**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA DE
ENGENHARIA DE LORENA**

ALVARO DE FREITAS OLIVEIRA

**Estudo de uma proposta de ensino de Física para o primeiro ano do Ensino
Médio inspirada na teoria do pensamento complexo de Morin**

Lorena – SP

2016

ALVARO DE FREITAS OLIVEIRA

**Estudo de uma proposta de ensino de Física para o primeiro ano do
Ensino Médio inspirada na teoria do pensamento complexo de
Morin**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências do Programa de Mestrado Profissional em Projetos Educacionais em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Alvarenga Monteiro.

Edição reimpressa e corrigida

Lorena – SP

Março 2016

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Oliveira, Alvaro de Freitas

Estudo de uma proposta de ensino de Física para o primeiro ano do Ensino Médio inspirada na teoria do pensamento complexo de Morin / Alvaro de Freitas Oliveira; orientador Marco Aurélio Alvarenga Monteiro - ed. reimp., corr. - Lorena, 2016. 256 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências - Programa de Mestrado Profissional em Projetos Educacionais de Ciências) - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2016
Orientador: Marco Aurélio Alvarenga Monteiro

1. Pensamento complexo. 2. Ensino de física. 3. Sete saberes de morin. 4. Experimentos em sala de aula. 5. Planejamento de aulas de física. I. Título. II. Monteiro, Marco Aurélio Alvarenga, orient.

RESUMO

OLIVEIRA, A. F. Estudo de uma proposta de ensino de Física para o primeiro ano do Ensino Médio inspirada na teoria do pensamento complexo de Morin. 2015. 256p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2016.

O mundo está passando por uma mudança paradigmática. O paradigma moderno baseado nas ideias de René Descartes e Isaac Newton está sendo substituído por um novo paradigma chamado de pós-moderno ou complexo. Essa mudança tem gerado uma crise em toda a sociedade, e essa crise pode ser muito bem percebida na escola. Enquanto o mundo passa a valorizar a criatividade, a autonomia e habilidades como o trabalho em equipe e a capacidade de resolução de problemas complexos, a escola procura se fechar em torno de si mesma, exigindo a memorização e reprodução de conteúdos prontos, visando a solução de problemas artificiais que em nada se relaciona com o cotidiano e os interesses dessa nova sociedade. Nessa perspectiva, esse trabalho propõe uma metodologia para o ensino do conteúdo de Física do primeiro ano do Ensino Médio inspirada na teoria do pensamento complexo de Edgar Morin. Para isso, desenvolvemos uma sequência didática com atividades que visam não só abordar os conteúdos previstos pelo Currículo Oficial do Estado de São Paulo de maneira contextualizada e motivadora, mas abordá-los com o objetivo de procurar iniciar o desenvolvimento do pensamento complexo dos alunos. Assim, para alcançar esse objetivo, na elaboração de cada atividade, levamos em consideração "Os Sete Saberes Necessários à Educação do Futuro" de Morin assim como as competências e habilidades que estão previstas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Sabemos que o pensamento complexo não se desenvolve do dia para noite, pois é um processo que se estende por toda a vida. Entretanto esperamos que com esse trabalho, possamos dar uma contribuição nesse sentido, e vislumbrar durante o ano letivo o princípio do desenvolvimento desse modo de pensar nos alunos.

Palavras-chave: Pensamento Complexo; Ensino de Física; Sete saberes de Morin; Experimentos em sala de aula; Planejamento de aulas de Física.

ABSTRACT

OLIVEIRA, A.F. **Study of the application of a proposed teaching physics for first year of High School inspired by the theory of complex thought Morin.** 2015. 256 p. Dissertation (Master of Science) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2016.

The world is going through a paradigm shift. The modern paradigm based on René Descartes and ideas of Isaac Newton is being replaced by a new paradigm called postmodern or complex. This change has generated a crisis in the whole society, and this crisis can be perceived very well in school. As the world goes to value creativity, autonomy and skills like teamwork and the resolution capability of complex problems, the school seeks to close around itself, requiring the storage and playback of content ready, aimed at solution artificial problems that in no way relates to the everyday life and the interests of this new society. From this perspective this work proposes a methodology for the physics content of teaching the first year of high school inspired by the theory of complex thought of Edgar Morin. For this we have developed a teaching sequence with activities designed to address not only the content provided by the Curriculum Officer of the State of São Paulo in context and motivating way, but address them in order to start looking for the development of complex thinking of students. So to achieve this goal, in the preparation of each activity, we consider "The Seven Knowledge Required for Future Education" Morin as well as the skills and abilities that are set out in the National Curriculum Parameters (PCN). We know that complex thinking does not develop overnight, it is a process that extends throughout life. However we hope that with this work, we can make a contribution in this direction, and glimpse during the school year the beginning of the development of this way of thinking in students.

Keywords: Complex Thought; Physical education; Seven knowledge of Morin; Experiments in the classroom; Physics lesson planning.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
1 A (Des)MOTIVAÇÃO NA ESCOLA E O PENSAMENTO COMPLEXO.....	13
1.1 A quebra de paradigma do pensamento cartesiano (moderno) pelo pensamento pós-moderno	17
1.2 Edgar Morin e o pensamento complexo:.....	21
1.2.1 Uma breve biografia de Morin.....	21
1.2.2 O conceito de pensamento complexo e os sete saberes de Morin:	22
2 A PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS	31
2.1 Objetivos da educação científica.....	31
2.2 Medidas a serem implementadas no Ensino de Ciências.....	34
3 IDEALIZAÇÃO E PLANEJAMENTO DAS ETAPAS DE PESQUISA.....	39
3.1 Objetivo geral	39
3.2 Objetivos específicos	39
3.3 Metodologia de coleta de dados	40
3.3.1 O contexto da pesquisa	40
3.3.2 Metodologia e instrumentos de coleta de dados	41
4 RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS	44
CONCLUSÃO	97
REFERÊNCIAS	100
APÊNDICE A – Atividade 1- O conceito de Ciência	105
APÊNDICE B – Atividade 2- O conceito de Ciência	111
APÊNDICE C – Atividade 3- A Construção de um modelo	113
APÊNDICE D – Atividade 4- Modelos científicos.....	122
APÊNDICE E – Atividade 5- A esfericidade da Terra.....	125
APÊNDICE F – Atividade 6 – O tamanho da Terra	131
APÊNDICE G – Atividade 7 – Medidas indiretas	138
APÊNDICE H – Atividade 8 – O conceito de movimento	146
APÊNDICE I – Atividade 9 – Velocidade média	153
APÊNDICE J – Atividade 10 – Velocidade média.....	156

APÊNDICE K – Atividade 11 – MRU	161
APÊNDICE L – Atividade 12 – Encontro de dois móveis	163
APÊNDICE M – Atividade 13 – Queda livre.....	173
APÊNDICE N – Atividade 14 – MRUV	176
APÊNDICE O – Atividade 15 – MRUV II.....	179
APÊNDICE P – Atividade 16 – Movimento circular	181
APÊNDICE Q – Atividade 17 – Movimento circular uniforme.....	188
APÊNDICE R – Atividade 18 – Causas do movimento circular	195
APÊNDICE S – Atividade 19 – Lançamento horizontal e oblíquo	213
APÊNDICE T – Atividade 20 – Energia e sua conservação	227
APÊNDICE U – Atividade 21 – Quantidade de Movimento	241
APÊNDICE V – Atividade 22 – A montagem de um modelo.	252
APÊNDICE X – Questionário apresentado aos professores para que opinassem sobre nossa proposta de ensino	255

INTRODUÇÃO

Em toda minha vida escolar, sempre apreciei ciências. Aguardava ansiosamente essas aulas, mesmo no primário, embora não fossem frequentes, pois as considerava muito interessantes e até divertidas. Ainda que muito mal, lembro-me de algumas histórias contadas por minhas antigas professoras a respeito dos grandes cientistas: as suas excentricidades ou, nas palavras de meus amigos, suas loucuras, divertiam-me e, de alguma forma, enchiam-me de reverência e admiração por eles. Como resultado, o estereótipo de que todo cientista é um gênio louco que fazia experiências malucas me acompanhou por muito tempo. O interessante é que eu queria compartilhar dessa loucura, queria fazer experiências semelhantes às deles e, assim, fazer parte de seu mundo. Mas as aulas de ciências eram pouco frequentes, as experiências eram raras, e isso me deprimia. Ainda me lembro muito bem do laboratório centenário de ciências de minha primeira escola. Na minha visão infantil, ele era enorme. Dois esqueletos envoltos por uma redoma de vidro (sendo um deles verdadeiro, de acordo com os alunos mais velhos) ficavam expostos próximo ao quadro negro, enquanto animais empalhados ficavam em prateleiras em volta da sala. Armários com portas de vidro deixavam à mostra toda a vidraria de química. Nunca tivemos uma aula lá, embora sempre nos tivessem prometido.

Com o tempo, meu interesse por ciências foi arrefecendo por considerá-la agora mais uma disciplina em que se tinha que decorar nomes estranhos e ler textos longos e enfadonhos. Mas ainda acreditava que, se pudéssemos fazer experiências no laboratório, o estudo de ciências voltaria a ser interessante.

No primeiro ano do Ensino Médio, por estar em um colégio que funcionava dentro de um campus universitário, tive aulas experimentais em laboratórios bem aparelhados, e essas aulas me devolveram o interesse pelas ciências. Também criaram em mim a ideia de que os problemas com o ensino de ciências poderiam ser totalmente resolvidos simplesmente com o desenvolvimento de uma metodologia de ensino baseada em aulas experimentais, pois pensava que, se essas aulas motivavam a mim e a meus colegas, certamente motivariam a todos.

Por conta desse pensamento, já na graduação, me dediquei às disciplinas relacionadas ao ensino de Física por meio de experimentos e passei a fazer parte de um grupo responsável em desenvolver equipamentos experimentais de baixo custo para o uso em sala de aula. Minha intenção era adquirir o máximo de conhecimento nessa área para

poder atuar como um professor que conseguisse tornar o estudo da Física relevante e interessante para os alunos do Ensino Médio por meio de aulas experimentais.

Ao tornar-me professor, observei que as coisas não eram tão simples assim. Embora a maior parte dos alunos se envolvesse com a atividade experimental proposta, eles se desinteressavam com a explicação Física do fenômeno. Eles gostavam daquilo que era lúdico e inesperado, mas se distraíam ao procurarmos associar a atividade realizada com a teoria científica que procurava descrever o fenômeno observado.

Esse problema parecia piorar conforme os anos iam passando. Ano a ano, o rendimento de minhas turmas piorava e aquelas atividades experimentais que mobilizavam os alunos estavam perdendo sua eficácia. Diante desse quadro, as perguntas que vinham à minha mente eram: “O que está acontecendo? Como motivar os alunos a se dedicarem à disciplina de Física? Seria o uso do laboratório e da metodologia baseada em aulas experimentais realmente a solução para o problema do ensino de ciências como sempre acreditei?”

De qualquer forma, sabia que algo deveria ser feito, porque sentia estar perdendo meus alunos. Mas o que fazer?

Buscando respostas na literatura especializada, descobri que, segundo Galianzi *et al* (2001), minha visão sobre a importância crucial da experimentação no ensino de ciências era compartilhada por grande parte dos professores de educação básica. Embora, de acordo com o autor, os professores se utilizem pouco dessa metodologia, creem que por meio dela se pode transformar o ensino de ciências, ainda que um número expressivo de artigos publicados critiquem as atividades experimentais na escola. De acordo com esses autores, não é a experiência em si que garante o sucesso de uma aula de ciências, mas a metodologia com a qual ela é aplicada.

Ainda em minha busca por respostas na literatura, descobri que, segundo vários pesquisadores como Bastos e Brito (2004), Batista e Salvi (2006), Behrens e Oliari (2007), Ferreira e Gallo (2010), Santos e Hammerschmidt (2012), entre outros, o mundo contemporâneo está passando por uma transição paradigmática: o paradigma moderno, baseado nas ideias de Descartes e Newton, de que o conhecimento se desenvolve pela fragmentação e simplificação da realidade está sendo abandonado e em seu lugar está se desenvolvendo uma nova maneira de pensar, um novo paradigma chamado de pós-moderno ou complexo, que, ao contrário do primeiro, prega que o conhecimento evolui por meio da integração profunda dos saberes científicos, técnicos, sociológicos e até religiosos.

Sendo assim, é natural que o tipo de atividade que motivava a mim e aos meus colegas não mais tenha a mesma influência sobre os adolescentes pós-modernos. Isso porque eles estão sob a influência de outro paradigma e assim foram ensinados por essa nova sociedade a pensar de maneira diferente e a ter outros valores.

Mas como entender essa nova maneira de pensar e, a partir dela, desenvolver uma metodologia que alcance a maior parte dos alunos e os ajude a desenvolver as competências e habilidades necessárias para se viver nesse mundo em transformação? Como, por meio de atividades fundamentadas nesse novo paradigma, iniciar o desenvolvimento de um pensamento complexo no aluno de forma que ele seja capaz de considerar o máximo de variáveis envolvidas em um problema e resolvê-lo, levando em conta os impactos que suas decisões podem causar não só na comunidade em que ele vive, mas em toda a sociedade? Como procurar iniciar esse desenvolvimento no pensamento do aluno, procurando não só motivá-lo a estudar, e fazer dele um bom aluno, mas ajudá-lo a se transformar em um cidadão útil para a sua comunidade?

A obra de Edgar Morin se propõe responder a essas perguntas. Ele argumenta da necessidade de se desenvolver o pensamento complexo no ser humano para dar a ele a possibilidade de resolver os problemas reais de sua comunidade de maneira mais geral e completa possível. Mas fazer isso é um enorme desafio, e por tal motivo o autor propõe o ensino do que ele chama de os "sete saberes necessários à educação do futuro".

Morin (2000) argumenta que esses saberes não são um programa educativo escolar, mas um desafio, pois revelam os sete "buracos negros" da educação, isto é, sete saberes que são completamente negligenciados pela escola moderna e que são essenciais para o desenvolvimento do pensamento complexo no aluno. Se esses saberes forem aprendidos, os alunos passarão a ter uma visão de mundo mais geral, habilidade muito valorizada na sociedade pós moderna.

Nesse sentido, procuramos utilizar a teoria do pensamento complexo de Morin para elaborarmos uma proposta de ensino de Física para o primeiro ano do Ensino Médio, respeitando o Currículo Oficial do Estado de São Paulo, mas buscando desenvolver a cada atividade um ou mais dos sete saberes propostos por Morin, procurando assim iniciar o desenvolvimento do pensamento complexo dos alunos.

Essa dissertação é dividida basicamente nas seguintes seções:

1 – A (des)motivação na escola e o pensamento complexo: Buscamos neste capítulo descrever o que a literatura especializada produziu a respeito da definição de pensamento complexo e da necessidade que temos em trazer esse pensamento para a sala

de aula. Procuramos também, na obra de Edgar Morin, um referencial teórico para a elaboração de atividades e de uma metodologia de ensino que desenvolva o pensamento complexo dos alunos ao mesmo tempo em que tornem o conteúdo abordado mais relevante e coerente com a forma pós-moderna de pensamento.

2 – A pesquisa em ensino de ciências: Dividimos este capítulo em dois subcapítulos sendo que o primeiro deles procura analisar como o ensino de ciências vem sendo desenvolvido atualmente em sala de aula, e como essa prática está distante dos objetivos propostos para a educação pelos PCN e pela literatura especializada. O segundo subcapítulo destaca algumas medidas propostas por autores especializados para que os objetivos propostos para a educação sejam alcançados.

3 - Idealização e planejamento das etapas de pesquisa: Este capítulo é dividido em subcapítulos e em cada um deles descrevemos um aspecto importante da pesquisa que procuramos realizar. Nos subcapítulos 3.1 e 3.2, apresentamos os objetivos geral e específicos da pesquisa desenvolvida. No subcapítulo 3.3, descrevemos a metodologia da coleta de dados.

4 – Análise dos dados: Nesse capítulo, analisamos cada uma das atividades que estão disponíveis no apêndice desta dissertação, procurando identificar como elas poderiam ajudar no desenvolvimento do pensamento complexo dos alunos ao proporcionarem oportunidades para o desenvolvimento de um o mais dos sete saberes de Morin. Além disso, buscamos destacar como professores da área de Ciências da Natureza avaliaram a proposta apresentada.

5 – Conclusão: Nesse capítulo, buscamos realizar uma reflexão sobre o impacto causado por esta pesquisa sobre minha prática pedagógica em específico e como a apresentação da proposta para outros professores causou significativo interesse.

6 – Apêndices e anexos: Disponibilizamos nessa seção todas as atividades que idealizamos e propomos para o 1º ano do Ensino de Física em escolas estaduais de São Paulo a partir das orientações de Edgar Morin.

1 A (Des)MOTIVAÇÃO NA ESCOLA E O PENSAMENTO COMPLEXO

Uma escola que promova educação básica de qualidade e que, portanto, desenvolva as competências e habilidades necessárias para a formação de um cidadão crítico e atuante em sua comunidade é a demanda principal do processo educacional de qualquer país. Porém, dados obtidos por avaliações internas e externas atestam que no Brasil a educação não é de boa qualidade.

Se tomarmos como referência os resultados do exame do PISA (*Programme for International Student Assessment*), avaliação internacional realizada pela OCDE (Organização para o Desenvolvimento e Cooperação Econômica), na disciplina de ciências, o Brasil obteve o 59º lugar num *ranking* com 65 países. De acordo com esse estudo, 55,3% dos alunos brasileiros alcança apenas o nível 1 de conhecimento, isto é, são capazes de aplicar o que sabem apenas a poucas situações de seu cotidiano e dar explicações científicas que são explícitas em relação às evidências (BRASIL, 2012).

Dados convergentes a esse resultado são os apresentados no Anuário Brasileiro da Educação Básica de 2012 (BRASÍLIA, 2012). Nessa publicação, constata-se que apenas 10% dos alunos que concluem o Ensino Médio demonstram possuir o nível de conhecimento esperado.

