse percorrido no sentido contrário não estaríamos obtendo energia na forma de trabalho útil, mas sim retirando energia térmica mediante a realização de trabalho externo, essa ideia é visualizada nos refrigeradores. Veja por exemplo o ar condicionado ou uma geladeira, esses aparelhos consomem energia elétrica para retirar calor da fonte fria e rejeitar para a fonte quente, ou seja, o processo inverso.

Essa comparação deve ser feita com cuidado, pois este ciclo teórico reversível não pode ser obtido na prática. Em nenhum caso uma máquina térmica ou um refrigerador pode trabalhar percorrendo os dois sentidos do ciclo. Não seria razoável dizer que uma geladeira, quando solicitada por meio de um comando, pudesse esquentar os alimentos no seu interior. (Veja o tópico 4 da sessão Saiba Mais!)

Plano de Aula: Ciclo de Carnot

Tema

Termodinâmica – Ciclo de Carnot

Objetivo da Aula

Compreender e analisar o Ciclo de Carnot a partir da máquina térmica proposta por Carnot e dos conceitos de calor, trabalho, rendimento e das Leis da Termodinâmica.

Duração

Sugestão de uma aula de 50 min.

Em Sala de Aula

A proposta desse guia é usufruir ao máximo da interação do aluno com o Objeto de Aprendizagem, assim, devemos estar atentos a realidade da escola e a estrutura física disponível para o desenvolvimento da aula.

Caso o professor tenha à sua disposição um laboratório de informática completo, sugerimos que os alunos trabalhem em duplas, para que possam debater e analisar cada situação. É importante que a disposição dos computadores permita que todos consigam ver bem o quadro, já que parte da aula será expositiva onde o professor buscará demonstrar para os alunos alguns valores mostrados na simulação.

Outra situação é a ausência de um laboratório equipado com a quantidade de computadores adequada. Neste caso, a sugestão é a interação coletiva. O professor deverá contar com um computador e um projetor para que todos os alunos possam visualizar, interagir e debater.

É importante que na segunda opção, o professor seja um mediador que busca estimular ao máximo as sugestões de interação e o debate entre os alunos.

Metodologia

A sugestão de divisão da aula em três momentos diferentes faz-se necessário para que os alunos possam interagir com o objeto de aprendizagem.

1. Inicialmente é importante apresentar aos alunos o conteúdo que será trabalhado e alguns conceitos como calor e trabalho que serão abordados, buscando motivá-los através de situações problema onde os conceitos de termodinâmica se fazem presentes e

questionamentos que estimulem a curiosidade, a discussão e a pesquisa, entre outros. (Sugestão: o professor poderá deixar algumas questões sugeridas nesse guia escritas no quadro para estimular ainda mais os alunos.)

2. Interação com a simulação, é o momento dos alunos interagirem efetivamente buscando respostas e relações que permitam responder as questões iniciais propostas pelo professor. Durante este momento, é importante que o professor caminhe pela sala motivando os alunos e retirando qualquer dúvida que possa surgir.

3. Além da exposição teórica que permitirá solidificar os conceitos mencionados no primeiro momento, é importante que o professor lance mão dos resultados obtidos pela simulação para relacioná-la com a discussão sobre as grandezas quantidade de calor, trabalho e rendimento. Neste momento, o tópico “Percorrendo o Ciclo” pode ser bem útil.

Para que os estudantes atinjam os objetivos esperados, o professor deve se certificar do conhecimento de alguns pré-requisitos. Uma sugestão é que entre as questões motivadoras do momento inicial, sejam discutidas e respondidas, antes do segundo momento, perguntas que evidenciem o conhecimento dos conceitos de calor, trabalho e rendimento, por exemplo.

Seguem abaixo sugestões de perguntas:

Pergunta 1: O que é o calor? Faz sentido dizer: “está fazendo calor hoje”?

Sugestão de resposta: Definimos calor como a energia térmica em trânsito. Quando temos dois corpos à temperaturas diferentes há troca de energia térmica entre eles, dizemos que o fluxo de energia corresponde ao calor trocado entre o corpo de maior temperatura e o de menor temperatura.

Por isso, dizer “está fazendo calor” não está fisicamente adequado, pois como vimos, o calor representa a energia térmica transferida e não um estado ou uma situação.

Pergunta 2: O que é o trabalho realizado por um gás?

Sugestão de resposta: Consideremos um gás confinado em um recipiente cujas paredes laterais são adiabáticas (não trocam calor com o exterior) e que possui um êmbolo livre para se movimentar sem atrito. Se colocarmos o recipiente sobre uma fonte de calor, o gás irá receber calor aumentando sua energia interna. Mantendo-se o êmbolo livre (pressão sobre o gás constante), o gás vai expandir seu volume. Dizemos que quando um gás sofre a expansão do seu volume ele realiza trabalho que, neste caso, pode ser determinado pela equação:

$$\tau = p \cdot \Delta V$$

Onde p é a pressão e ΔV é a variação de volume sofrida.

Lembre-se que a unidade de trabalho é o joule (J) que é definido pelas unidades básicas e assim como na mecânica podemos escrever como:

$$J = Pa \cdot m^3 \rightarrow J = \frac{N}{m^2} \cdot m^3 \rightarrow J = N \cdot m$$

Pergunta 3: Em muitas situações, nos interessamos em saber sobre o rendimento ou eficiência de um equipamento que estamos utilizando, por exemplo nosso celular, um carrinho a pilha, o motor de um carro. Como podemos definir rendimento para todos esses casos?

Sugestão de resposta: A ideia de rendimento está associada a parte útil daquilo que foi gasto, seja por exemplo em relação ao tempo gasto ou energia consumida. No carro a pilha o rendimento está associado com relação entre a energia fornecida pela pilha e a energia consumida para o funcionamento. Neste guia, estaremos interessados em avaliar o rendimento de máquinas térmicas e, melhor, de que forma podemos aumentar o rendimento. Podemos calcular o rendimento de forma genérica como:

$$e = \frac{En_{\acute{u}til}}{En_{Total}}$$

Onde $En_{\acute{u}til}$ representa a energia útil e En_{Total} representa a energia total.

Saiba Mais!

1. Biografia de Sadi Carnot

<http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/person/carnot.htm> (acessado em 17/06/2015)

2. Rendimento – Ciclo de Carnot

<http://fig.if.usp.br/~oliveira/term022ed.pdf> (acessado em 19/07/2015)

3. Motores

Entenda melhor o motor a combustão interna:

Motor de Otto: <http://www.if.ufrgs.br/~leila/motor.htm> (acessado em 05/06/2015)

Experimento: <http://www.if.ufrgs.br/~leila/motor1.htm> (acessado em 05/06/2015)

Máquinas térmicas – máquinas a vapor, motores de combustão interna e motores de reação.

Vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=ScgVAK-UIbs> (acessado em 16/06/2015)

Para onde vão as perdas de energia de um veículo.

<https://www.fueleconomy.gov/feg/atv.shtml> (acessado em 06/06/2015)

4. Para Ilustrar

Como funciona a geladeira da sua casa?

<http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo2B/Refrigeracao/geladeira.htm>
(acessado em 07/06/2015)

5. Preparação da Aula

O planejamento da aula é a principal estratégia para obtermos os objetivos esperados. O arquivo sugerido abaixo foi desenvolvido pela Equipe do Portal do Professor – Secretaria de Educação Básica Ministério da Educação e é constituído por uma sequência de informações, dicas e sugestões voltadas para a elaboração da aula.

http://portaldoprofessor.mec.gov.br/pdf/dicas_producao_aulas.pdf (acessado em 03/05/2015)

Recursos Utilizados:

- Quadro branco;
- Pincel;
- Microcomputador do tipo pessoal com monitor capaz de reproduzir cores;
- Projetor;
- Tela para projeção.

Informações Técnicas:

- Navegador (browser) com plug-in flash versão 8 ou superior;
- Processador: Dual Core;
- Memória RAM: 2 GB;
- HD: 500 GB;
- Sistema operacional: Windows da Microsoft ou Linux.