Uma das causas apontadas que justificam esse resultado é o da desmotivação dos alunos. Segundo Vinha (2009), muitos professores reclamam que os alunos não se interessam pelos conteúdos escolares e que estão desmotivados.

Siqueira e Wechsler (2006) afirmam que a questão motivacional é importante, pois pode explicar porque, enquanto alguns estudantes se dedicam à vida escolar apresentando um comportamento adequado e adquirindo novas capacidades, outros levam a vida escolar de forma descuidada, participando das atividades propostas por obrigação e não se desenvolvendo adequadamente.

Mas é importante ressaltar que, embora a motivação esteja *no* aluno, as condições ambientais interferem muito nessa motivação, e que, diante disso, é errado deduzir que a motivação e os problemas decorrentes são *do* estudante como geralmente se acredita. Sendo assim, é muito importante que o professor, levando em consideração influências externas ao ambiente escolar, reflita sobre componentes que podem favorecer ou não a motivação para a aprendizagem (VINHA, 2009).

Nesse sentido, quando olhamos para a realidade das salas de aulas, vemos que, apesar das mudanças significativas pelas quais passou o mundo com as revoluções científicas e tecnológicas, o panorama da escola ainda continua o mesmo: o professor, sujeito ativo e protagonista do processo de ensino fala, escreve na lousa, pronunciando enunciados prontos e pretensamente verdadeiros e, aos alunos, cabe apenas o papel de ouvir e anotar de forma passiva tudo que lhes é dito (MOREIRA, 2009; LIMA *et al*, 2013).

Essa posição de passividade em sala de aula, recebendo informações sobre fatos ou fenômenos muitas vezes descontextualizados e, a princípio, sem relação com seu cotidiano levam muitos alunos, de fato, à desmotivação.

Bachelard (1996) afirma que “todo conhecimento é resposta a uma pergunta”. Disso, portanto, podemos depreender que a motivação para a busca do conhecimento é a dúvida, ou seja, questões que intriguem, gerem a curiosidade, nos predispondo a debruçar sobre o fato ou fenômeno que desejamos compreender.

A partir dessas considerações podemos, então, inferir que, em relação ao ensino, a motivação para a aprendizagem passa necessariamente pela problematização:

Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. É justamente esse *sentido do problema* que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído. (BACHELARD, 1996, p. 18)

Nesse sentido, o conhecimento e a motivação para aprender vêm em resposta a uma pergunta bem formulada. Não haverá interesse em uma informação que seja resposta a uma pergunta que não foi feita, situações comumente repetidas no cotidiano de sala de aula. De forma geral, todos os dias, professores apresentam respostas a questões que não foram feitas por seus alunos. Assim, muitas vezes, os estudantes não encontram nexos e nem motivo para se envolver com o processo de ensino proposto pelo professor.

Entretanto, é preciso considerar que o processo motivacional não se resume apenas à problematização, pois a maneira como a resposta será obtida também é importante para sustentar o processo motivacional desencadeado pela proposição do problema.

Nessa perspectiva, a adoção de processos investigativos-exploratórios em sala de aula se constitui em uma etapa importante do mecanismo que, desencadeado pela

problematização, pode sustentar a motivação do estudante em busca da construção da aprendizagem (FIORENTINI e CRISTÓVÃO, 2006).

Desse ponto de vista, as aulas de ciências devem ser coerentes com a natureza da Ciência e do processo de construção do conhecimento científico. Portanto, os alunos deveriam não apenas limitarem-se a memorizar conceitos, princípios e leis científicas, aplicando-os na solução de problemas artificiais propostos pelo professor. Ao contrário, deveriam desenvolver as habilidades e competências relacionadas ao levantamento e teste de hipóteses, à observação, à descrição, à percepção das relações de causa e efeito, ao fazer perguntas pertinentes e à busca pela construção de explicações que justifiquem os dados encontrados nos testes realizados (BARROW, 2006).

Em artigo interessante que aborda a questão das atividades investigativas em sala de aula, Zompero e Laburú (2011) apresentam um levantamento bibliográfico sobre diferentes concepções apresentadas por diferentes autores quando tratam dessa problemática. A seguir, apresentamos, no quadro 1, um resumo dessas diferentes visões (RODRIGUEZ, *et.al.*, 1995, *apud* ZOMPERO; LABURÚ, 2011).

Quadro 1: Resumo analítico de pressupostos do ensino por investigação

MOMENTOS DO PROCESSO	DEL CARMEN (1988)	OLVERA (1992)	ZABALA (1992)	GIL (1993)	GARCIA (1993)
ESCOLHA DO OBJETO DE ESTUDO E DO PROBLEMA	Planejamento e clarificação do problema	Escolha do objeto de estudo	Explicitação de perguntas	Situação problemática. Precisar o problema	Contato inicial, formulação do problema
EXPRESSÃO DAS IDEIAS DOS ALUNOS. EMISSÃO DE HIPÓTESES.	Definição, hipóteses de trabalho	Definição de hipóteses	Hipóteses, respostas intuitivas	Construção de modelos e hipóteses	Interação com as informações dos alunos
PLANEJAMENTO DA INVESTIGAÇÃO	Planejamento da investigação e instrumentos	Planejamento da investigação	Fontes de informações, tomada de dados		Elaboração de estratégias para incorporar novas informações
NOVA INFORMAÇÃO	Aplicação de instrumentos de investigação	Materiais e instrumentos	Tomada de dados	Realização de atividades	Interação da informação nova e pré-existente
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES	Comunicação, discussão, valoração	Comunicação da investigação. Publicação de trabalhos	Seleção, classificação de dados e conclusão	Interpretação dos resultados, relação hipóteses e corpo teórico	
EXPRESSÃO E COMUNICAÇÃO DOS RESULTADOS	Comunicação, discussão, valoração	Comunicação da investigação. Publicação de trabalhos	Expressão Comunicação	Comunicação Intercâmbio entre equipes	Elaboração da informação existente. Recapitulação
RECAPITULAÇÃO E SÍNTESE	Sínteses Identificação Modelos explicativos			Sínteses, esquemas, Mapas conceituais	
APLICAÇÃO A NOVAS SITUAÇÕES			Generalização	Possibilidades de aplicação	Aplicação Generalização
METACOGNIÇÃO					Reflexão sobre o processo
ATUAÇÃO NO MEIO		Proposta de intervenção, Ações			

Fonte: Zompero e Laburú, (2011).

Para além das diferenças de concepções que podem ser observadas no quadro I, Zompero e Laburú (*opus cit*) evidenciam os aspectos comuns propostos pelos diferentes autores na adoção de atividades investigativas em sala de aula. Para os autores, de forma geral, as atividades investigativas devem oferecer

(...) um problema para ser analisado, a emissão de hipóteses, um planejamento para a realização do processo investigativo, visando a obtenção de novas informações, a interpretação dessas novas informações e a posterior comunicação das mesmas (ZOMPERO; LABURÚ, 2011, p. 74-75).

Contudo, quando analisamos as recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 1999), é ressaltada a necessidade de se implementar um ensino voltado para a integração do jovem ao mundo contemporâneo nas dimensões fundamentais da cidadania e do trabalho.

Nesse caso, o processo investigativo não deve ser abordado de maneira a problematizar questões que sejam por demais idealizadas e, portanto simplificadas, como normalmente é feito no contexto das disciplinas científicas. Em Física, por exemplo, é comum a existência de problemas nas quais situações ideais e não reais sejam propostas, isso porque, de forma diferente, os enunciados científicos não poderiam ser verificados.

O problema é que a realidade não é simples, e apresenta muitas variáveis que, quando analisadas simplificadaamente no contexto de uma única disciplina, a teoria se mostra falha e incapaz de explicar todo o processo.

Essa incapacidade já foi percebida pela sociedade, e essa percepção gerou uma crise (BATISTA; SALVI, 2006). Tal crise se justifica pela busca por um novo pensamento capaz de resolver de maneira mais eficaz os problemas contemporâneos que assolam a humanidade. Estamos, portanto, num momento de transição entre duas formas de pensar. O pensamento moderno, que se baseia na fragmentação do conhecimento para a compreensão do mundo, está sendo substituído por um novo tipo de pensamento, que procura levar em conta o geral. É sobre essa mudança que discutiremos a seguir.

1.1 A quebra de paradigma do pensamento cartesiano (moderno) pelo pensamento pós-moderno

Para Batista e Salvi (2006), o mundo contemporâneo está em uma transição paradigmática. O paradigma pós-moderno vem se fortalecendo enquanto o paradigma estabelecido pela ciência moderna se enfraquece. A principal implicação desse fato é que teorias, modelos e soluções que antes eram aceitáveis às resoluções de problemas reais da sociedade, hoje sofrem questionamentos. Isso nos mostra que existe uma crise no sistema de civilização moderna em sua totalidade, não apenas na escola.

Essa mudança paradigmática é recorrente ao longo da história das civilizações. Não há paradigma permanente. Eles são mutáveis, relativos e seletivos, assim como os valores, crenças, modelos, conceitos e ideias de realidade que uma sociedade possui (BEHRENS; OLIARI, 2007).

Bastos e Brito parecem concordar com essa afirmação, pois, para eles, "o paradigma é inscrito culturalmente nos indivíduos e determina suas formas de conhecer, pensar e agir" (BASTOS; BRITO, 2004, p. 264). Assim, se a cultura de uma sociedade passa por mudanças, é natural que seus paradigmas mudem.

De acordo com Batista e Salvi (2006), há uma dimensão epistemológica nessa crise de transição paradigmática. Para esses autores,

A dimensão epistemológica de tal crise e a transição paradigmática que ela aponta indicam que os modos de pensamento e a reprodução do conhecimento se fazem em uma estrutura complexa. Assim, ensinar e aprender exigem, se não novas capacidades, ao menos a percepção de que, sobretudo nos dias atuais, vive-se uma época em que os conhecimentos científicos, técnicos e sociológicos apresentam-se em processo de interação profunda (BATISTA; SALVI, 2006, p. 148)

Entretanto, observa-se que existe grande resistência da maior parte das escolas em aceitar esse novo paradigma pós-moderno. Enquanto a sociedade se transforma, buscando novas maneiras de entender e resolver os problemas do mundo, a escola parece se apegar a valores tradicionais. Talvez aí esteja um grande problema social da escola que ajude a explicar a desmotivação de muitos alunos. Enquanto a sociedade pós-moderna valoriza a criatividade e a visão complexa do mundo, a escola reduz o aluno à sua carteira como um mero expectador exigindo dele a cópia e a memorização de conhecimento pronto, cuja utilidade prática não é discutida e nem valorizada. Deste modo ele é avaliado, não pelo conhecimento que produz ou por sua habilidade em resolver problemas, mas pelo conhecimento que consegue memorizar e reproduzir.

Para que possamos entender melhor esse processo de transição paradigmática, é importante que conheçamos as bases sobre as quais se fundamentam o pensamento moderno ou cartesiano, para que depois o possamos confrontar com o novo paradigma pós-moderno que vem se fortalecendo.

Toda a metodologia moderna de ensino se fundamentou no pensamento científico clássico, que, por sua vez, se estruturou sobre três pilares: o da ordem, o da separabilidade e o da razão (FERREIRA; GALLO, 2010).

O primeiro pilar, o da ordem, baseia-se em uma visão em que o mundo é invariável, determinado e reversível, isto é, qualquer aparente desorganização é resultado de uma análise incorreta do fenômeno estudado. O segundo pilar, o da separabilidade, baseia-se na ideia de que para se resolver um problema muito difícil, basta dividi-lo em partes tão pequenas quanto se queira. Resolver essas partes menores torna-se mais fácil, e a soma de

todos esses pequenos problemas resolvidos será a solução do grande problema. Na Academia, o princípio da separabilidade pode ser observado como a separação do conhecimento humano em grandes ciências e as grandes ciências em disciplinas, que tendem a se fechar em torno de si mesmas. O terceiro pilar, o da razão, defende que a fonte do conhecimento está nos fatos que devem ser cuidadosamente observados e minuciosamente descritos com objetividade, isto é, sem a influência de elementos como sentimentos, fé e tradição (BEHRENS; OLIARI, 2007).

Assim o paradigma tradicional ou cartesiano

[...] prega a crença na legitimidade dos fatos que são perfeitamente conhecidos e sobre os quais não se tem dúvidas, devendo para isso estudar a menor parte, partindo destas para o entendimento do todo. Propõe com isso o método analítico por meio da indução e dedução embasado na lógica e na matemática (BEHRENS; OLIARI, 2007, p. 58).

Desse modo, o paradigma moderno se edifica na lógica racionalista que nega tudo que é sagrado e subjetivo, promovendo uma separação entre o corpo e a mente, entre a razão e os sentimentos, sempre colocando a mente como superior aos aspectos do corpo. Dessa forma, a natureza e os indivíduos podem ser comparados (ou reduzidos) às engrenagens de uma grande máquina de funcionamento perfeito, que pode ser totalmente compreendido por leis matemáticas (BEHRENS; OLIARI, 2007).

Para Behrens e Oliari (2007), o paradigma moderno trouxe vantagens e desvantagens. Essa visão do mundo e da Ciência possibilitou o grande desenvolvimento científico e tecnológico que temos hoje, o que não só nos deu um entendimento mais profundo da natureza, mas possibilitou ao homem melhorar sua qualidade de vida.

Por outro lado, pode-se verificar que esse paradigma contribuiu para a criação de um período de desumanização da sociedade. De acordo com Behrens e Oliari (*opus cit.*), durante esse período, perdeu-se muito em sensibilidade, estética, sentimentos e valores, por causa da extrema valorização da medida, da quantificação. Isso gerou uma sociedade excessivamente competitiva e encerrada em si mesma, sendo a principal consequência disto seria o materialismo. Com a desvalorização da religião, houve uma mudança de valores e a sociedade, assim como a Ciência, passaram a ser materialistas, cheias de certezas e fechadas ao diálogo. A humanidade passou a se fragmentar, a se isolar, a se alienar da natureza, assim como o conhecimento que se dividiu em Ciências e depois em disciplinas cujo resultado foi o surgimento de superespecialistas fechados em suas especialidades ignorando os problemas gerais de seu tempo.

Para muitos estudiosos, o pós-modernismo surgiu para refutar o paradigma moderno, principalmente no que se refere à ideia de que todos os aspectos da natureza podem ser perfeitamente compreendidos, controlados e administrados pela Ciência somente com o uso da razão (BATISTA; SALVI, 2006). Isso porque, com o desenvolvimento das Ciências contemporâneas, principalmente com a relatividade e a Física quântica, verificou-se que a natureza não é tão organizada e perfeitamente compreensível pelo uso exclusivo da razão, como se supunha anteriormente. Aspectos como incertezas de medidas e de resultados experimentais que passaram a fazer parte da rotina dos cientistas e interpretações conflitantes sobre fenômenos naturais colocaram em cheque o paradigma moderno.

Assim, os pilares do pensamento científico clássico ou moderno foram abalados pelo surgimento da desordem, da não separabilidade, da não redutibilidade e da incerteza lógica (FERREIRA; GALLO, 2010).

Essa indeterminação, assim como a contextualização e a incerteza que acompanham as medidas e os resultados obtidos no estudo de um fenômeno natural são muito bem recebidas no pensamento pós-moderno também conhecido como pensamento complexo.

A palavra "complexo" aqui usada pode ser mal interpretada, pois, na linguagem coloquial, é usada como sinônimo de caos, desordem, obscuridade. Mas, ao contrário disso, a palavra vem de *plexus* que é entrelaçado, ou tecido em conjunto. Portanto, quando falamos em pensamento complexo, não nos referimos a um pensamento complicado ou obscuro, mas um pensamento que leva em consideração o geral, o contexto as diversas visões e interpretações possíveis (CHAVES, 1998).

Chaves (1998) define a complexidade como uma relação entre ideias tidas como opostas, tais como: simplificação-complexificação, reducionismo-holismo, partes-todo, simples-complexo. Entretanto, o autor nos chama a atenção que a complexidade não une pensamentos conflitantes em um único, perfeitamente cordato. O pensamento complexo une sem alterar as características das partes que a compõe, e considera que o todo é maior do que a soma de suas partes. Ainda no contexto do significado etimológico da palavra "complexo", Chaves afirma que a complexidade do mundo pode ser percebida com as expressões que usamos no cotidiano, como: mundo das Artes, mundo da Política, mundo das Ciências, etc. Mas sabemos que existe um só mundo, e todos os outros citados anteriormente se entrelaçam nesse único mundo em que todos vivemos.

Embora se possa identificar um abandono do paradigma moderno por conta de valores pós-modernos,

[...] não se pode afirmar que há um paradigma pós-moderno identificável ou teorias pós-modernas que se dêem como uma unidade coerente à qual se possa recorrer. Também não é possível afirmar a existência de uma ciência pós-moderna (BATISTA; SALVI, 2006, p.149).

Embora Batista e Salvi (2006) afirmem que não exista uma definição formal do paradigma pós-moderno, é essencial que possamos identificar esse paradigma além de desenvolvermos ou descobrirmos um pensamento organizador que leve em consideração o complexo. Edgar Morin, pensador francês, se propôs a resolver esse problema.

1.2 Edgar Morin e o pensamento complexo

1.2.1 Uma breve biografia de Morin

Para que se possa compreender melhor a estrutura de um pensamento teórico, é necessário que se conheça um pouco o seu precursor, ou, pelo menos, seus principais colaboradores. No caso da complexidade, o principal expoente é Edgar Morin (SANTOS; HAMMERSCHIMIDT, 2012).

Morin nasceu em Paris, França em 1921 com o nome de David Salomom Nahum, pois era filho de judeus espanhóis que migraram para a França no princípio do século XX. Seus pais optaram por chama-lo de Edgar, e o nome Morin foi adotado quando ele se filiou ao Partido Comunista, do qual mais tarde fora expulso.