Bibliografia:

- Hewitt, Paul G. *Física Conceitual*. 11. ed. Bookman

- Zemansky, Mark W. *Calor e Termodinâmica*. 5.ed. Guanabara Dois

- Villas Bôas, Newton; Doca, Ricardo; Biscuola, Gualter. *Tópicos de Física 2 conect LIDI*. ed. Saraiva.

- Oliveira, Mário J. *Termodinâmica*. 2.ed. Livraria da Física

- NASCIMENTO, C. K.; BRAGA, J. P.; FABRIS, J. D. Reflexões sobre a contribuição de Carnot à Primeira Lei da Termodinâmica. *Química Nova*, Belo Horizonte, v. 27, n.3, p. 513-515, 2004.

Apêndice C - Guia: Batimento Sonoro

Conteúdo

Fenômenos Ondulatórios. Qualidades fisiológicas do som. Batimento.

Objetivo do Guia

Apresentar ao professor uma sugestão de encaminhamento de aula associado a um recurso interativo denominado Objeto de Aprendizagem (OA), abordando conceitos como período, frequência, interferência, batimento, altura, intensidade, entre outros. Tais conceitos são essenciais para o estudo da Acústica.

Explorando o Objeto de Aprendizagem

Recursos digitais como imagens, vídeos, simulações, textos, entre outros, quando utilizados como ferramentas pedagógicas para beneficiar o processo de ensino e aprendizagem, são denominados Objetos de Aprendizagem (OA).

Neste guia, utilizaremos um objeto de aprendizagem sobre o fenômeno do Batimento Sonoro que contém uma simulação com grande potencial para a exploração de alguns conceitos como intensidade sonora, interferência e altura.

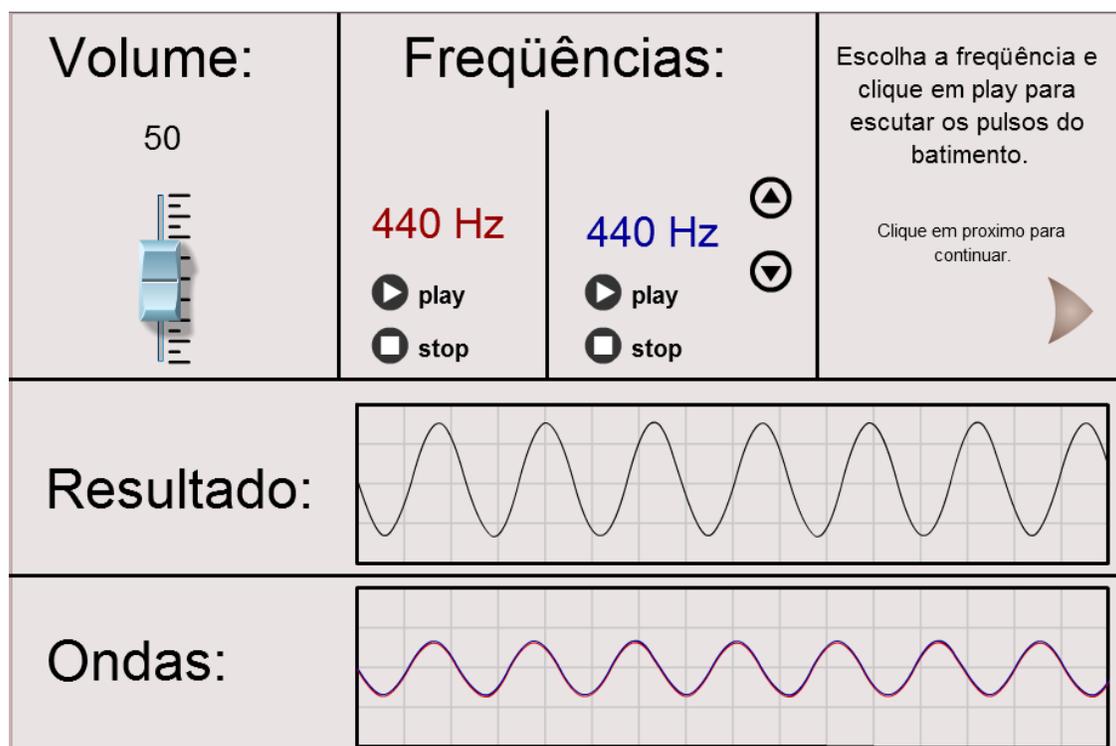


Figura 1: Tela inicial da simulação¹⁰

Na figura 1, vemos a tela principal do simulador, onde encontramos todas as possibilidades de interação. Além dessa tela, este simulador contém outras telas com informações teóricas sobre o fenômeno do Batimento.