Em seu livro *Meus demônios*, Morin escreve sua autobiografia intelectual e nele podemos encontrar aspectos de seu perfil como, por exemplo, sua postura de investigação ininterrupta que o leva a conclusões e a verdades temporárias. Por ser um pesquisador irrequeto sua produção acadêmica se tornou dinâmica, sintonizada com seu tempo, aberta ao diálogo e às contradições, isto é, complexa. Ele admite que no conflito de ideias opostas, nasceram seus livros e que a incoerência tem para ele um caráter existencial e intelectual (SANTOS; HAMMERSCHIMIDT, 2012).

Morin também demonstrou, em suas obras, uma grande preocupação com aspectos éticos e humanos no desenvolvimento do conhecimento científico, pois para ele a tolerância, o perdão e a compreensão são indispensáveis para a evolução sustentável da sociedade em geral e da Ciência em especial. Morin define compreensão como algo muito

maior do que o significado da palavra, que é "colocar junto todos os elementos de explicação", pois, na realidade, ela comporta uma parte de empatia e identificação. Em suas palavras:

O que faz com que se compreenda alguém que chora, por exemplo, não é analisar as lágrimas no microscópio, mas saber o significado da dor, da emoção. Por isso, é preciso compreender a compaixão, que significa sofrer junto. É isto que permite a verdadeira comunicação humana. (MORIN, 2000, p. 5)

Com essas preocupações, Morin deixa claro que, para ele, existe a necessidade de se construir uma "identidade humanitária, uma consciência planetária, da ideia de Terra pátria, que significa a matriz fundamental para a ciência com consciência e o sentimento de pertença que estabelece a ligação entre a humanidade e a Terra" (SANTOS; HAMMERSCHMIDT, 2012, p. 562).

Morin é formado em Direito, História e Geografia, mas dedicou-se ao estudo da Filosofia, Sociologia e Epistemologia. Atualmente é pesquisador emérito do CNRS (*Centre National de la Recherche Scientifique*) da França. Autor de mais de trinta livros, sendo os mais conhecidos: *Introdução ao pensamento complexo*, *Os sete saberes necessários para a educação no futuro* e *Método* (seis volumes), é reconhecido como um dos principais estudiosos da Complexidade na atualidade.

1.2.2 O conceito de pensamento complexo e os sete saberes de Morin

Desde a infância, aprendemos que nossos pensamentos e ideias devem ser governados pela razão, através de análises de simplificação da realidade (FERREIRA; GALLO, 2010). Isso porque, de acordo com Morin, nós vivemos num império dos princípios de redução e separação, que ele chama de paradigma de simplificação (MORIN, 2007). A própria ciência moderna teceu, durante muito tempo, esse paradigma simplificador. Muitas vezes, os conceitos estudados foram isolados de seu contexto e do contexto do pesquisador, e assim a ciência foi fragmentada em disciplinas, e foram sendo feitas divisões dentro da própria disciplina (SERVA *et al*, 2010).

Essa forma de pensar não se desenvolveu por acaso, mas foi fruto da revolução iluminista do século XVII, conhecido como século do racionalismo (FERREIRA; GALLO, 2010). Descartes formulou esse paradigma que passou a dominar o pensamento ocidental. Sua intenção seria separar o sujeito pensante e o objeto de estudo, isto é, separar a Filosofia da Ciência, e assim tornar as ideias "claras e distintas" (MORIN, 2007). Para Morin, a principal consequência desse tipo de pensamento foi uma disjunção entre o

conhecimento científico e o axioma filosófico, privando, dessa forma, a Ciência de conhecer e refletir sobre si mesma e mesmo de se conceber cientificamente (MORIN, *opus cit*).

Morin afirma que toda essa metodologia baseada na hiperespecialização, no rigor, e na operacionalidade de medidas e cálculos levou a humanidade a uma inteligência cega, que ele define como uma maneira de entender o mundo que isola todos os objetos do seu meio ambiente, e que não compreende o elo inseparável entre o pesquisador e o fenômeno estudado. Assim, de acordo com o autor, as "realidades-chaves" são destruídas por estarem exatamente no vazio existente entre as disciplinas. O cientista passa a não mais se importar com as chamadas ciências humanas e "os pedantes cegos concluem que o homem não tem existência, senão ilusória" (MORIN, 2007, p. 12). Morin conclui dizendo que enquanto as mídias produzem a baixa cretinização, a Universidade, que se utiliza dessa metodologia dominante, produz a alta cretinização, uma vez que forma profissionais incapazes de refletirem complexamente sobre sua profissão e seu papel na sociedade (MORIN, *opus cit*).

Para Morin, grande parte do problema da construção do conhecimento está no excessivo valor dado à racionalidade humana, isto é, que como primatas humanos, somos não somente *sapiens*, mas *sapiens sapiens*, ou seja, somente racionais. Em seu pensamento complexo, o autor sugere que devemos adicionar uma nova característica na fórmula que nos define e nos diferencia dos primatas não humanos, que seria *demens*. Consequentemente, os seres humanos seriam *homo sapiens sapiens demens*, onde *demens* definiria o aspecto humano louco e descontrolado (FERREIRA; GALLO, 2010).

Aprendemos ao longo de nossa vida que essa característica *demens* seria algo ruim e que, portanto, deveria ser escondida. Já Morin defende que deveríamos nos aceitar como *sapiens demens* pois realmente possuímos uma natureza dupla: racional e louca.

Em seu livro *A inteligência da complexidade*, Morin afirma que o cérebro humano é hipercomplexo. Com o menor estímulo ele coloca em ação miríades de neurônios em seus vários setores. Ele também é bi-hemisférico e, portanto, seu bom funcionamento consiste na complementaridade e no antagonismo entre o hemisfério esquerdo (abstração e análise) e o direito (apreensão global e concreto). Outra característica do cérebro humano é que ele é triúnico, isto é, três cérebros em um: o cérebro reptiliano (cio, agressão), o cérebro mamífero (afetividade) e o neocórtex humano (inteligência lógica e conceitual) sem que haja predominância de um sobre o outro. Existe um antagonismo entre eles, e em algumas vezes, o impulso governa a razão. Nesse desequilíbrio, nesse antagonismo

complexo é que surge a imaginação (MORIN, 2000, p. 62 *apud* FERREIRA; GALLO, 2010).

Ainda de acordo com Ferreira e Gallo (2010), o problema é que o lado humano *demens* vem sendo reprimido principalmente pela hiperespecialização. Como discutido anteriormente, a especialização corresponde à fragmentação do conhecimento, e, portanto, rejeita a reflexão tão necessária para construção do pensamento complexo, ou compreensão geral de um fenômeno ou problema.

A principal consequência da hiperespecialização foi a divisão do conhecimento em disciplinas que podem ser definidas como ramos do saber voltados e fechados em torno de si mesmos. Não há diálogo entre as disciplinas, e o conhecimento construído a partir dessa metodologia se torna incompleto e, por conseguinte, incapaz de resolver de maneira eficaz os problemas da sociedade moderna.

Diante disso, surge a necessidade de se religar àquilo que foi separado pelo paradigma tradicional. Morin propõe, como solução, a transdisciplinaridade que possa ser definida como um modo de pensar e ensinar que possa transpor os limites das disciplinas e proporcionar uma unidade no que antes era diversidade, isto é, uma integração profunda entre as diversas disciplinas na discussão de um determinado tema ou na resolução de um problema.

Ferreira e Gallo (2010) reiteram que a transdisciplinaridade visa a criação de um meta ponto de vista, ou seja, uma análise de um tema a partir de vários pontos de vista diferentes, com o objetivo de compreender todos os aspectos do tema de maneira mais completa possível. Mas, para que haja a transdisciplinaridade, é necessário que se crie um pensamento organizador que dê conta desse enorme desafio. Morin chama esse pensamento organizador de pensamento complexo.

Ainda na perspectiva desses autores, o conhecimento do pensamento complexo não se limita simplesmente à análise da Ciência, mas também do conteúdo que existe nas Artes, Poesia, Literatura e Mitos. A Arte, por exemplo, oferece uma visão do ser humano em toda a sua complexidade, medos e paixões da mesma forma que estudos científicos sérios. Assim, eles defendem que existe grande necessidade de romper essa divisão existente entre a Ciência e a Arte em todas as suas formas, pois ambas são construções humanas.

Assim, as bases estruturadoras do pensamento complexo de Morin são seus três operadores da complexidade: o dialógico, o recursivo e o hologramático. São eles que põem em movimento o pensamento complexo (FERREIRA; GALLO, 2010).

1. Operador dialógico: Esse operador tem como função juntar aquilo que foi separado, ou seja, unir aquilo que no paradigma tradicional deveria se confrontar ou repelir, mas que são na realidade conceitos inseparáveis para a compreensão da realidade, como, por exemplo, unir a razão e a emoção, o real e o imaginário e a Ciência e as Artes.
2. Operador recursivo: Aprendemos que a causa produz o efeito. Na recursividade, a causa produz o efeito, mas por sua vez o efeito produz a causa. Buscando exemplificar esse operador, Morin diz que os seres humanos produzem a sociedade com suas interações, mas a sociedade também produz a humanidade desses indivíduos por meio da linguagem, da cultura e dos valores que possui.
3. Operador hologramático: Não podemos dissociar uma parte do todo. A parte está no todo, assim como o todo está em uma parte. Podemos observar esse operador ao estudarmos uma célula, por exemplo. A célula é parte do todo, mas o todo está na célula, pois a totalidade do patrimônio genético de um indivíduo está nela. Outro exemplo é quando analisamos uma pessoa. Ela faz parte da sociedade, mas a sociedade está presente nela através da linguagem, cultura e valores.

Assim, a noção de totalidade, tão necessária para entendermos o que é complexidade, é construída a partir desses três operadores. Ainda com relação a esse conceito, Morin afirma que, diferentemente daquilo que Descartes pensava, o todo não é a soma de suas partes. O todo é maior ou menor que a soma de suas partes. Por isso, para se estudar um conceito, ou resolver um problema, deve-se abordá-lo de maneira mais completa possível, e não dividi-lo em pedaços tão pequenos quanto se queira. Essa divisão pode comprometer as características inerentes ao problema e assim prejudicar seu entendimento e sua resolução.

Ainda refletindo sobre a noção de totalidade e sobre a importância da transdisciplinaridade que abarca todo o seu pensamento complexo, Morin elabora os sete saberes necessários à educação do futuro. Seu objetivo era inspirar os diversos profissionais a definirem sua posição na escola, assim como a sua relação com o currículo, disciplinas e avaliação (FERREIRA; GALLO, 2010). É muito importante que se diga que esses saberes não são novas metodologias de ensino, e sim formas atuais de organizar o pensamento, para que dessa forma sempre se tenha em vista a totalidade (MORIN, 2000).

Os sete saberes para o pensamento complexo são:

Primeiro saber: O conhecimento

O ensino fornece conhecimento, mas, de acordo com Morin, nunca se ensina o que é conhecimento (MORIN, 2000). Isso porque a ciência se acostumou a se afastar do erro, a negá-lo. Ao analisar muitos dos conceitos elaborados no passado, pode-se verificar que muitos deles possuíam erros ou ilusões. Isso é importante, uma vez que o conhecimento não é um espelho da realidade, mas uma tradução seguida de uma reconstrução, isto é, uma interpretação da realidade. Diante disso, é necessário que se integre o erro nas concepções elaboradas sobre a realidade, pois ele faz parte dessas concepções. Somente assim o conhecimento pode avançar (MORIN, 2000).

O segundo saber: O conhecimento pertinente.

O pensamento pertinente, segundo Morin, é uma forma de raciocínio que não mutila o seu objeto de estudo (MORIN, 2007). Com a palavra mutilar, o autor se refere à divisão, à separação e à fragmentação do objeto de estudo de modo que ele fique irreconhecível. Para exemplificar sua afirmação, Morin fala da Economia, que é uma ciência humana, e que continuamente vem falhando em suas previsões. Tal fato ocorre, segundo o autor, pela excessiva valorização dada ao cálculo em detrimento aos aspectos humanos envolvidos nessa ciência como os sentimentos de paixão e medo. Quando ocorre um problema na bolsa de valores, uma variável nova, irracional e imprevisível aparece: o pânico. Isso faz com que o fator econômico tenha muito mais a ver com o humano (ligando-se assim com a sociologia, a psicologia e a mitologia) do que com a Matemática. Essa realidade é multidimensional, e, portanto, complexa, sendo apenas uma parte, uma dimensão da sociedade. Frente a isso, torna-se essencial contextualizar todos os dados disponíveis ao procurar compreender um determinado problema (MORIN, 2007).

Entretanto, de acordo com o paradigma moderno, a melhor maneira de se entender o mundo é pela fragmentação e simplificação. Assim, torna-se necessário dividir para que o conhecimento se desenvolva. Nesse sentido, criaram-se as disciplinas e os superespecialistas, fechados em torno de si mesmo e alheios ao diálogo e críticas. O conhecimento pertinente de Morin vai à direção contrária a esse pensamento, mas sem procurar acabar com as disciplinas ou com os especialistas.

Embora o pensamento pertinente vá em direção contrária ao paradigma moderno, que prega a fragmentação e simplificação como formas eficazes de compreender o mundo, Morin não se posiciona a favor de se acabar com um dos principais produtos desse paradigma, que é a divisão do conhecimento em disciplinas. Para o autor, basta usá-las em

outros contextos. Ferreira e Gallo (2010) alegam que essa nova maneira de usar as disciplinas já podem ser observadas em alguns casos. Eles citam o caso da Ecologia como uma visão complexa de mundo, pois surgiu da união de disciplinas antes desconexas como a biologia, a antropologia e filosofia. Outro exemplo seria um *designer*, que é ao mesmo tempo "um capitalista/economista, sociólogo, antropólogo, ambientalista, marqueteiro, ou seja, necessita de um entendimento da totalidade para o desenvolvimento de seu saber específico" (FERREIRA; GALLO, 2010, p. 16). Podemos concluir que o pensamento pertinente é uma ideia que se contrapõe à simplificação e à fragmentação do conhecimento.

Terceiro saber: A identidade humana

Morin acha curioso que a identidade humana seja desprezada nos programas educacionais. Nesses programas, se tem apenas um vislumbre do ser biológico em biologia e o ser psíquico em psicologia, mas não do ser em sua totalidade, em toda sua complexidade que faz dele humano. Desta maneira, o ser humano se instrui, mas esta instrução não serve nem para ele se conhecer. Segundo Morin, somos indivíduos em uma sociedade e fazemos parte de uma espécie. Contudo, ao mesmo tempo em que fazemos parte de uma sociedade, essa sociedade faz parte nós, já que é ela é que nos ensina valores e nos dá uma visão de mundo. Somos também de uma espécie, mas, ao mesmo tempo a espécie está em nós e depende de nós, dado que, como argumenta Morin, se deixarmos de nos relacionar sexualmente com indivíduos do sexo oposto acabamos com a espécie. Portanto, o relacionamento entre indivíduo, sociedade e espécie é como a trindade divina: um dos termos gera o outro. Logo, podemos dizer que a identidade humana é trinitária (MORIN, 2000).

Morin chama a atenção também para o fato de que ser o humano é múltiplo (diversidade de cultura e valores) ao mesmo tempo em que faz parte de uma unidade (gênero). Para exemplificar essa afirmação, Morin cita Voltaire que assegurou que "os chineses são iguais a nós, têm paixões, choram", mostrando assim a unidade do gênero humano. Por outro lado, Morin cita o pensador alemão Herbart que escreveu: "entre uma cultura e outra não há comunicação, os seres são diferentes". Morin afirma que ambos os pensadores estão corretos, mas que essas verdades devem ser articuladas, pois todo ser humano possui elementos genéticos de sua unidade e elementos culturais de sua diversidade (MORIN, 2000).

Assim, para que se possa conhecer a natureza humana, Morin afirma que disciplinas como Literatura e Poesia não podem ser consideradas secundárias, mas essenciais, pois são elas que revelam o aspecto *demens* do ser humano, tão importante para o desenvolvimento da sua imaginação e do seu autoconhecimento. A Literatura e a Poesia têm a vantagem de refletir sobre a complexidade de uma maneira diferente das ciências formais por abordá-la de uma maneira pessoal, susceptível a emoções, paixões e desejos.

Desse modo:

Para que isso aconteça, devemos fazer convergir todas as disciplinas conhecidas para a identidade e para a condição humana, ressaltando a noção de *homo sapiens*; o homem racional e fazedor de ferramentas, que é, ao mesmo tempo, louco e está entre o delírio e o equilíbrio, nesse mundo de paixões em que o amor é o cúmulo da loucura e da sabedoria. (MORIN, 2000, p. 5).

Quarto saber: A compreensão humana

Morin reitera que, nos programas educacionais, nunca se ensina como compreender as pessoas que nos são próximas assim como a nós mesmos. Como resultado, a própria definição da palavra compreensão nos fica obscura. Morin define compreender como algo que vai além do seu significado etimológico, que é "colocar junto todos os elementos de explicação" (MORIN, 2000, p. 5), visto que a ela se liga outras duas palavras: empatia e identificação. Isso implica em se colocar no lugar da outra pessoa e procurar enxergar o mundo da maneira que ela enxerga, ou seja, sofrer junto com ela. A compreensão humana deve ser o princípio e o fim da comunicação humana.

Mas o problema, segundo Morin, é que estamos vivendo em uma sociedade que privilegia o individualismo (principalmente por conta da epistemologia moderna que favorece a fragmentação do conhecimento em disciplinas fechadas criando barreiras à comunicação), o que alimenta o egoísmo, o egocentrismo e a rejeição ao próximo.

Portanto, para superar a incompreensão, que, de acordo com Morin, é um câncer que destrói a sociedade humana, deve-se ensinar a compreensão.