No canto superior esquerdo, encontra-se um botão de arraste para ajustar o volume dos sons emitidos. Na parte superior central, estão concentrados todos os comandos dos sons que podem ser emitidos. A cor azul e a cor vermelha indicam fontes diferentes que podem ser controladas independentemente uma da outra com os botões Play e Stop. A frequência de cor azul pode ser alterada, aumentando ou diminuindo o seu valor.

¹⁰ Figura 1: Tela principal do objeto de aprendizagem.

Na parte inferior da tela vemos dois quadros que mostram as representações de ondas, um chamado de Resultado e outro chamado de Ondas. No quadro Resultado, podemos observar a onda resultante do encontro entre a onda azul e a onda vermelha. No quadro Ondas, vemos a representação da onda vermelha e da onda azul independentemente uma da outra. No caso da Figura 1, ambas se mostram sobrepostas porque possuem as mesmas características de frequência e intensidade.

Esta simulação, além de permitir observar as imagens das ondas que representam os sons emitidos também permite ouvir o som emitido por cada fonte (vermelha e azul) separadamente e se ambas forem ligadas simultaneamente, será possível ouvir a onda chamada de Resultado.

O Fenômeno do Batimento

O Batimento tem origem em outro fenômeno chamado de interferência sonora. O Batimento se torna perceptível quando ocorre a interferência de ondas sonoras com frequências bem próximas, neste caso podemos ouvir um outro som caracterizado por uma pulsação periódica. Essa pulsação possui frequência correspondente à diferença entre as frequências das ondas geradoras e torna-se cada vez mais rápida quanto maior for a diferença entre as frequências dos sons iniciais.

$$f_{BAT} = f_1 - f_2, \quad (f_1 > f_2)$$

Podemos obter, também, a frequência da onda resultante da interferência, fazendo a média aritmética das frequências das ondas geradoras.

$$f_{RES} = \frac{f_1 + f_2}{2},$$

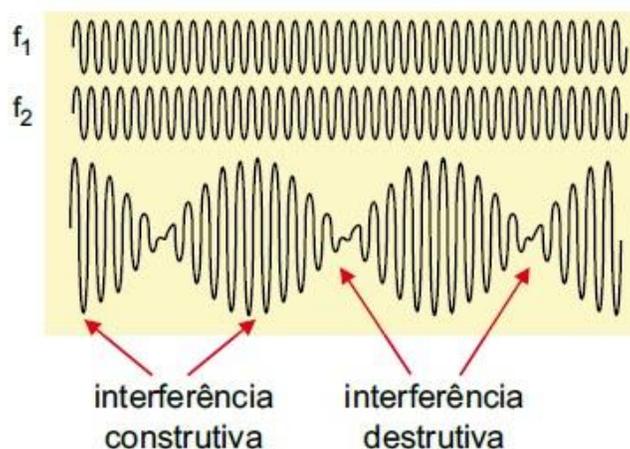


Figura 2: Batimento Sonoro¹¹

Na Figura 2, vemos as ondas geradoras (1 e 2) e a onda resultante. A imagem da onda resultante nos permite identificar os pontos de interferência construtiva e destrutiva, que dão origem à pulsação ouvida.

Como vimos acima, o estudo do Batimento Sonoro nos remete ao estudo de fenômenos estudados anteriormente. Assim, sugerimos ser conveniente utilizar as possibilidades que a simulação nos proporciona para revisar conceitos já estudados com os alunos. Algumas sugestões são: Interferência sonora e qualidades fisiológicas do som.