Quinto saber: A incerteza

Para ilustrar esse saber, Morin usou o que Eurípedes dizia no fim de suas tragédias há aproximadamente 2500 anos: "os deuses nos causam grandes surpresas, não é o esperado

que chega e sim o inesperado que nos acontece". Essa verdade foi esquecida por muito tempo no estudo da Ciência e continua sendo esquecida muitas vezes em sala de aula. Mas, de acordo com Morin, é necessário mostrar, em todos os domínios do conhecimento, desde o estudo da Física de partículas até o estudo da história das civilizações, o surgimento daquilo que é inesperado. Isso porque é preciso entender que o conhecimento científico nunca é produtor de certezas e que sempre será atormentado por certa incerteza. E essa incerteza é importante, até essencial, para o avanço do saber, já que a dúvida motiva a mente inquiridora e a leva a ação, ao passo que a certeza leva a conclusão sem a necessidade de reflexão.

Sexto saber: A condição planetária

Como o mundo está conectado, existe um destino comum para toda a humanidade. A ameaça de destruição aumenta conforme o tempo passa, e essa destruição pode vir de muitas formas diferentes, como por uma guerra nuclear, catástrofes ambientais disseminação de doenças infecciosas. Diante disso, se faz necessário a construção de uma consciência planetária.

Não é suficiente tentar negar o caráter complexo desse problema, tentando resolver de maneira isolada um dos vários problemas que afligem e ameaçam o planeta Terra, pois todas essas dificuldades estão ligadas umas as outras. Diante disso é preciso ensinar que a humanidade vive em uma comunidade com um destino comum, e que a sustentabilidade, isto é, construir um planeta viável para as próximas gerações, deve nortear nossas ações.

Sétimo saber: A antro-po-ética

Com antro-po-ética, Morin quer dizer ética do gênero humano. A antro-po-ética está ancorada nos três aspectos que definem um ser humano, isto é, indivíduo, sociedade e espécie. Cabe a cada ser humano desenvolver simultaneamente a ética e autonomia pessoal, a sua participação social e no gênero humano, pois todos compartilharão o mesmo destino.

Morin afirma que o lado social da antro-po-ética não tem sentido se não pela democracia, pois ela permite aos cidadãos assumirem sua responsabilidade para com sua comunidade por meio do voto. Ele fala também que se pode observar que a ética do ser humano vem se desenvolvendo atualmente em organizações não governamentais como

Médicos Sem Fronteiras e *Greenpeace*, que procuram assistir países devastados pelos conflitos e catástrofes naturais. E isso, de acordo com o autor, é importante, pois como tudo no mundo está conectado, estamos falando do futuro não só de um país, mas de toda a humanidade.

Ferreira e Gallo (2010) afirmam que se pode notar que o pensamento complexo de Morin é mais um desafio do que uma solução para os problemas enfrentados principalmente pela educação. Afinal de contas, como reunir princípios aparentemente independentes, antagônicos e/ou contraditórios? Como levar em consideração as incertezas ao procurar resolver um problema ou compreender um princípio que está sendo estudado? E a questão do erro, como deve ser trabalhada?

Pensando nesses desafios, e tendo como base o pensamento complexo, temos por objetivo geral desse trabalho propor um ensino de Física que possa contribuir para o desenvolvimento complexo dos alunos.

No capítulo a seguir discutiremos o que já foi produzido pela comunidade de pesquisadores em ensino de ciências

2 A PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS

De acordo com o Currículo Oficial do Estado de São Paulo, a sociedade do século XXI é caracterizada pelo uso intensivo do conhecimento. Assim, para que um indivíduo possa se considerar um cidadão, ele precisa não apenas ter acesso ao conhecimento, mas ser capaz de construí-lo e utilizá-lo em situações diversas. Apenas deste modo ele conseguirá trabalhar, relacionar-se e exercer definitivamente sua cidadania (SEE, 2008).

Neste contexto, a importância da qualidade da educação formal oferecida pelas escolas fica evidente, visto que é justamente nesse espaço que as competências e habilidades necessárias para a construção e o uso do conhecimento precisam ser desenvolvidas. Entre os vários questionamentos que muitos pesquisadores especializados tentam resolver, podemos citar os seguintes: Como fazer isso? Qual a maneira mais eficaz de ajudar o aluno a se tornar mais comprometido com a construção de seu próprio conhecimento? De que maneira pode-se contribuir com os estudantes de forma a torná-los capazes de agir na sociedade que a cada dia apresenta novos problemas? Como auxiliar o aluno a desenvolver competências e habilidades essenciais para seu desenvolvimento?

Nesta seção, discutiremos essas questões, em especial as relacionadas às contribuições que o Ensino de Ciências pode trazer para a formação do cidadão pronto a enfrentar as demandas sociais do novo século.

2.1 Objetivos da educação científica

Ao longo da história da Educação, ações pedagógicas foram indicadas em função da visão que se tinha da sociedade, tendo em vista que o papel fundamental do ensino sempre foi o de preparar os indivíduos para o exercício dos papéis sociais que irão desempenhar. Monteiro (2002) enfatiza essa questão destacando:

Os ideais educacionais e seus objetivos variam conforme as necessidades e as aspirações de cada povo e de cada época. Visando propagar as conquistas culturais humanas, a educação formal não é um simples fio transmissor passivo, mas uma ação ampla de uma sociedade sobre seus cidadãos a fim de integrá-los a um conjunto de valores que foram construídos ao longo do tempo e que se estabelecem como regra vigente. Assim, o educador deve oferecer ao educando os elementos de que ele necessita para integrar-se nas múltiplas formas culturais, facultando-lhes meios para intervir na sociedade em que vive de maneira a resolver as dificuldades e problemas que ela enfrenta (MONTEIRO, 2002, p.20).

Pensando a partir desse prisma, a Educação Científica se torna fundamental para a formação do cidadão atual, pois não há como negar a importância que o desenvolvimento científico e tecnológico tem nos processos de produção e manutenção de nossa sociedade.

Monteiro (2002) chama atenção para o fato de que muitas das disparidades sociais que temos visto, atualmente, no mundo globalizado são consequências do processo de exclusão que grande parte da população sofre, por viver às margens das conquistas científicas e tecnológicas de nosso tempo:

São exatamente essas disparidades sociais que têm levado grande parte da população brasileira a viver à margem de várias das conquistas científicas e tecnológicas do nosso tempo, o que significa dizer que, além de estarem tolhidos dos seus direitos básicos como cidadão, ainda se encontram alheios à sua própria realidade. Essa situação, que a cada dia se agrava, ampliando cada vez mais as diferenças entre vários segmentos de nossa sociedade, têm gerado problemas insustentáveis, como o desemprego, a miséria, a violência, entre outros.

(...)

Sob pena de intensificar o processo de exclusão social, a escola tem a difícil missão de contribuir para a inserção do indivíduo na realidade em que vive, divulgando criticamente a todos membros da sociedade os bens culturais que todos ajudaram a construir, conscientizando-os de seus direitos e seus deveres (MONTEIRO, 2002, p. 21 e 22).

Assim, Gérard Fourez afirma que a alfabetização científica seria um dos principais objetivos de se ensinar Ciências na escola (FOUREZ, 2003). Isso porque, de acordo com o autor, um aluno que seja alfabetizado cientificamente possuiria competências e habilidades que o auxiliaria em aspectos humanistas, sociais e econômicos: Com aspecto humanista, o autor se refere à capacidade do indivíduo de manter sua autonomia crítica na sociedade e se familiarizar com as grandes ideias provenientes das Ciências, podendo, assim, participar da cultura de seu tempo. Com o aspecto social, o autor se refere à diminuição das desigualdades produzidas pela falta de compreensão das "tecno-ciências", dando ao indivíduo capacidade para participar de debates democráticos em torno de assuntos contemporâneos que exigem certo conhecimento e senso crítico (o uso dos transgênicos, por exemplo). Com o aspecto econômico, o indivíduo teria a possibilidade de participar da produção do mundo industrializado e, dessa forma, produzir riquezas (FOUREZ, 2003).

Em concordância com Fourez, Gaspar (1994) evidencia os critérios que mais se destacam na literatura das pesquisas em Ensino de Ciências como base para se considerar a alfabetização científica, sendo eles:

- a) Conhecer os princípios básicos da Ciência, bem como ampla consciência do impacto desta sobre a sociedade;

- b) Ser capaz de aplicar conceitos científicos para enfrentar os problemas do dia-a-dia; e
- c) Compreender e enfrentar os problemas que afligem a sociedade atual, tendo em vista aspectos relativos à saúde, à preservação do meio ambiente e aos questionamentos fundamentais para a manutenção da ordem política e social.

Nesse sentido, Santos e Mortimer (2001) destacam a importância do Ensino de Ciências para desenvolver no aluno uma consciência crítica do real significado da Ciência, do fazer científico e dos impactos que a tecnologia tem sobre a sociedade, de tal a forma que ele esteja em condições de tomar decisões para uma ação socialmente responsável.

Documentos oficiais do estado brasileiro relacionados ao Ensino de Física, como os PCN+, são claros quanto aos objetivos a serem atingidos:

A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCN. Trata-se construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade (BRASIL, 2002, p.1).

Contudo, Nardi (1998) denuncia que o Ensino de Física, praticado na maioria das escolas brasileiras, dá ênfase à memorização de conteúdos e às soluções algébricas de problemas sem nenhum vínculo com a realidade dos estudantes. O autor conclui, portanto, que há uma preocupação excessiva em se atender os objetivos dos exames vestibulares do que aqueles previstos para a preparação do cidadão.

Em concordância com tal opinião, Tommasiello *et al* (2012) caracteriza a aula tradicional de Física como se resumindo a apresentações de leis, conceitos, fórmulas, de significados vazios, tendo em vista o fato de se privilegiar mais a teoria e a abstração, com destaque para a memorização e o manuseio excessivo de fórmulas, em situações artificiais, em prejuízo do real significado de todas aquelas equações, esquemas e exercícios repetitivos.

O resultado dessa discrepância entre o que se espera do ensino de Física e o que se ensina, de fato, em suas aulas, é o grande desinteresse e a falta de conhecimento apresentados pelos alunos:

O distanciamento do mundo vivido pelos alunos e professores, a falta de interdisciplinaridade, bem como a forma desarticulada com que a Física vem sendo trabalhada contribuem ainda mais para que ela se apresente vazia de significados para os alunos. Ao observarmos o andamento do processo ensino - aprendizagem de Física, encontramos por parte dos alunos grandes dificuldades de aprendizado e, também, falta de interesse para com os conteúdos abordados em sala de aula. (CARVALHO, *et al*, 2014, p. 2)

Gonçalves e Pimenta (2002) citam essa realidade reiterando que os piores índices de aprendizagem registrados nos grandes sistemas de avaliação, como o SARESP, por exemplo, são relativos às ciências naturais. Nesse caso, as autoras reivindicam a adoção de medidas urgentes para que essa situação possa ser alterada.

Mas que medidas devem ser tomadas? O que dizem as pesquisas em Ensino de Ciências?

2.2 Medidas a serem implementadas no Ensino de Ciências

Ao longo dos tempos, desde os anos 1960 até os dias de hoje, as pesquisas em Ensino de Ciências têm apontado diferentes orientações para a prática da educação científica em sala de aula.

Delizoicov e Angotti (1992) afirmam que existe um consenso entre os pesquisadores em Ensino de Ciências de que as aulas baseadas na ideia de “transmissão de conhecimento”, na qual o professor fala e o aluno escuta, precisam ser substituídas por um modelo no qual o estudante assuma uma postura mais ativa e responsável em relação ao processo de ensino e de aprendizagem.

No fim da década de 1960 e início de 1970, propõem-se o Ensino por descoberta e isso se materializa nas propostas conhecidas como os Grandes Projetos, tais como o PSSC (Physical Science Study Committee), além de ações como os trabalhos da FUNBEC (Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências) na estruturação dos laboratórios básicos de Ciência e do PREMEM (Programa de Expansão e Melhoria do Ensino). (FRANCALANZA,1993).

Criticado por ser um método que propõe aos alunos a reconstrução dos passos dos cientistas sem, de fato, integrá-los ao contexto em que estavam mergulhados, o ensino por descoberta perdeu espaço para a metodologia da mudança conceitual, na qual Posner *et al* (1992) enfatiza a necessidade de submeter os alunos a situações em que suas concepções espontâneas são colocadas em xeque, enquanto outras ideias (as aceitas cientificamente) eram propostas por serem mais abrangentes, lógicas e frutíferas. Também criticada, agora por tentar ressuscitar o empirismo que tentava combater, a metodologia de mudança conceitual também foi abandonada (MONTEIRO, 2002).

Monteiro e Monteiro (2010) destacam que, a partir de então, as pesquisas em Ensino de Ciências seguiram por um caminho com maior ênfase em uma abordagem sociológica do que cognitivista.

Nesse sentido, os autores destacam que há uma maior preocupação com o estudo do processo de construção da Ciência, da relação entre Ciência e Tecnologia e seus impactos sobre a sociedade, as relações sociais estabelecidas na escola e em sala de aula na interação professor-aluno e objeto do conhecimento.

Para Fiedler-Ferrara e Mattos (2005), o estudo da realidade não pode ser estabelecido por um pensamento simples no qual o conhecimento é dividido, compartimentado. Portanto, a seleção de conteúdo para a elaboração curricular no Ensino de Ciências deve ter um corte epistemológico mais amplo do que a da disciplinaridade. Para os autores, as estruturas curriculares precisam levar em conta as interrelações dos conhecimentos e, conseqüentemente, uma prática multidimensional deve ser adotada:

(...) o currículo pandisciplinar é uma representação de todas as possíveis relações entre as partes do conhecimento construído pelo homem. Na *praxis* escolar, o que se efetiva, de fato, é a construção de subconjuntos do currículo pandisciplinar, a partir de **recortes** segundo determinados **critérios**. Valores, objetivos e crenças se manifestam determinando o recorte que será realizado na complexa rede multi-dimensional da estrutura do conhecimento. Dessa perspectiva, os recortes definem subconjuntos que podem ter desde uma alta dimensionalidade ou mesmo uma única dimensão (FIEDLER-FERRARA; MATTOS, 2005, p.2).

De maneira convergente, outros autores, como Pombo (2005), Frigotto (2008), Rocha e Almeida (2000), enfatizam a importância da adoção de práticas interdisciplinares em aulas de Ciências visando preparar os alunos para análise de situações reais que envolvem o cotidiano.

Nessa mesma linha de pensamento, Monteiro *et.al* (2012), Monteiro *et al* (2013) e Sodré e Mattos (2013) propõem aulas de Ciências a partir da adoção de práticas interdisciplinares contextualizando problemas reais que afligem a sociedade, como a questão do uso de bebidas alcoólicas por adolescentes e a do excesso de açúcar na alimentação de crianças e adolescentes gerando a obesidade.

Laburú *et al* (2003), argumentando a partir de considerações da epistemologia feyabendiana, propõem a adoção de um pluralismo metodológico no ensino de Ciências. Para esses autores, as atividades artificiais abordadas em sala de aula não preparam os estudantes para a análise das situações complexas do cotidiano, e por conta disso é necessário uma real integração de conteúdos a partir da adoção de diferentes métodos que atendam aos diferentes perfis de aprendizagem dos alunos em sala de aula.

Carvalho (1998) cita alguns princípios que precisam ser levados em conta ao se planejar aulas de Ciências que, de fato, possam ser significativas para os estudantes,

atendendo de forma geral os resultados das pesquisas até agora consensualmente tidos como aceitos:

- É preciso considerar a existência de que os alunos não se constituem em tábula rasa, portanto, é fundamental conhecer o que pensam os estudantes, quais concepções espontâneas apresentam sobre a temática a ser estudada.
- Os alunos devem ser envolvidos em propostas investigativas a partir das quais se disponham a se debruçar, estudar, pesquisar, conhecer. Assim, a formulação de uma pergunta, de uma questão que motive os alunos se envolverem num processo de investigação é fundamental;
- É importante que os alunos, além de aprender Ciências, aprendam o que é Ciência, ou seja, o caráter social. Dessa forma, a utilização da história das Ciências é fundamental para que os alunos entendam que a Ciência não progride sem trocas de ideias e/ou confrontos de pontos de vista diferentes que visam interpretar e explicar dado fenômeno.
- As interações sociais entre professor e alunos, alunos e alunos e estes com o objeto de aprendizagem têm papel de destaque no processo de ensino e de aprendizagem. Dessa forma, os alunos desenvolvem a capacidade de levantar hipóteses, construir justificativas e modelos explicativos, enfim, têm a possibilidade de construir argumentações que serão úteis para o desencadeamento de habilidades e competências críticas.