Interferência Sonora

¹¹ Figura 2 (adaptada): <http://to-campos.planetaclix.pt/harmon/batimen.htm> (Acessado 31/03/2015)

A interferência sonora ocorre quando duas ou mais ondas se sobrepõem e geram ondas resultantes diferentes das originais. A interferência pode ocorrer de duas formas:

- I) Interferência Construtiva: ocorre quando há o encontro de ondas que estão em concordância de fase (quando há o encontro de crista com crista).
- II) Interferência Destrutiva: ocorre quando há o encontro de ondas que estão em oposição de fase (quando há o encontro de crista com vale).

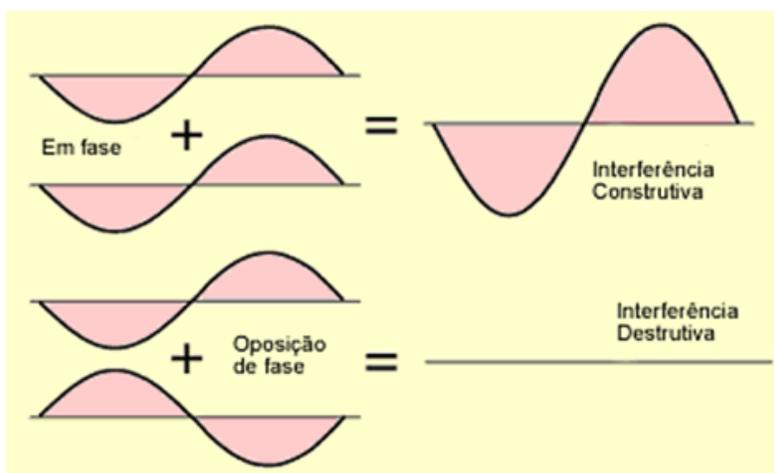


Figura 3: Interferência construtiva e destrutiva¹²

Qualidades Fisiológicas do Som

Altura

A altura está relacionada com a frequência da onda sonora, permitindo caracterizá-la como um som grave ou agudo. Quando ouvimos sons de alta frequência, observamos um som agudo, ou seja, som alto. Quando ouvimos sons de baixa frequência, observamos um som grave, ou seja, som baixo.

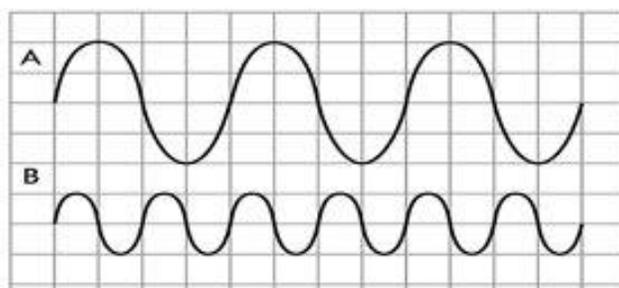


Figura 4: A onda A representa um som grave (baixa frequência) e a onda B representa um som agudo (alta frequência)¹³.

¹² Figura 3: <https://taniapinto23.wordpress.com/> (Acessado em 31/03/2015)

Ao ouvirmos o som representado pela onda A, observamos um som mais grave do que o som representado pela onda B ($f_A < f_B$).

Intensidade

A intensidade sonora está associada a amplitude da onda, diferenciando sons fracos de sons fortes. Essa qualidade sonora está associada ao dispositivo “volume” em uma fonte sonora, quando aumentamos o volume deixamos o som mais forte (amplitude maior), quando fazemos o oposto deixamos o som mais fraco (amplitude menor).

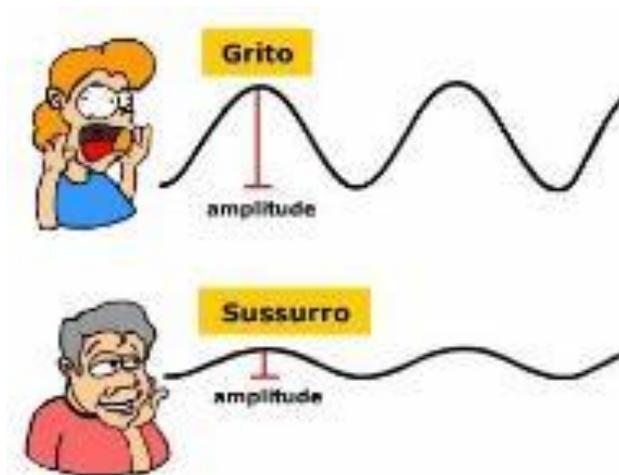


Figura 5: Ondas sonoras com intensidades diferentes¹⁴

Timbre

O timbre é a qualidade fisiológica que nos permite diferenciar sons de mesma altura e de mesma intensidade emitidos por fontes diferentes.

O timbre está relacionado com o formato da onda gerada. A onda sonora gerada por um determinado instrumento é composta pela superposição do modo fundamental (chamado de 1º harmônico) com um conjunto de harmônicos superiores, o resultado dessa composição é diferente para cada fonte, como mostrado abaixo.

¹³ Figura 4: <http://beatrizsubtil.blogs.sapo.pt/3791.html> (Acessado em 31/03/2015)

¹⁴ Figura 5: <http://ieciencia.blogspot.com.br/2009/08/acustica.html> (Acessado em 31/03/2015)

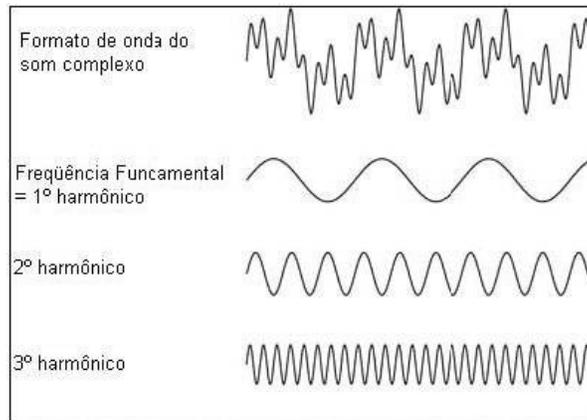


Figure 6: Ondas sonoras com harmônicos diferentes¹⁵

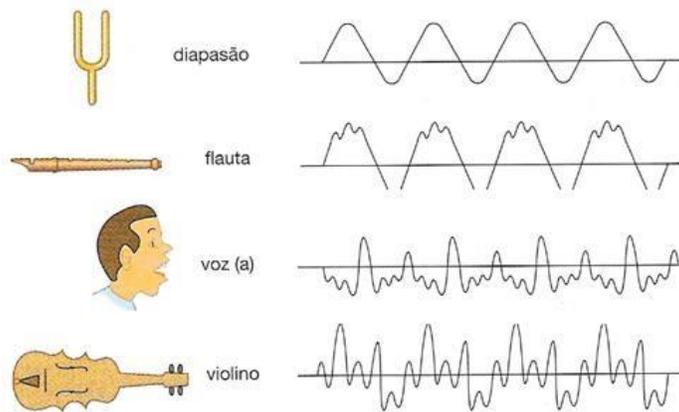


Figure 7: Sons emitidos por fontes diferentes¹⁶

¹⁵ Figura 6: http://www.ib.usp.br/~fvrodrigues/Fisiologia_da_musica.htm (Acessado em 31/03/2015)

¹⁶ Figura 7: <https://ainesrodrigues.wordpress.com/2011/01/30/caracteristicas-do-som-frequencia-amplitude-e-timbre/> (Acessado em 31/03/2015)

Ouvindo o Batimento

A partir dos conceitos abordados, vamos analisar uma situação utilizando a simulação. Para isso, retomemos à Figura 1.