Neste contexto, há espaços para o uso de diferentes estratégias no Ensino de Ciências, como destacam, Krasilchik (1996), Medeiros e Medeiros (2002), Praia *et al* (2002), Echeverría e Pozo (1998), Gaspar e Monteiro (2005), Monteiro *et al* (2014):

- A experimentação: a atividade experimental não deve ser vista como uma comprovação ou ilustração da teoria exposta, mas como oportunidades para que um problema a ser resolvido seja proposto, alunos possam levantar e testar hipóteses, discussões em torno dos dados possam ser estabelecidas, construção de argumentos e modelos explicativos possam ser debatidos;
- A demonstração experimental: essa atividade, assim como a experimentação, não deve limitar-se a um caráter verificacionista. Contudo, deve constituir-se em situações nas quais interações sociais possam ser desencadeadas e um processo dialógico estabelecido. Nesse contexto, o professor pode conhecer as concepções

espontâneas dos alunos a cerca de determinado fenômeno e, ao mesmo tempo, promover uma maior motivação dos estudantes para o estudo de temas científicos;

- O uso de novas tecnologias: as novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) podem e devem ser exploradas em sala de aula, não apenas como um modismo e nem mesmo como um elemento motivador para o processo de ensino e de aprendizagem, mas por oferecer possibilidades de potencializar o entendimento do aluno acerca dos modelos explicativos utilizados pela Ciência para interpretar e prever um fenômeno. Nas simulações e animações computacionais, os alunos e os professores têm uma possibilidade de interação que os farão ir além da observação concreta de um fenômeno natural. Por meio desses recursos, será possível a visualização de modelos científicos, como vetores, o sistema cartesiano, gráficos, e enfim, elementos que facilitam o processo de abstração das experiências concretas realizadas;
- O uso de textos didáticos e paradidáticos: os textos didáticos e paradidáticos são importantes recursos para desenvolver a competência leitora dos alunos. Nesse caso, os estudantes têm a oportunidade de identificar ideias, opiniões, concepções, construção de linhas de raciocínio de diferentes autores que os auxiliarão a desenvolver habilidades e competências comunicativas. Não nos referimos apenas à leitura, mas também a produção de textos que, por sua vez, oferece meios de desenvolvimento da competência de escrita dos estudantes.
- A resolução de problemas: não nos referimos, aqui, à resolução de exercícios artificiais nas quais os alunos são obrigados a substituir dados em equações memorizadas para obter um dado vazio e sem significado. Estamos destacando as situações nas quais os estudantes têm a oportunidade de se debruçar sobre situações reais, problemas que, de fato, enfrentam cotidianamente e que, portanto, não apresentam apenas uma única estratégia ou única maneira específica para a sua resolução. São situações que levam os estudantes a pensarem, exporem suas concepções, opinarem, pesquisarem, experimentarem, debaterem, enfim, buscarem respostas para situações próprias de suas realidades;
- Atividades extra-curriculares como visitas a espaços-não formais: esses momentos não se limitam apenas ao lazer, à ludicidade, mas também a oportunidades socioculturais de ampliarem seus repertórios culturais, ampliando horizontes, pontos de vistas que, mais tarde, em situações de sala de aula, serão utilizados

como pontes, referências, meios a partir dos quais aprofundamentos possam ser realizados.

Procedendo dessa forma, como destaca Carvalho (1998), são possíveis aulas de Ciências que permitam o desenvolvimento de habilidades e competências conceituais, procedimentais e atitudinais nos estudantes. Isso possibilita condições para que um estudante, de fato, possa se tornar um cidadão com conhecimento capaz de identificar os diferentes problemas sociais; saber como proceder para atuar, como fazer, de modo a contribuir para sua superação do problema identificado e, acima de tudo, ter atitudes de compromisso, participação com outros membros da sociedade para superar as injustiças, os preconceitos, discriminação, o desrespeito e qualquer outra forma de violência.

Essa não é uma tarefa fácil. Envolve mais do que compromisso e meras ações de boa intenção do professor. Exige preparo, reflexão, referencial, pesquisa, ação, para que práticas pedagógicas significativas para a formação do cidadão crítico e participativo possam ser implementadas.

Morin (2000), como vimos no capítulo anterior, destaca que os problemas atuais que afligem nossa sociedade não são simples como os exercícios artificiais propostos nos livros didáticos. Requerem uma capacidade de pensar de forma complexa, agregando os saberes e não os compartimentando como sugere o método cartesiano.

Mas a questão que todo docente de Física apresenta de tais orientações é: como realizar uma prática tão inovadora a ponto de desencadear o desenvolvimento do pensamento complexo?

No próximo capítulo, discutiremos como foi idealizada e planejada a pesquisa. Nele, apresentaremos os objetivos gerais e específicos do trabalho, levando em consideração as características da escola e dos alunos, cujo desenvolvimento do pensamento complexo é o foco de nosso estudo. Exporemos, também, nossa proposta de metodologia de coleta e análise dos dados, assim como as justificativas para estas escolhas.

3 IDEALIZAÇÃO E PLANEJAMENTO DAS ETAPAS DE PESQUISA

3.1 Objetivo geral

O mundo está em uma transição paradigmática. Os valores e a forma de pensar que por tanto tempo têm norteado a vida da sociedade humana estão mudando. Segundo Behrens e Oliari (2007), não acompanhar ou resistir a essa mudança pode limitar nossa visão de mundo. Do paradigma moderno, que favorece a simplificação e a divisão do conhecimento, estamos passando para o paradigma pós-moderno, que, ao contrário do primeiro, defende a integração, ou seja, uma visão complexa, interdependente do mundo.

Diante dessa situação, isto é, da necessidade de inserirmos nossos alunos nesse novo paradigma, aceitamos, nesse trabalho, o desafio de diante de um processo reflexivo, reestruturar minha prática pedagógica de Ensino de Física para o primeiro ano do Ensino Médio, respeitando o Currículo Oficial do Estado de São Paulo, mas, ao mesmo tempo, buscando contribuir para o desenvolvimento do pensamento complexo dos alunos.

3.2 Objetivos específicos

Em nosso trabalho, tendo em vista a necessidade de desenvolver o pensamento complexo nos alunos, temos os seguintes objetivos:

- Fazer um recorte epistemológico no conteúdo de Física, previsto no Currículo Oficial do Estado de São Paulo, tendo em vista o objetivo geral do trabalho, o número de aulas de Física no ano letivo e as competências e habilidades previstas nos PCN que devem ser desenvolvidas nos alunos do primeiro ano do Ensino Médio.
- Reformular a sequência didática de conteúdos previstos para o primeiro ano do Ensino Médio, com o objetivo de integrar e problematizar esses conteúdos de tal forma a se desenvolver o pensamento complexo nos alunos.
- Analisar se as atividades propostas, de fato, têm potencial para ajudar os alunos a desenvolverem o pensamento complexo proposto por Morin.
- Apresentar a proposta de ensino desenvolvida a outros professores a avaliar suas opiniões em função de suas experiências com o ensino.

3.3 Metodologia de coleta de dados

3.3.1 O contexto da pesquisa

O planejamento das atividades foi feito tendo em mente as características de uma escola estadual paulista em que o pesquisador leciona.

Nessa escola, estudam aproximadamente 700 alunos em dois períodos: matutino e vespertino. No período da manhã funciona o Ensino Médio, enquanto no período da tarde funciona o Ensino Fundamental. As onze salas disponíveis na escola acomodam de maneira confortável os alunos e proporcionam um ambiente claro e arejado para o trabalho. Pode-se afirmar que problemas disciplinares graves são raros, e os alunos, em sua maioria, embora demonstrem muitas vezes desmotivação, são receptivos ao diálogo e às atividades diferenciadas.

Como boa parte das escolas públicas, existe certa dificuldade em envolver a comunidade nos assuntos escolares, embora a equipe gestora se esforce nesse sentido. Vale a pena destacar que o programa "Escola da Família" continua funcionando nessa unidade escolar com projetos importantes para a comunidade.

A escola está localizada em um bairro de classe média, e boa parte dos alunos têm acesso à informação por meio da internet e TV paga. São poucos os que não possuem *Smartphone* ou que precisem usar os materiais disponibilizados pela Secretaria Estadual da Educação, como cadernos e canetas bem como outros materiais escolares. Vários deles já estudaram em escolas particulares. Apesar de todas essas facilidades, o índice de desenvolvimento da educação do Estado de São Paulo (Idesp) para essa escola vem oscilando com valores baixos a cada ano.

As atividades e a metodologia a serem desenvolvidas nesse trabalho visam ser utilizadas com todas as turmas do primeiro ano do Ensino Médio dessa escola.

Nesse sentido, as atividades aqui propostas foram desenvolvidas tendo como objetivo não apenas de fazer com que os alunos obtenham informações, mas também de oportunizar situações que os predisponham a refletir e encontrar meios para obter soluções para problemas mais gerais, menos reducionistas, menos artificiais e mais reais, levando-os assim a pensar mais complexamente. Nossa intenção com isso foi planejar ações que possam possibilitar oportunidades para a construção de um conhecimento pertinente. Para isso, iniciamos uma análise relativa à ordem com que os conteúdos curriculares são normalmente abordados.

Mas como e por onde iniciar esse planejamento? Que receita seguir? Que caminho percorrer?

A seguir apresentaremos a metodologia de coleta de dados.

3.3.2 Metodologia e instrumentos de coleta de dados

Os trabalhos de Schön (1997) chamam a atenção para a necessidade de um professor reflexivo e pesquisador da própria prática, afim de fazer frente às exigências atuais em torno do Ensino.

Monteiro (2006) destaca que o professor, ao longo dos tempos, foi passando por um processo de descaracterização de seu ofício e, assim, com o aparecimento do fordismo e do taylorismo que estabeleceram a divisão do trabalho em linhas de produção, a docência foi perdendo seu papel de pensar, planejar e definir o Ensino; a ela foi relegado apenas uma parte: ministrar as aulas.

Nesse sentido, o autor enfatiza que o professor, ao perder dimensões importantes de sua atividade profissional, limitou-se à aplicação de fórmulas prontas que lhe chegam impostas, sem que lhe seja permitido a devida análise e preparo. Também por isso, muitas propostas educacionais e projetos de ensino não tiveram êxito no Brasil (MONTEIRO, 2006).

Diante esse contexto, é possível perceber o professor em crise com sua profissão. Atualmente, algumas pesquisas têm apontado para aquilo que tem sido chamado de crise de identidade docente (HARGREAVES; GOODSON, 1996; LASKY, 2005; BOLIVAR, 2006).

Os autores destacam que essa crise tem sido descrita como a contradição entre como o professor foi formado para atuar e as exigências que se faz em torno do seu trabalho. Assim, o professor tem buscado uma fórmula, uma receita que lhes permita ensinar de maneira adequada.

Contudo, como bem enfatiza Monteiro (2006), o professor é um profissional eminentemente intelectual e, portanto, negar a ele a oportunidade reflexiva é:

torná-lo alheio a si próprio, tendo em vista que sua função perde a significação. O professor não é um mero reprodutor de ideias ou informações, para isso já existem múltiplos recursos tecnológicos mais adequados e eficientes. O professor é o profissional que deve ensinar a refletir sobre as informações que a toda hora nos chegam, possibilitando que possam ser transformadas em

conhecimento. Assim sendo, um professor acrítico, alienado, reproduzidor de técnicas pré-estabelecidas é um professor sem significado social e profissional, portanto sem identidade (MONTEIRO, 2006, p.34).

Entretanto Monteiro (2006) enfatiza que o termo reflexão não pode constituir-se num jargão de efeito retórico para pesquisadores educacionais. É fundamental que a reflexão possa se estabelecer como meta e meio para a recuperação de dimensões da prática docente perdida em tempos de proletarização de sua profissão.

Portanto, o autor enfatiza o trabalho de Alarcão (2003), que propõe o método do triplo diálogo docente como meio desencadeador do processo reflexivo:

Nesse sentido, Alarcão (*opus cit.*) destaca a importância da existência de um triplo diálogo. Um diálogo do professor consigo mesmo, no sentido de se descobrir enquanto pessoa e como profissional. Tomar consciência de suas idéias quanto ao ensino, a aprendizagem, do que espera de seus alunos e do que acha que a sociedade espera deles. Enfim, (re)conhecer e/ou (re)descobrir suas concepções sobre o papel da educação e seu papel profissional, resgatando sua identidade pessoal. Outro diálogo importante é com os outros, incluindo os que antes de nós construíram conhecimentos que são referência. Nesse aspecto, temos a oportunidade de promover uma (re)socialização do professor, buscando construir uma identidade coletiva, na qual se defina uma identidade autônoma. Para tanto é preciso que o professor aprenda a ouvir, a falar e a negociar um consenso emergente do processo democrático e ético. O terceiro diálogo deve ocorrer entre os professores e a situação. A busca por soluções para as várias e diferentes situações que ocorrem no cotidiano da escola deve ser analisada num contexto de pesquisa. Assim, o professor não deve limitar-se a um diálogo meramente descritivo, acreditando que exista uma receita pronta para cada um dos problemas que vai detectar no contexto educacional. Deve buscar na pesquisa os dados que lhe permitam uma explicação detalhada e crítica da situação, facilitando o encontro da solução (MONTEIRO, 2006, p.36).

Assim sendo, adotamos essa metodologia de um triplo diálogo para que nossa reflexão sobre a prática pedagógica comumente adotada pudesse ser alterada e re-significada.

Além disso, após o processo reflexivo pelo qual passamos, servindo de metodologia para a formulação de nossa proposta de ensino, apresentamos a síntese de nosso trabalho a professores da área de Ciências da Natureza e de Matemática, para que estes opinassem sobre a viabilidade e o valor daquilo que propomos. Para tanto, elaboramos um questionário contendo nove questões estruturadas e fechadas, de múltipla escolha, e uma estruturada e aberta, na qual o professor era convidado a expor algo que não era abordado nas demais questões do questionário.

A apresentação da proposta, bem como a obtenção das respostas ao questionário aplicado, foram adquiridas através de um curso de dois dias (16 horas no total) a

professores da área de Ciências da Natureza e Matemática de escolas estaduais de uma cidade do interior de São Paulo.

O curso contou com 67 professores, com as seguintes características:

Tabela 1 – Caracterização dos professores que participaram do curso

Disciplinas	Número de professores
Física	12
Química	10
Matemática	25
Biologia	20

O questionário elaborado e aplicado, bem como o termo de autorização consentida, são apresentadas no apêndice X.

No capítulo seguinte, apresentaremos os dados obtidos, bem como sua análise.

4 RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

Iniciamos nosso trabalho reflexivo partindo do primeiro diálogo, que foi estabelecido comigo mesmo.

4.1 – O diálogo comigo mesmo

Iniciamos essa tarefa fazendo um rememoração das nossas experiências com o ensino, seja na condição de aluno, seja na condição de professor.

Parte dessas memórias já foram expostas na introdução deste trabalho. Enquanto aluno, nos maravilhávamos com a possibilidade de descobrir os segredos do universo a partir das atividades de laboratório.

Mesmo não contando com esses recursos, passamos pelo Ensino Fundamental sem grandes problemas, ainda que os conteúdos tratados em sala de aula não tivessem qualquer relação com nosso cotidiano. Entretanto, nutríamos a esperança de que todo esforço valeria a pena, pois chegaria a fase onde todas as nossas curiosidades seriam saciadas.

No Ensino Médio, por ser um curso técnico vinculado a uma Universidade, tivemos acesso a laboratórios bem aparelhados e isso nos motivou bastante.

Porém, mesmo depois de formados nesse curso técnico, decidimos nos dedicar ao estudo da Ciência, mais especificamente ao estudo da Física.

Ao cursar as disciplinas teóricas e experimentais, descobrimos que a Ciência não era bem como pensávamos. A ludicidade e o encantamento com a descoberta de Leis, Princípios, etc., não passava de uma árdua tarefa cheia de procedimentos a respeitar e um monte de cálculos a realizar, sem falar das tabelas, dos gráficos e dos relatórios.

Assim, mesmo tendo cursado disciplinas voltadas para fazer pedagógico, estávamos convencidos da eficácia da lógica cartesiana na construção do conhecimento. Portanto, do nosso ponto de vista, nosso papel como professores de Física era preparar os estudantes para a compreensão de conceitos científicos e a descrição matemática dos fenômenos.

Os exames vestibulares, de certa forma, confirmavam isso, pois era exatamente o que cobravam e, por conseguinte, estávamos certos de nossa missão. Ainda buscando nos firmar como profissionais competentes e motivadores, procurávamos ilustrar e contextualizar nossas aulas utilizando atividades de demonstração experimental, levando para a sala de aula equipamentos desenvolvidos por nossos professores da faculdade que ainda mantínhamos contato.

Contudo, ano após ano, os alunos pareciam cada vez mais desinteressados, menos envolvidos e pouco motivados para a aprendizagem. Diante disso, e convivendo com uma série de problemas próprios do ensino público, a qualidade da formação dos estudantes foi diminuindo cada vez mais.

Apesar de ouvirmos sobre os desafios de ensinar para a cidadania, para a criticidade, etc., não percebíamos que nosso ensino em nada contribuía para este objetivo. Ensinávamos comprometidos com aquilo que aprendemos e, dessa forma, procurávamos fazer o melhor. Porém isso não parecia mais ser suficiente.

Cursando o mestrado, passamos no desenvolvimento desse trabalho por um processo reflexivo, percebendo que nossa forma de ensinar precisaria passar por uma reestruturação, pois nossas *práxis* de sala de aula já não conseguiam mais atender as expectativas dos alunos.

Diante da leitura dos textos de Morin e das discussões com o orientador, sentíamos que toda aquela teoria era impossível de ser aplicada na disciplina de Física que contava com apenas duas aulas semanais.

Mas a cada leitura e/ou discussão com o orientador, uma janela se abria e algo parecia fazer sentido, apesar dos receios de que o que estávamos fazendo não iria dar certo.

Diante dessa crise, escolhemos acreditar e passar para a segunda fase do processo reflexivo: o diálogo com os outros.

4.2 – O diálogo com os outros

O diálogo com os outros começava com nossos alunos. Eles já não dialogavam conosco. As atividades realizadas em sala de aula não tinham uma sintonia. Eles não estavam envolvidos com as questões que eram expostas e nós não entendíamos o motivo pelo qual eles não se dedicavam ao estudo da maneira que nos dedicávamos quando éramos alunos.

Eles precisavam de algo mais que não sabíamos dar. O trabalho experimental em sala de aula motivava-os por algum tempo, mas após a realização da experimentação, quando retomávamos o trabalho de discutir os conteúdos observados, o desinteresse voltava.

Como não encontramos uma resposta em nossa interação com os alunos, nosso orientador nos aconselhou a buscar um diálogo com os outros professores. Nas reuniões,

não raro era possível notar a desolação na fisionomia de todos. Assim como nós mesmos, eles também não conseguiam mais envolver os estudantes. Alguns, conformados com a situação, já não mais se preocupavam e, portanto, já não assumiam compromissos em sequer cumprir o mínimo necessário à docência.