Situação 1: Primeiramente, devemos definir um valor de frequência para a fonte sonora azul, por exemplo, 445 Hz. Apenas a fonte sonora azul pode ter a sua frequência alterada a vermelha sempre se mantém fixa em 440 Hz. Após definir a frequência, o desenho da onda azul mostrado no quadro “Ondas” e o desenho mostrado no quadro “Resultados” serão modificados. Neste momento, é possível apertar o botão play para a fonte sonora vermelha, ouvi-la e depois apertar o stop, em seguida faz-se o mesmo com a fonte azul. Estes passos podem evidenciar para o aluno qual o som podemos chamar de alto ou baixo (diferenciando em agudo ou grave). Da mesma forma podemos fazer com o botão de arraste do Volume, ao deixarmos o som mais forte (aumentando o seu volume) simultaneamente podemos verificar a intensidade sendo modificada nos quadros de desenhos (mudança de amplitude).

Entretanto, descrevemos anteriormente, que a pulsação gerada pelo fenômeno do batimento se torna cada vez mais rápida quanto maior for a diferença entre as frequências das ondas geradoras. Esse fato torna o fenômeno menos perceptível aos nossos ouvidos. Por isso, para que possamos nos voltar a análise do fenômeno do batimento, é conveniente que alteremos novamente a frequência da fonte sonora azul para um valor mais próximo da frequência da fonte sonora vermelha, por exemplo, 442 Hz.

Ao apertarmos no botão play de ambas as fontes, a interferência entre os sons emitidos gerará outro som onde podemos ouvir um padrão de pulsação. Essa onda sonora caracterizada pelas pulsações é que define o fenômeno do batimento. No quadro de desenho, podemos verificar simultaneamente o formato da onda gerada e identificar o motivo pelo qual a pulsação ocorre analisando os pontos de interferência construtiva e destrutiva. Neste ponto, a simulação se torna bastante útil para revisar esses conceitos.

Situação 2: Vamos agora definir uma frequência inferior para a fonte sonora azul, por exemplo 438 Hz. Assim, podemos mostrar que o fenômeno do batimento torna-se mais perceptível quando a diferença entre as frequências das ondas geradoras é pequena, independente de qual frequência é maior. Como a diferença entre as frequências neste caso é a mesma da Situação 1, ao apertarmos play em ambas as fontes, ouviremos o padrão de pulsações característico do batimento com a mesma frequência em ambos os casos.

$$f_{BAT} = f_{Maior} - f_{Menor}$$
$$f_{BAT_1} = 442 - 440 = 2 \text{ Hz}$$
$$f_{BAT_2} = 440 - 438 = 2 \text{ Hz}$$

Note que, o batimento se torna cada vez mais rápido quanto maior for a diferença entre as frequências das ondas geradoras. Esse aumento na diferença entre as frequências faz com que o fenômeno torne-se cada vez menos perceptível aos nossos ouvidos.

Plano de Aula: Batimento Sonoro

Tema

Acústica – Batimento Sonoro

Objetivos da Aula

Compreender o fenômeno do Batimento e analisar ocorrência a partir dos conceitos de interferência e das qualidades fisiológicas do som.

Duração

Sugestão de uma aula de 50 min

Em sala de aula

A proposta desse guia é usufruir ao máximo da interação do aluno com o Objeto de Aprendizagem, assim, devemos estar atentos a realidade da escola e a estrutura física disponível para o desenvolvimento da aula.

Caso o professor tenha à sua disposição um laboratório de informática, sugerimos que os alunos trabalhem em duplas, para que possam debater e analisar cada situação. É importante que a disposição física dos computadores permita que todos consigam ver bem o quadro, já que parte da aula será expositiva.

Outra situação, muito comum nas escolas, é a ausência de um laboratório equipado. Neste caso, a sugestão é a interação coletiva. O professor deverá contar com um computador e um projetor para que todos os alunos possam visualizar, interagir e debater.

É importante que na segunda opção, o professor seja um mediador que busca estimular ao máximo as sugestões de interação e o debate entre os alunos.

Metodologia

O desenvolvimento da aula poderá ocorrer em três momentos.

1. Direcionamento da aula por meio da apresentação do que será trabalhado e de questões que poderão ser respondidas a partir da compreensão dos conceitos estudados, buscando estimular a curiosidade, a pesquisa e a discussão, entre outros. (Sugestão: o professor poderá deixar algumas questões sugeridas nesse guia escritas no quadro para estimular ainda mais os alunos.)

2. Utilização da simulação, na qual os alunos buscarão respostas ou relações que ajudem a responder questões propostas pelo professor que deverá estar constantemente entre os alunos motivando-os e questionando-os.

3. Momento expositivo, quando os conceitos e as relações envolvidas serão apresentados pelo professor, que terá a possibilidade de relacioná-los às situações evidenciadas no simulador. Essa ligação entre o exposto no quadro e a simulação permitirá um esclarecimento maior do conteúdo.

Para que os estudantes atinjam os objetivos esperados, o professor deve se certificar do conhecimento de alguns pré-requisitos. Uma sugestão é que as questões motivadoras do momento inicial sejam discutidas antes do segundo momento.

Seguem abaixo sugestões de perguntas:

Pergunta 1: Qual a influência da frequência quando ouvimos um som emitido por uma fonte sonora?

Sugestão de resposta: Quando ouvimos um som, podemos caracterizá-lo como som grave ou agudo. Essa classificação deve-se à frequência da onda sonora que estamos ouvindo. Ao ouvirmos um som agudo, temos uma onda sonora de frequência mais alta. Ao ouvirmos um som grave, temos uma onda sonora de frequência mais baixa.

Pergunta 2: A superposição entre duas ondas sonoras sempre resultará em uma onda mais intensa?

Sugestão de resposta: Duas ondas sonoras podem se sobrepor de duas maneiras, gerando fenômenos diferentes. Se o encontro ocorrer quando as ondas estiverem em fase, trata-se de uma interferência construtiva e a onda resultante terá amplitude maior que as ondas iniciais. Se o encontro ocorrer quando as ondas estiverem em oposição de fase, trata-se de uma interferência destrutiva e a onda resultante terá amplitude menor que as ondas iniciais.

Pergunta 3: Quando aumentamos o volume do nosso aparelho de som, qual a característica da onda sonora é modificada?

Sugestão de resposta: O volume do aparelho de som tem a função de modificar a intensidade do som emitido. Assim, quando aumentamos o volume deixamos o som mais forte (mais intenso) e quando diminuimos o volume deixamos o som mais fraco (menos intenso).

Saiba Mais!

Neste tópico temos sugestões de assuntos a serem abordados ou materiais que possam enriquecer e dinamizar a aula.

Preparação da aula

O planejamento da aula é a principal estratégia para obtermos os objetivos esperados. O arquivo sugerido abaixo foi desenvolvido pela Equipe do Portal do Professor – Secretaria de Educação Básica Ministério da Educação e é constituído por uma sequência de informações, dicas e sugestões voltadas para a elaboração da aula.

http://portaldoprofessor.mec.gov.br/pdf/dicas_producao_aulas.pdf (Acessado em 03/05/2015)

Para ilustrar

Este vídeo traz um exemplo simples sobre os fenômenos do batimento, ressonância e interferência.

<https://www.youtube.com/watch?v=UitcHO8PYt8> (Acessado em 15/09/2015)

Neste link, encontram-se programas que simulam fenômenos ondulatórios.

<http://www.fis.ufba.br/~fis122/programas.htm> (Acessado em 29/10/2015)

Recursos Utilizados:

- Quadro branco;
- Pincel;
- Microcomputador do tipo pessoal com monitor capaz de reproduzir cores;
- Projetor;
- Caixa de som;
- Tela para projeção.

Informações Técnicas:

- Navegador (browser) com plug-in flash versão 8 ou superior;
- Processador: Dual Core;
- Memória RAM: 2 GB;
- HD: 500 GB;
- Sistema operacional: Windows da Microsoft ou Linux.

Bibliografia:

- Hewitt, Paul G. *Física Conceitual*. 11. ed. Bookman

- Villas Bôas, Newton; Doca, Ricardo; Biscuola, Gualter. *Tópicos de Física 2 conect LIDI*. ed. Saraiva.

- Equipe do Portal do Professor. *Dicas para elaboração de aulas*. Portal do Professor. Disponível em: http://portaldoprofessor.mec.gov.br/pdf/dicas_producao_aulas.pdf. Acesso em 03 maio de 2015.