Segundo o orientador, era momento de dialogarmos com os referenciais teóricos. Foi quando conhecemos Edgar Morin. As primeiras leituras na qual o autor enfatizava que o pensamento cartesiano falhou não só em construir o conhecimento, mas em propor solução para os problemas da sociedade, causou-nos espanto. De fato, ele apresentava argumentos muito significativos, mas como fazer diferente? Abandonar todas as conquistas já conseguidas pelo pensamento cartesiano? Desenvolver outra maneira de produzir conhecimento? De que forma?

O autor, então, foi nos esclarecendo aspectos que, apesar de fazerem sentido, ainda não nos ajudavam a resolver nosso problema com relação ao Ensino de Física, principalmente quando pensávamos mais pragmaticamente.

Nessa condição, era momento, segundo o orientador, de dialogar concomitantemente com o problema, tentando encontrar respostas no referencial teórico para os problemas observados.

4.3 – O diálogo com o problema

Nosso problema, inicialmente, era desenvolver atividades e uma metodologia de ensino que pudesse tornar a Física mais significativa para os alunos.

Assim, primeiramente, buscamos no Currículo Oficial do Estado de São Paulo, os conteúdos que são indicados para serem desenvolvidos ao longo do primeiro ano do Ensino Médio, bem como os objetivos que devem ser alcançados por meio de seu desenvolvimento.

O Currículo Oficial prevê que no primeiro semestre seja desenvolvido com os alunos todo o conteúdo da mecânica, isto é o estudo dos movimentos, começando pela observação e depois passando para a sistematização dos movimentos do cotidiano, o conceito de quantidade de movimento e sua conservação, Leis de Newton, os conceitos de trabalho, de energia mecânica e sua conservação, e, por fim, equilíbrio estático e dinâmico. Para o segundo semestre, está previsto o estudo da interação gravitacional, o sistema solar, o universo, a interação Terra-Lua-Sol, o surgimento da vida, isto é, os conteúdos de Astronomia (SEE, 2010).

De acordo com documentos oficiais do Estado de São Paulo como o próprio Currículo Oficial e as Orientações Curriculares, esses conteúdos devem ser trabalhados de maneira que as competências e habilidades previstas nos PCN sejam desenvolvidas pelos alunos durante o Ensino Médio. Isso porque o principal objetivo da educação é, de acordo com esses documentos, fazer com que os jovens que terminam a educação básica estejam preparados para seu desenvolvimento e realização pessoal, sabendo, para isso, se expressar e se comunicar com a linguagem científica e fazer uso prático desses conhecimentos, podendo assim, se posicionar frente às questões gerais que lhes são colocadas pela sociedade pós-moderna (SEE, 2008).

Mas os grandes problema são: Como fazer isso? De que maneira desenvolver esses conteúdos para que esse objetivo seja alcançado?

Buscando responder a essas perguntas com base nos trabalhos desenvolvidos pela comunidade de pesquisadores de ensino de ciências, um dado nos chamou a atenção: autores como Sodré e Mattos (2013), Monteiro *et al* (2013), Thiesen (2008), Frigotto (2008) e Pombo (2005) afirmam a importância da interdisciplinaridade para a compreensão do que de fato é ciência e, portanto, para a formação de cidadãos com características esperadas pela sociedade. Assim, uma abordagem interdisciplinar seria essencial para a elaboração de uma proposta de ensino de Física que fosse relevante. Porém, o problema persistia. Como se pode trabalhar interdisciplinarmente? Como desenvolver uma metodologia interdisciplinar no ensino de Física?

Buscamos novamente responder a essa pergunta na comunidade de pesquisadores em ensino, e encontramos algumas respostas.

Sodré e Mattos (2013) propõem uma abordagem interdisciplinar para o problema da alimentação humana com o objetivo de possibilitar aos jovens a aquisição de uma série de conhecimentos essenciais para seu desenvolvimento pessoal. Para isso, os autores defendem uma abordagem que levasse em consideração três critérios: Ontológico, axiológico e epistemológico. Os critérios ontológico e axiológico têm relação com aspectos culturais, enquanto o critério epistemológico refere-se ao conhecimento científico. Por exemplo: ontologicamente, escolhemos como alimentos o que nossa cultura define como comestível. Axiologicamente, escolhemos determinados alimentos, pelo valor cultural dado a ele, e epistemologicamente, escolhemos um alimento por seus valores nutricionais. Os autores defendem que uma abordagem interdisciplinar deve levar em conta esses três critérios.

Para Monteiro *et al* (2013), a interdisciplinaridade ocorre quando, na busca pela solução de um problema geral, as fronteiras que separam as diferentes disciplinas são ignoradas e um diálogo mais rico é estabelecido entre as várias áreas do conhecimento. Os autores ainda ressaltam a importância de uma proposta curricular interdisciplinar que possibilite o desenvolvimento das dimensões procedimentais e atitudinais dos alunos. Como dimensões procedimentais, os autores se referem à capacidade desses alunos em aplicar de maneira prática o conhecimento construído ao longo do processo de ensino e aprendizagem. Como dimensões atitudinais, eles se referem ao desenvolvimento, por parte dos alunos, de valores e princípios éticos que devem moderar as suas relações sociais.

Monteiro *et al* (2013) reiteram que um poderoso recurso para a promoção de uma metodologia de ensino interdisciplinar objetivando o desenvolvimento de aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais é a atividade experimental. Isso porque, de acordo com os autores, durante essas atividades, existe a possibilidade de desenvolver:

habilidades e competências inerentes à experimentação, ao levantamento e teste de hipóteses, à construção de explicações, justificativas e argumentações, bem como o desenvolvimento de espírito de cooperação, respeito às ideias dos outros, trabalho em grupo, busca pelo consenso, etc. (MONTEIRO *et al*, 2013, p. 569)

Entretanto, para que esses objetivos sejam alcançados, não basta simplesmente se abordar experimentalmente os conteúdos propostos pelo Currículo Oficial. A metodologia adotada durante as aulas é essencial. Assim, Monteiro *et al* (2013) propõem uma atividade experimental que leva em consideração cinco categorias que, de acordo com os autores, são essenciais para a contextualização do Ensino de Ciências de forma a torná-la relevante. A primeira categoria tem que ver com o cotidiano dos alunos. Ela é importante não somente para motivar o aluno a construir seu próprio conhecimento, mas para, principalmente, muní-lo de conhecimentos que lhe sejam de fato úteis. A segunda categoria relaciona-se à necessidade de se contextualizar o conteúdo abordado com outras disciplinas por meio da interdisciplinaridade. A terceira relaciona-se à contextualização da Ciência, isto é, discutir os conceitos científicos envolvidos no problema estudado. A quarta se refere à contextualização pelo processo de mediação em sala de aula. Com relação a essa categoria, destaca-se a identificação dos diferentes sujeitos, meios e maneiras de mediação (livros, textos, experimentos, novas tecnologias, métodos, estratégias) organizando e selecionando conteúdos e métodos mais eficientes para resolução do problema proposto. A quinta categoria estabelece a necessidade de relacionar o problema proposto com aspectos históricos, sociais e culturais, com o objetivo de permitir ao aluno estabelecer as conexões entre os diferentes conceitos aprendidos.

Tanto Sodré e Mattos (2013) como Monteiro *et al* (2013) buscaram não uma metodologia de ensino, mas um pensamento que os ajudassem a preparar uma atividade experimental interdisciplinar que fosse de fato relevante para os alunos, dando a eles uma visão da totalidade e da interdependência entre as ciências para o entendimento da natureza.

A reflexão desses autores, a sua busca por um pensamento que organizasse o desenvolvimento de uma metodologia de ensino com vistas a totalidade e o complexo foi importante para um diálogo com o problema, uma vez que abriu possibilidades de bases para que um pensamento pudesse se aprimorar com vistas ao desenvolvimento de atividades.

Tendo isso mente, elaboramos uma sequência didática do conteúdo de Física a ser desenvolvido no primeiro ano do Ensino Médio. A elaboração dessa proposta, buscando desempenhar os sete saberes de Morin, levou a questionamentos e dúvidas que permitiram uma profunda reflexão sobre as práticas didáticas, as quais visam uma abordagem interdisciplinar.

4.4 – Apresentando as atividades desenvolvidas

Como dissemos, o Currículo Oficial do Estado de São Paulo prevê que se aborde, no primeiro semestre do curso de Física do primeiro ano do Ensino Médio, o estudo dos movimentos, a dinâmica e a estática, e que, no segundo semestre, trabalhe-se a astronomia. Embora as atividades propostas pelo currículo oficial sejam contextualizadas e tentem criar situações de aplicação desse conhecimento próximas ao cotidiano dos alunos, o que se percebe é a inexistência de uma melhor articulação entre os temas que se quer ensinar.

Ao final do curso, é natural que mesmo os melhores alunos não consigam relacionar, por exemplo, o conceito de força, quantidade de movimento e sua conservação, do primeiro semestre aos fenômenos astronômicos, abordados no segundo semestre. Percebemos, então, aquilo que Morin chama de fragmentação do conhecimento. Este fato impede o estudante de ter uma visão geral de um problema real, impossibilitando-o, assim, de resolvê-lo.

Tendo em vista a teoria do pensamento complexo de Morin, que nos fala da necessidade de uma visão geral de um problema, propomos iniciar o curso de Física no primeiro ano do Ensino Médio com uma pergunta relacionada à astronomia. Da mesma maneira que boa parte dos conhecimentos físicos desenvolvidos pelo ser humano se deve a

sua observação do céu, das estrelas e dos planetas, procuramos reconstruir esses conhecimentos usando o mesmo método descrito historicamente. Assim, a partir de um problema geral que será proposto no início do ano letivo, temos como objetivo integrar todo conteúdo de Física, propondo envolver os estudantes num processo investigativo.

Na próxima página, no esquema 1, apresentamos a estrutura da sequência didática proposta neste trabalho, a partir da pergunta central, assim como subperguntas simples que visam interligar e relacionar os conteúdos específicos entre si:

Esquema 1- Estrutura da sequência didática das atividades.

(Continua)

Esquema 1- Estrutura da sequência didática das atividades. (Continuação)

(Continua)

Esquema 1- Estrutura da sequência didática das atividades. (Continuação)

Esquema 1- Estrutura da sequência didática das atividades. (Conclusão).

Embora a principal finalidade de cada atividade proposta seja fornecer meios para que o aluno possa construir o conhecimento necessário afim de resolver um problema geral, cada atividade possui objetivos específicos, conforme explicitado nos planos de aula apresentados nos apêndices. Tais objetivos estão relacionados às competências e habilidades previstas nos PCN que devem ser desenvolvidas com o estudo daquele conteúdo e por meio daquela atividade específica. Nos planos, também estão disponíveis as estratégias de ação, o material que deverá ser utilizado e uma proposta de avaliação do conteúdo abordado, dos procedimentos e atitudes tomados pelos alunos.

Para atingir nosso objetivo, buscamos organizar conceitos e princípios temáticos a partir de uma abordagem interdisciplinar, na perspectiva de ampliar os horizontes de discussões dos estudantes. Mais do que simplesmente vislumbrar o desenvolvimento conceitual dos alunos, nossa meta foi atender os pressupostos dos sete saberes propostos por Morin com vistas ao desenvolvimento de um pensamento complexo por parte dos estudantes.

Mesmo que num primeiro momento essa interdisciplinaridade possa parecer estranha, pois só envolve a Física, buscamos estabelecer relações entre temáticas da própria Física que normalmente são abordadas desconexamente.

A seguir, apresentamos nossa análise de cada uma das atividades propostas explicando como cada uma delas deve ser desenvolvida para que os sete saberes de Morin possam ser contemplados com vistas ao desenvolvimento do pensamento complexo. Assim, longe de apontar uma receita de como se atingir essa meta, este trabalho busca oferecer elementos para que o professor possa se inspirar com vistas a construir atividades que levem ao desenvolvimento do pensamento complexo.

O Conceito e significado de Ciência – Atividades 1, 2, 3, 4 e 5 (veja apêndices A, B, C, D e E)

Com essas atividades, é possível proporcionar aos alunos a oportunidade de discutir e construir juntamente com o professor o conceito de Ciência, entendendo-a como uma construção humana, coletiva, e, portanto, passível de erro. Morin (2000) chama a atenção para isso no seu primeiro saber: o conhecimento. O autor enfatiza a necessidade de não apenas conhecermos, mas entendermos como esse conhecimento foi construído e quais suas limitações, trazendo em si mesmo a dimensão do erro, do não saber, da incerteza,

contrapondo uma visão estereotipada da Ciência com um saber pretensamente verdadeiro, exato. Essa discussão será a primeira de uma série de debates que serão desencadeados por uma pergunta geral que, além de contextualizar todo conteúdo de Física que está programado para ser abordado no primeiro ano do Ensino Médio, chamar a atenção para o modo de como todo o conhecimento construído na Mecânica está conectado entre si, afim de explicar fenômenos complexos envolvendo o funcionamento do universo. Partindo da ideia de Bachelard (1996) de que todo conhecimento é resposta a uma pergunta, idealizamos uma questão problematizadora, a partir da qual os alunos devem se debruçar: “Nós sabemos que a Terra se movimenta, o que aconteceria se ela parasse?” A resposta a essa pergunta não é simples e nem única. Apresenta diferentes vieses e, portanto, possibilita a abordagem não apenas de diferentes conceitos, mas, também, de como diferentes pontos de vistas foram propostos e discutidos ao longo da história da Ciência. É preciso destacar a importância de se avaliar com os estudantes que a Ciência não é uma obra de um único gênio que concebe a verdade e a enuncia na forma de Leis e Princípios. É fundamental, nessa oportunidade, chamar a atenção para o fato de a Ciência ser o resultado de múltiplas contribuições e que nenhum enunciado científico é construído sem as devidas análises, testes, discussões entre pares, bem como críticas e contribuições de outros cientistas. Além disso, tais atividades, abrem a possibilidade para o estabelecimento de um diálogo rico com os alunos no que diz respeito às diferenças entre o conhecimento científico e outras formas de produção de conhecimento, como é o caso das religiões, da Filosofia, da Arte, entre outras. Assim, vale destacar que, é fundamental, neste aspecto, chamar a atenção dos alunos para como nossas crenças influenciam decisivamente nossas ideias e concepção de mundo. Mesmo a Ciência, apesar de sua natureza fiel à tradição racionalista, também é influenciada por mitos, culturas, aspectos políticos, econômicos, sociais e até psicológicos dos cientistas (Kuhn, 2006). Essa possibilidade de integrar conteúdos, antes abordados de maneira estanque nos diferentes livros didáticos, pode ajudar o professor a desenvolver ao longo do ano letivo o segundo saber de Morin (2000): o Conhecimento Pertinente, uma vez que o professor tem a oportunidade de evidenciar para o aluno a pertinência do conhecimento construído, sem descaracterizá-lo, evitando limitar sua abordagens a situações que não dizem respeito aos problemas do dia-a-dia. O aluno, portanto, pode buscar relações da temática abordada com seu cotidiano, entendendo o objetivo do conhecimento científico: resolver problemas que enfrentamos em nossa existência.

Dessa forma, as discussões se iniciam pelas atividades 1 e 2 (apêndices A e B) que visam propor aos alunos a seguinte pergunta: “o que aconteceria se a Terra parasse?”. Essa pergunta parte do pressuposto que a Terra não está parada, logo se movimenta. Provavelmente os alunos trazem em si estes conceitos como verdadeiros, no qual questionamentos não são postos. Essa proposição foi construída ao longo dos tempos e envolveu um longo debate, com sérias divergências com repercussões sociais e culturais para o mundo. Como saber de onde se originou essa concepção? Existiam outras diferentes? Como essa concepção ganhou o *status* de verdade? A partir de que critérios podemos assumir que esse conhecimento é válido para construirmos outros conhecimentos?

A busca por respostas a essas perguntas serão a base para que os alunos construam uma definição para a Ciência, procurando diferenciá-la dos outros tipos de conhecimentos construídos pelo homem. Para que a discussão ocorra com certa ordem, e para que todos os que quiserem participar tenham essa oportunidade, o professor negociará algumas regras com os alunos, e elas nortearão os debates propostos nas aulas. Deste modo, não estamos mais dando apenas ênfase aos aspectos conceituais do currículo, mas também, aos aspectos atitudinais e procedimentais.

Com essa ação para disciplinar a participação de todos, temos como objetivo desenvolver o sétimo saber de Morin: a Antropoética. Acreditamos que esse saber poderá ser desenvolvido ao estabelecermos, juntamente com os alunos, limites, regras de convivência e uma reflexão sobre os direitos do outro de expressar seu ponto de vista e ter a possibilidade de respeitosamente criticar as ideias diferentes da sua. Nesse aspecto, é fundamental que os estudantes possam entender a necessidade de conviver com a diferença, mas não como uma atitude de tolerância que subjaz a ideia de ter que aceitar um mal necessário, mas como a descoberta da riqueza e das oportunidades ilimitadas que se abrem a todos quando outros pontos de vista são compartilhados conosco.

Nessa reflexão, é possível desenvolver também o quarto saber de Morin, a compreensão humana, uma vez que os alunos serão levados a se colocar no lugar do outro e procurar entendê-lo afim de que um consenso seja estabelecido e as regras sejam constituídas. Um dos grandes problemas humanos que enfrentamos na escola e na sociedade como um todo é a falta de compreensão humana. São múltiplos os exemplos de como a xenofobia tem causado crise e conflitos pelo mundo, ao longo da história e atualmente. Na escola, os reflexos dessa falta de compreensão se faz sentir; não raro nos

deparamos com conflitos graves, chegando muitas vezes à violência física e moral, entre alunos e professores.

Como destaca Chrispino (2007), o ensino na escola de práticas de negociação de conflitos são importantes, pois os alunos devem compreender que o conflito é toda opinião divergente ou maneira diferente de ver ou interpretar algum acontecimento. Se eles aprenderem na escola a mediar soluções ante os diferentes pontos de vista, e interpretar o conflito não como uma afronta pessoal, mas como um estímulo ao seu desenvolvimento pessoal por terem a oportunidade de enxergar aspectos que por vezes lhes passa despercebidos, podemos minimizar atos de violência tão comuns.

A questão do consenso é outro aspecto importante para a natureza da Ciência. Como destaca Kuhn (2006), quando duas teorias disputam o *status* de paradigma científico, não é a experimentação que resolve a questão, nem mesmo a sua capacidade de fazer previsões, mas acima de tudo, está a capacidade do cientista em convencer a comunidade científica de que sua teoria é melhor e deve ser utilizada como paradigma. Na História da Ciência, há fatos que evidenciam a existência de teorias que mesmo depois de serem descartadas e sua concorrente retomada, anos depois, num determinado momento histórico, seu autor foi capaz de construir argumentos que levou a comunidade científica a formar um consenso em torno da ideia. O avanço da Ciência não é linear: faz-se pelas diferentes opiniões, discussões, debates, controvérsias e negociações (PINHEIRO *et.al*, 2009).

Por isso, é fundamental que haja ética, respeito e liberdade de expressão para que o avanço das discussões possam se estabelecer em busca de uma verdade que, mesmo sendo utópica, move o aperfeiçoamento da condição humana.

Com as regras devidamente estabelecidas, o professor iniciará um debate a respeito do conceito de Ciência e o que a diferencia das outras formas de produção de conhecimento humano. O professor deve mediar essa discussão de tal forma que os alunos cheguem a um consenso e construam, juntamente com a turma, uma definição para todo o grupo. Não esperamos que eles cheguem a uma definição perfeita, exata, precisa, pois, de acordo com Morin (2000), o erro faz parte da construção do conhecimento. A intenção é que possam compreender o papel do conhecimento como forma de poder nas relações humanas e que a verdade é inatingível para qualquer forma de tradição cultural de produção de conhecimento.

Procurando problematizar um pouco a definição de Ciência elaborada pelos alunos, planejamos a leitura de dois textos. O Primeiro, intitulado “A explicação do Feiticeiro”,

cujo objetivo é mostrar que a explicação científica não é a única explicação existente para os fenômenos naturais. Existem teorias concorrentes que descrevem e até dão soluções para os problemas enfrentados pelo homem. Uma possível discussão que pode ser desencadeada com a leitura do texto é a diferença entre a teoria científica e a teoria do feiticeiro. Por meio dessa discussão intentamos levar os alunos a refletirem sobre o fato de que existem critérios muito bem estabelecidos pela comunidade científica para que uma explicação possa ser considerada científica e que embora esses critérios garantam certa plausibilidade a elas, não garantem que correspondam à realidade. O segundo texto, “Rotulagem como direito básico”, chama a atenção para o debate que existem em torno dos alimentos transgênicos. Eles são seguros para o consumo humano ou não? Acreditamos que com esse texto pode haver o desencadeamento de discussões em relação à uma ideia que muitas vezes prevalece em nossa sociedade de que a Ciência tem a resposta correta para todas as perguntas e que os cientistas são os oráculos responsáveis por preservar e divulgar verdades incontestáveis.

Espera-se que o professor possa problematizar nessa discussão a questão do erro como algo esperado e até necessário para a construção do conhecimento. Pode-se fazer isso também ao comparar a definição de Ciência construída pelos alunos com a definição mais elaborada presente no livro texto, nas discussões que deverão ser desencadeadas nesse processo e na leitura dos textos propostos. Como a explicação científica não pode ser considerada como uma verdade absoluta, ela carrega em si certa incerteza. Morin evidencia esse aspecto como o quinto saber necessário: a incerteza.

Com essa atividade (apêndice C), espera-se que os alunos possam propor a construção de modelos para explicar o mecanismo de funcionamento da “caixa preta”. Esse equipamento consiste em uma caixa lacrada com uma haste de metal que atravessa toda a sua extensão. Um dispositivo interno permite que ao empurrarmos uma das pontas da haste, a ponta da extremidade oposta entre na caixa ao invés de sair como se é esperado.

Os alunos poderão manusear a caixa, mas não podem em hipótese alguma abri-la. Depois disso, em grupos, devem discutir e criar um modelo que explique o funcionamento do dispositivo. Cada grupo deve defender o seu modelo perante a turma, que depois escolherá qual dos modelos apresentados seria àquele usado na caixa preta.

Provavelmente os alunos perguntarão se o modelo escolhido por eles corresponde ao dispositivo real usado na caixa preta, ou seja, se é verdadeiro ou não. Nesse ponto, o professor pode perguntar a eles se o modelo por eles proposto explica o fenômeno observado satisfatoriamente. Se a resposta for sim, pode-se solicitar a ele que construa

argumentos que levem os demais grupos a abandonarem seus modelos por entender que o argumento do colega é melhor. Contudo, o professor não deve mostrar o mecanismo utilizado na caixa para que os alunos não tenha certeza se o modelo que construiu corresponde ou não à verdade, para que, assim, entendam que a incerteza faz parte da natureza do conhecimento científico.

Nesse tipo de atividade, há a oportunidade para que o aluno use sua criatividade, sua imaginação. Há espaço, então, para a dimensão do lúdico, da arte, ao se procurar criar um modelo que justifique o funcionamento da caixa.

A exposição do modelo aos colegas é outro momento importante de socialização, onde mais uma vez a antropológica será exigida. A postura de respeito às ideias diferentes é importante. É possível ser crítico e, ao mesmo tempo, ser respeitoso e tolerante com as diferenças. Assim, acreditamos que não somente aspectos racionais dos alunos estejam sendo estimulados, mas também o aspecto *demens* de sua personalidade, aquele que, segundo Morin (2000), é essencial que seja incitada de maneira a que o aluno se identifique e se desenvolva plenamente como um ser humano.

Os alunos devem ser incentivados a fazer uso de suas habilidades naturais durante a produção do modelo e sua exposição. Eles devem ser levados pelo professor a refletir sobre os aspectos que fazem deles pessoas únicas, seres humanos originais que têm contribuições a fazer ao grupo e à turma, bem como à escola e à sociedade como um todo. Com esse tipo de reflexão esperamos desenvolver o terceiro saber de Morin (2000), a identidade humana. Nesse aspecto, busca-se a superação de visões sociais que descaracterizam o ser humano, impondo-lhe posições sociais que confundem sua identidade humana. Independentemente de sua posição social, pedreiro ou engenheiro, ambos são importantes na construção de casas. A opinião de um e de outro não deve ser rechaçada pelo simples papel social que cada um ocupa, pois ambos, investidos de suas experiências e saberes podem contribuir e, também, limitados pela incerteza de seus conhecimentos, precisar da ajuda do outro.

Ainda tratando do conceito de modelo, na atividade 4 (apêndice D) propomos que os alunos assistam a um documentário intitulado “Caos, o dia em que a Terra parou”. Esse documentário pode ser apresentado como um modelo criado por cientistas e jornalistas para descrever os possíveis efeitos que seriam notados se a Terra perdesse gradativamente o seu movimento de rotação e parasse. Os alunos devem ser estimulados a discutir as evidências que podem ou não sugerir que esse documentário seja um modelo científico. Seria muito interessante se o professor pedisse para que os alunos identificassem

informações sensacionalistas no documentário e com eles discutisse a importância do conhecimento como uma defesa contra as manipulações da mídia. Essa seria uma atividade que ajudaria aos alunos a desenvolverem a antropológica, sétimo saber de Morin (2000), pois teriam a oportunidade de pensar sobre a responsabilidade que vem junto com o conhecimento e a necessidade de divulgarmos esse conhecimento como uma maneira de impactar positivamente nossa comunidade.

Deve-se ainda discutir com os alunos o sensível equilíbrio natural que impera em nosso planeta. O documentário revela como o movimento de rotação da Terra está relacionado ao clima, à distribuição de oxigênio na superfície do planeta, nível do mar, às informações transmitidas por satélites, chuvas, o conceito de dia e noite, nosso relógio biológico e nosso conceito de sociedade. Assim a mudança de um único parâmetro pode alterar todas as estruturas naturais conhecidas. Com essas reflexões podemos ajudar no desenvolvimento de dois saberes de Morin (2000), o segundo saber, que é o Conhecimento Pertinente e o sexto saber, que é a Condição Planetária.

É importante notar que, nesse contexto, o conceito de movimento de rotação e de translação são discutidos, porém, não de uma maneira isolada e sem vínculo com a realidade, mas problematizados em situações que podem ser compreendidos pelos estudantes.

Outros fatores ainda devem ser levados em consideração ao pensarmos na criação de um modelo científico, como por exemplo, a que tipo de influências e pressões o cientista foi submetido ao criar um determinado modelo? Será que conceitos culturais, políticos e religiosos interferem no trabalho desse cientista, ou ele é movido unicamente pela razão? Pensando na relevância desse tipo de discussão para o desenvolvimento do pensamento complexo do aluno, propomos a atividade 5 (apêndice E). Nessa atividade os alunos serão estimulados a pensar em argumentos que justifiquem a afirmação de que a Terra é esférica. O debate deve ser estimulado com perguntas do tipo: Será que a Terra realmente é esférica? É ou não achatada nos polos? Como podemos comprovar seus argumentos? Na procura por essas respostas, uma pesquisa será solicitada pelo professor. Os alunos deverão buscar na história a evolução do modelo de formato da Terra ao longo dos séculos, e quais foram os fatores que influenciaram cada um dos cientistas pesquisados em relação aos modelos por eles propostos. Com essa atividade, podemos ajudar no desenvolvimento do primeiro saber de Morin, o Conhecimento, uma vez que os alunos deverão perceber que o que motivou a busca pela construção de modelos de formato da Terra diferentes foi a insatisfação gerada por modelos anteriores, pois eles não davam

conta dos questionamentos levantados. Outro saber de Morin que essa atividade pode ajudar a desenvolver é o segundo, isto é, o Conhecimento Pertinente, pois os alunos serão levados a perceber durante a discussão conduzida pelo professor que fatores culturais, políticos, econômicos e até religiosos podem interferir no trabalho de um cientista moderno da mesma maneira que interferia no trabalho dos cientistas ao longo da história. Dessa forma o conhecimento científico está intimamente ligado a outros tipos de conhecimentos, uma vez que o cientista que o desenvolveu estava sob a influência de outros fatores além da razão.

Medidas Indiretas – Atividades 6 e 7 (veja apêndices F e G)

Ao tratar de medidas indiretas nessas duas atividades, o professor deve estar atento ao fato de que o objetivo dessas atividades é auxiliar os alunos a desenvolverem o seu pensamento complexo e não simplesmente aprenderem a fazer cálculos usando semelhança de triângulos ou determinar o erro percentual. Desse modo, mais importante do que os resultados encontrados nas atividades propostas são as discussões que devem ser suscitadas por eles.

Na atividade 6 (apêndice F), o professor iniciará a aula estimulando os alunos a socializarem a atividade que foi proposta como tarefa na aula anterior, que consistia em pesquisar as dimensões da Terra e descobrir como essas dimensões foram medidas. Durante essa socialização, as regras que foram estipuladas nas primeiras aulas devem ser respeitadas, todos os alunos que quiserem participar devem ser ouvidos e suas opiniões e manifestações, consideradas. O professor deve se lembrar que a manutenção dessas regras de convivência são essenciais para o desenvolvimento do sétimo saber de Morin, a Antropoética. Provavelmente, ocorrerão conflitos e os alunos mais imaturos poderão ridicularizar as opiniões e observações de seus colegas. Esse tipo de situação, muito comum em nossas escolas, será a oportunidade perfeita para a intervenção do professor, que fará valer as opiniões emitidas provocando uma reflexão a respeito dos diferentes pontos de vista e como eles são importantes na busca do conhecimento. Por mais absurda que uma colocação possa parecer, ela pode desencadear um processo epistemológico significativo na mente de uma pessoa na busca por argumentos para refutar aquilo que foi dito. Tudo depende de como a questão será abordada pelo professor. Uma pergunta que recebe uma resposta seca e tácita pode impedir que a curiosidade se estabeleça e o

conhecimento pode deixar de evoluir. Porém, se uma questão, por mais simples que seja, for aproveitada para que o processo reflexivo se instale, então, uma oportunidade para que novas questões mais elaboradas surjam é bastante possível.

Durante esse processo, o indivíduo pode construir algo relevante não só para ele, mas para todas as pessoas que tiveram a oportunidade de ouvi-lo. De acordo com Morin (2000), é assim que se constrói o conhecimento, e quando os alunos têm a oportunidade de entender esse processo na prática durante a intervenção do professor, acreditamos que o primeiro saber de Morin, o Conhecimento, pode ser desenvolvido. Essa reflexão também permite que os alunos entendam a necessidade que existe em ouvirmos o que os outros têm a dizer e se colocarem no lugar do outro, procurando entender seus motivos. Assim, o professor pode estimular o desenvolvimento do quarto saber, a Compreensão Humana.

A Compreensão Humana é um saber que permite ao ser humano perceber a existência de outros pontos de vista para desenvolver o que Ferreira e Gallo (2010) chamam de meta ponto de vista. Olhar por diferentes ângulos a mesma situação permite uma apreensão da realidade muito mais significativa. Mas, para isso, é necessário ser capaz de perceber o mundo pelos olhos do outro, pelo ponto de vista do outro. Isso exige muita sensibilidade por parte do ser humano para perceber o outro: suas ideias, sentimentos, emoções, etc.

Durante a socialização, os conceitos de medir como o ato de comparar e unidades de medida como um padrão de comparação deve ser construído. O professor também deve fazer os alunos concluírem que nem sempre é possível fazer medidas diretas das grandezas que se quer medir, como o raio da Terra por exemplo. Daí a necessidade de se fazer medidas indiretas.

O método de Erastóstenes para a medida do comprimento da Terra deve ser alvo de estudo dos alunos e discutido em sala de aula, pois acreditamos que sua compreensão é importante para o desenvolvimento do segundo saber de Morin, o Conhecimento Pertinente, uma vez que este método faz uso de conhecimentos geográficos, históricos, matemáticos, astronômicos e uma boa capacidade de abstração (ou imaginação) para chegar ao comprimento da Terra. Mais importante do que os cálculos em si, a discussão apropriada desse método bem sucedido ajudará os alunos a compreenderem que, para a resolução de um problema real, faz-se necessário integrar diferentes tipos de conhecimento.

Com Erastóstenes, chegamos ao comprimento da Terra. O professor pode agora provocar os alunos fazendo-os propor uma maneira de, a partir dos dados disponíveis, chegar ao valor do raio da Terra. Durante essas socializações, o professor deve tomar

muito cuidado para que as regras de convivência e participação sejam cumpridas, pois a Antropoética, sétimo saber de Morin, está sendo desenvolvida a partir delas. Quando finalmente a turma chegar ao consenso de usar a equação matemática para o comprimento de uma circunferência para o cálculo do raio da Terra, um novo desafio deve ser lançado para os alunos: o valor de π . Para isso propomos uma atividade experimental, onde o desafio será a determinação do valor de π . Com essa atividade pode-se mais uma vez proporcionar condições para o desenvolvimento do primeiro saber de Morin, o Conhecimento, pois com essa atividade, os estudantes aprenderão a coletar dados (fazer medidas a partir de diferentes formas), construir tabelas, construir gráficos e, a partir dele achar a equação matemática que descreve o fenômeno observado. Além disso, os estudantes podem fazer tratamentos estatísticos dos dados e calcular o erro percentual do valor de π encontrado experimentalmente. A vivência e a discussão dessa atividade em sala de aula são essenciais para que os alunos compreendam o conceito de conhecimento.

É possível notar que os diferentes saberes que Morin propõe em sua Teoria do pensamento complexo se repetem nas diferentes atividades. Contudo, eles sempre se estabelecem num nível superior de exigência, contribuindo para, de fato, o desenvolvimento de um pensamento complexo possa se estabelecer.

Note que nessa atividade da determinação do valor de π , os alunos são levados a concluir que esse erro existe não por conta apenas da imprecisão do equipamento de medida, ou por sua falta de aptidão ao realizar as medidas propostas, mas porque ele é inerente ao conhecimento humano. Assim, retoma-se, num nível superior, a ideias de erro inerente ao conhecimento bem como a questão da incerteza, mesmo que haja métodos para minimizá-los.

Na atividade 7 (apêndice G), propomos que os alunos sejam envolvidos na construção de um teodolito. Nessa atividade, os alunos serão desafiados a construir um teodolito para realizar uma medida indireta de distância. Eles receberão para isso, um roteiro de montagem e os materiais necessários para essa construção. Para que o processo de montagem do equipamento também seja um momento de aprendizagem em que o pensamento complexo esteja sendo desenvolvido, o professor deverá negociar algumas regras de convivência no grupo, assim como apresentar de maneira clara os critérios de avaliação. O professor pode até combinar que essas regras sejam as mesmas válidas para as discussões em sala de aula, isto é, o respeito pelas opiniões e ideias dos outros será a norma.

Deve haver uma intervenção por parte do professor se essas regras de convivência não forem obedecidas. Portanto, os alunos podem, inclusive, discutir as penalizações que deverão ser aplicadas àqueles que não cumprem as regras estabelecidas. Nesse caso, há cada vez mais uma responsabilização dos alunos perante seus direitos e deveres em relação aos colegas e a si mesmos.

Deste modo, possibilita-se o desenvolvimento tanto da Antropoética, sétimo saber de Morin, como da Compreensão Humana, quarto saber. Com relação ao sistema de avaliação dos alunos durante o projeto desenvolvido, o professor pode estabelecer uma nota geral para o grupo, isto é, o que cada um fizer terá um impacto direto sobre a nota de todos os outros componentes. Espera-se, com isso, levar à reflexão de como nossas ações se refletem na vida de outras pessoas, e que não somos os únicos a sofrer as consequências por nossas boas ou más escolhas. Assim acreditamos proporcionar as condições necessárias para o desenvolvimento do sexto saber de Morin, a Condição Planetária, isto é, o entendimento de que tudo está interligado.

Mais uma vez, podemos notar o reaparecimento dos saberes de Morin trabalhados em atividades anteriores, só que agora, exigindo dos estudantes reflexões mais profundas.

O Estudo do Movimento – Atividades 8 até 17 (veja do apêndice H ao apêndice Q)

Dentro do contexto estabelecido pelo problema geral: “Nós sabemos que a Terra se movimenta. O que aconteceria se ela parasse?” existe a necessidade de construirmos o conceito de movimento. Acreditamos que as atividades aqui propostas podem contribuir para que esse conceito seja compreendido pelos alunos, entretanto nosso principal objetivo é bem maior que esse. Juntamente com o conhecimento técnico, esperamos que as discussões desencadeadas a partir dos experimentos e atividades propostas poderão ser relevantes para o desenvolvimento do pensamento complexo dos alunos, por possibilitarem oportunidades para concepção e evolução dos sete saberes de Morin.

Na atividade 8 (apêndice H), o professor procurará levar os alunos a uma reflexão a respeito do movimento e ao fato de que o movimento é relativo. O conceito de referencial deve ser devidamente compreendido, uma vez que ele definirá se um móvel está em movimento ou não. Acreditamos que essa reflexão pode ser feita por meio de uma aula expositiva e participativa, onde o professor procura conduzir uma discussão ao tema proposto enquanto instrui os alunos a respeito das definições essenciais para a compreensão da cinemática.

Para que os conceitos de movimento, referencial e rapidez sejam compreendidos, e um ambiente favorável ao desenvolvimento dos saberes de Morin seja criado, propomos uma atividade experimental. Nela, os alunos se dividirão em grupos para construir um gráfico de posição *versus* tempo do movimento de bolhas de água em uma mangueira com óleo de cozinha. Como discutido anteriormente, o professor deve estar atento às regras de convivência e deve intervir sempre que elas forem desrespeitadas, pois acreditamos que, dessa forma, os alunos poderão desenvolver a antropológica e a compreensão humana, dois dos saberes de Morin. Outro ponto importante, e que provavelmente muitos alunos terão dificuldade, será no momento de traçar a reta que define esse movimento, porque os pontos obtidos experimentalmente não estarão perfeitamente alinhados. Este será o momento para uma intervenção do professor, que deverá orientá-los a traçar uma reta média. Essa intervenção é importante, já que nela o professor discutirá novamente o conceito de erro e formas para minimizá-lo.

Nessa discussão, novamente, dois saberes de Morin podem ser contemplados: o primeiro saber, que trata do conceito de conhecimento, e o quinto saber, que envolve a incerteza que permeia todo enunciado científico. O professor precisa ressaltar que essa reta não descreve o movimento da bolha perfeitamente, mas descreve um comportamento médio, uma tendência que pode possibilitar uma previsão de sua posição futura. Entretanto, essa previsão carrega em si uma incerteza.

Nas atividades 9 e 10 (apêndices I e J), os alunos trabalharão com o conceito de velocidade média. Durante a sistematização do conceito de velocidade média, com o uso dos gráficos obtidos experimentalmente e na resolução de exercícios propostos pelo livro didático, o professor deve discutir com os alunos a maneira que o conhecimento científico é construído e como um paradigma é estabelecido. A importância da linguagem matemática como uma ferramenta para a compreensão dos fenômenos físicos deve ser reconhecida pelos alunos, assim como sua relevância como um critério para o estabelecimento de paradigmas.

Visando o desenvolvimento da compreensão humana e da antropológica, os alunos serão divididos em grupos para que, juntos, desenvolvam uma metodologia para a determinação da velocidade com que os automóveis trafegam nas proximidades da escola. Essa discussão será feita nos grupos, mas intervenções do professor serão importantes para que o objetivo seja alcançado em tempo adequado. Seria interessante uma discussão geral, de toda turma, para que fosse estabelecida uma metodologia mais eficiente para a coleta e análise dos dados. Essa discussão deve ser mediada pelo professor, o qual deve fazer valer

todas as regras de convivência e participação que foram estabelecidas no início do curso. Na fase de análise dos dados, quando os cálculos forem sendo realizados, o professor deve lembrar os alunos de que os resultados obtidos não são exatos. Há um erro que precisa ser considerado nessa análise. Uma pergunta que poderia ser feita aos alunos é: esse erro é significativo? Alteraria de maneira expressiva os resultados obtidos?

Depois que os dados foram coletados, e que a velocidade com que os automóveis se movimentam nas proximidades da escola foi determinada, o professor deve iniciar um debate em sala de aula sobre as leis de trânsito e a necessidade que temos, como cidadãos, de respeitá-las. Uma pergunta pertinente para o estabelecimento de uma discussão seria se os motoristas respeitam os limites de velocidade estabelecidos pelas autoridades da cidade nas ruas em que os dados foram coletados, e quais seriam os riscos de eventuais desrespeitos.

Mais uma vez tem-se a oportunidade de discutir com os estudante de como decisões tomadas por um única pessoa, no caso, um motorista, podem ter consequências enormes para toda uma comunidade. Deste modo, o motorista é responsável não somente por sua segurança, mas pela segurança de todas as pessoas que vivem, trabalham e trafegam nas imediações do trajeto que ele percorre. Esse tipo de discussão pode promover o desenvolvimento do sexto saber de Morin, a condição planetária e o sétimo saber, a antropoética. Espera-se que, aqui, um aprofundamento das discussões, já que se pode problematizar o fato de cada estudante pensar nas tomadas de decisão sócio responsáveis. Por isso, a partir de então, todas as discussões deveriam exigir dos estudantes pensar como o conhecimento nos compromete com ações que precisam ser conscientes, pois repercutem consequências para toda uma comunidade.

Neste aspecto, os alunos podem ser chamados a construir uma relação entre as regras que estabeleceram, bem como as penalizações que impuseram, com as que são postas pelas autoridades constituídas nas leis do código penal, discutindo o mérito delas e seu papel educativo.

O professor deve finalizar a discussão pedindo para que cada grupo elabore um relatório a respeito da atividade desenvolvida, respeitando os parâmetros que serão estabelecidos por ele. Especial atenção deve ser dada às suas orientações referentes à metodologia de coleta de dados e à conclusão. Isso porque será nessas duas seções que os alunos novamente poderão refletir a respeito de aspectos éticos discutidos em sala de aula e a relevância da atividade como um instrumento de formação do indivíduo. Acreditamos que, na construção coletiva desse relatório, os alunos terão a oportunidade de desfrutar de

um ambiente onde saberes como o conhecimento pertinente, a compreensão humana, a incerteza, a condição planetária e a antropoética podem ser desenvolvidos.

Nas atividades 11 e 12 (apêndices K e L), propomos trabalhar o conceito de movimento retilíneo uniforme como uma simplificação do movimento executado pela Terra em torno do Sol em pequenos trechos da trajetória. O professor deve explicar que, para que possamos compreender o movimento de nosso planeta, é necessário que conheçamos, em primeiro lugar, algumas definições importantes. Isso será feito na atividade 11, na qual o professor fará uso de equipamentos multimídia e do laboratório de informática da escola para acessar o tópico “Movimento Uniforme” do *software* “Física vivencial”. O professor deverá explicar como navegar pelo *software*, assistir juntamente com os alunos ao vídeo introdutório disponível, discutir as informações disponíveis no *link* “Teoria” e fazer as definições e explicações que julgar necessárias. A partir daí, o estudante deve executar as tarefas propostas no *software*. Seria importante que essa atividade fosse feita em grupo, para que houvesse a possibilidade do aluno exercitar o quarto saber de Morin: a compreensão humana ao interagir com o colega para o levantamento de informações que os ajudarão a completar a atividade proposta. Com relação à sistematização desse conteúdo, o professor precisa se lembrar de que mais importante do que o cálculo e si é a discussão que pode ser desencadeada com os resultados obtidos, pois o principal objetivo é o desenvolvimento do pensamento complexo do aluno.

A atividade 12 permitirá que os estudantes, novamente, sejam desafiados a desenvolver os saberes propostos por Morin: conhecimento, compreensão humana, incerteza, condição planetária e antropoética.

Para que ela seja desenvolvida, o professor dividirá a turma em grupos, que serão orientados a respeitarem as regras de convivência estabelecidas. Um roteiro experimental e os equipamentos necessários para a atividade serão disponibilizados pelo professor. Os alunos coletarão os dados referentes a dois móveis que se encontram no interior de uma mangueira transparente com óleo de cozinha, uma esfera de aço que percorre a mangueira em um sentido e uma bolha de ar que percorre a mangueira em sentido contrário. Eles farão um gráfico da posição *versus* tempo com duas retas, uma que represente o movimento da esfera de aço e outra que represente o movimento da bolha de ar. Como os deslocamentos são contrários, as duas retas se cruzam em determinado ponto, e a componente vertical desse ponto nos indicará a posição de encontro entre esses dois móveis. Os alunos deverão comparar esse resultado àquele que eles observaram

experimentalmente. A discussão desses resultados deve ser rica de interações intergrupos: pode-se perguntar aos alunos se o resultado teórico correspondeu exatamente à posição observada experimentalmente; se o resultado não foi exato, onde está o problema? O professor pode provocar os alunos especulando se o experimento deveria ser repetido, para que os valores teórico e experimental fossem iguais. Além disso, pode-se levar os alunos a refletirem sobre qual modelo ideal subjaz às equações utilizadas e que aspectos do equipamento utilizado não reproduz essas condições ideais. Assim, tem-se a oportunidade de os alunos produzirem argumentos não que expliquem os resultados, mas que evidenciem os limites do modelo adotado.

Buscando nos aproximar mais da realidade do movimento da Terra em torno do Sol, propomos o estudo do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado nas atividades 13, 14 e 15 (apêndices M, N e O). Um conceito novo deverá ser apresentado pelo professor, que é a aceleração. Nesse caso, propõe-se, então, um aperfeiçoamento do modelo adotado para descrever o movimento da Terra em torno do Sol.

Contextualizando o assunto com a pergunta geral (“Nós sabemos que a Terra se movimenta. O que aconteceria se ela parasse?”), o professor pode pedir para que os alunos analisem as ideias relacionadas às Leis de Kepler. Usando as imagens e informações contidas nesse capítulo, o professor deve chamar a atenção dos alunos para o fato de que a velocidade da Terra no afélio é diferente de sua velocidade no periélio, e que se a velocidade variou, quer dizer que o planeta está sob o efeito de uma aceleração.

O estudo detalhado do movimento acelerado pode ser feito por meio da abordagem do tema “queda livre”. Com os alunos munidos das informações disponíveis nesse capítulo, propomos que o professor faça um experimento demonstrativo, disponível na atividade 13, cujo objetivo é incentivar a participação dos alunos em um debate sobre os efeitos da aceleração gravitacional na velocidade de corpos em queda livre. Essa ação permite a integração de conteúdos comumente tratados de maneira desconexa, possibilitando o desenvolvimento do pensamento complexo.

No trabalho sobre o conceito de movimento retilíneo uniformemente variado, propomos a atividade 15. Com essa atividade, o professor pode proporcionar a oportunidade para que seus alunos desenvolvam seu pensamento complexo ao procurarem resolver uma situação problema, que envolve a determinação da aceleração gravitacional da superfície da Lua e da superfície da Terra, com o uso do *software Tracker*. O professor pode iniciar a atividade sugerindo uma discussão com a turma perguntando se, na opinião deles, o homem foi de fato à Lua, ou se tudo não passou de uma propaganda americana

durante a guerra fria. Essa discussão pode ser enriquecida com documentários, artigos de jornais, revistas e/ou dando a possibilidade para os alunos acessarem a *internet* para fundamentar seus argumentos. Esperamos que esse tipo de discussão em torno de um assunto um tanto polêmico seja mediado pelo professor de maneira que, como comentamos anteriormente, impere o respeito e a liberdade para que todos os que queiram manifestar sua opinião e apresentar seus argumentos de maneira organizada e democrática. Depois de terminado o debate, o professor pode pedir que a turma chegue a um consenso ou a uma definição clara das posições estabelecidas com os respectivos argumentos. Isso pode ser feito por meio da elaboração de um relatório em que os alunos apresentam os principais argumentos dos diferentes pontos de vista expostos. Com a construção desse relatório, o professor dará a oportunidade para que os alunos analisem os pontos de vista diversos aos seus, vejam a plausibilidade dos mesmos e negociem critérios para que um consenso seja estabelecido.

Um critério de definição de consenso pode ser o fato de que a medida de aceleração da gravidade na Lua não poderia ser diferente de algo em torno de $1,6\text{m/s}^2$. Assim, uma atividade a ser proposta é a de se estudar a queda livre de um corpo na Lua por meio de um *software* de análise de vídeo: o *Tracker*. Os recursos desse *software*, bem como as possibilidades de seu manuseio, devem ser apresentados para os alunos durante a aula. Somente então a situação problema deverá ser apresentada. O professor pode pedir que os alunos descubram por meio de uma pesquisa rápida na internet qual é a aceleração gravitacional na superfície da Lua e como esse valor foi encontrado. De posse desses dados, e com o vídeo *Rammer and feather*, disponível no *Youtube*, em que o astronauta David Scott abandona um martelo e uma pena de falcão de certa altura para comprovar que corpos de massa diferente chegam ao solo ao mesmo tempo se não houver resistência do ar, o professor deve propor que os alunos determinem a aceleração gravitacional da superfície da Lua a partir do vídeo, do programa *Tracker* e das equações matemáticas do movimento retilíneo uniformemente variado e de queda livre.

Essa atividade pode ser feita pelo professor em conjunto com os alunos, que devem ser estimulados a pensar nas informações relevantes, sendo estas obtidas através de pesquisas e utilizadas para resolver a situação problema. O professor deverá orientar e ajudar os alunos na elaboração de uma estratégia eficaz para o uso dos recursos disponíveis, a coleta de dados relevantes e escolha da equação matemática que será usada para o que o valor seja determinado. O resultado obtido deve ser comparado ao valor teórico pesquisado pelos alunos, e o professor pode pedir para que calculem o erro

percentual. Uma discussão em relação a esse resultado deve ser iniciada pelo professor. O erro era esperado? Por que o resultado experimental apresenta esse erro percentual? Quais seriam as prováveis fontes de erro? O professor pode também levantar uma questão referente à incerteza do valor teórico pesquisado pelos alunos: Será que esse valor corresponde exatamente à aceleração gravitacional da superfície da Lua? O professor pode comentar que existe uma incerteza em relação ao próprio conceito de campo gravitacional. Com essas reflexões, os alunos podem ser levados pelo professor a entender o porquê da afirmação que em Ciência não existem verdades absolutas.

Nas atividades 16 e 17 (apêndices P e Q), os alunos passarão a trabalhar com o conceito de movimento circular. O professor iniciará esse conteúdo mostrando, com uso de vídeos, que o movimento da Terra em torno do Sol não pode ser considerado um movimento retilíneo uniforme ou movimento retilíneo uniformemente variado, a menos que consideremos uma fração muito pequena de seu deslocamento. Portanto, para que os alunos possam construir um conhecimento que os auxilie no desenvolvimento de uma resposta mais satisfatória à pergunta geral proposta no início do ano, torna-se necessário que eles entendam um pouco melhor o tipo de movimento que a Terra executa em torno do Sol. O professor deve chamar a atenção dos alunos para o fato de que o movimento circular também corresponde a uma aproximação da realidade, uma vez que o movimento da Terra em torno do Sol é elíptico. Uma discussão a respeito de quão elíptica essa órbita é de fato está prevista na atividade 16. Tendo feito esta contextualização, o professor pode iniciar uma aula expositiva, porém participativa, a respeito da evolução do conceito de universo a partir do modelo geocêntrico de Aristóteles passando pelo modelo heliocêntrico de Copérnico até as leis de Kepler. O professor deve proporcionar aos alunos, durante essa aula, oportunidades para que eles reflitam sobre os motivos que levaram filósofos e cientistas a criarem e defenderem a suas concepções de universo, ainda que enfrentassem resistência e perigo de morte. A condenação de Giordano Bruno à fogueira, a luta de Galileu Galilei contra a igreja e as constantes controvérsias entre Tycho Brahe e Kepler podem ser apresentadas como exemplo de como fatores puramente humanos e subjetivos, como valores culturais e religiosos, podem interferir no trabalho e nas conclusões de um cientista. Aqui, o professor pode chamar a atenção dos alunos para natureza humana. O cientista, como qualquer ser humano, não age unicamente motivado pela razão. Existe outro aspecto de nossa personalidade que deve ser levado em conta. O professor pode apresentar aos alunos a um aspecto da personalidade humana que Morin chama de *demens*, isto é, o aspecto louco, desvairado, artístico, místico, próprio das emoções. A criatividade,

como resultado desse aspecto *demens* presente na personalidade dos filósofos e cientistas do passado deve ser destacada pelo professor, uma vez que foi por meio dessa característica, dessa capacidade de abstrair e criar, que possibilitou a esses homens o desenvolvimento de modelos científicos que serviram de base para o crescimento do conhecimento humano. Esse tipo de discussão pode proporcionar aos alunos a possibilidade do aprofundamento de discussões do terceiro saber de Morin, a identidade humana. Existe ainda a possibilidade de o professor discutir aspectos éticos durante a essa atividade. Reflexões que estimulem os alunos a pensar a respeito das injustiças do passado, e da necessidade do amplo direito de se emitir opiniões sem medo de sofrer represálias. Nesse caso, a antropológica pode ser discutida a partir do caráter histórico da abordagem do tema.

Para que o movimento circular possa ser compreendido, a atividade 16 prevê que o professor faça as definições técnicas pertinentes a esse tipo de movimento e lhes apresente as principais equações matemáticas que precisam ser compreendidas para que consigam desenvolver as atividades propostas. Como um exemplo, ao final dessa atividade, o professor pode pedir que, a partir de dados já encontrados ou pesquisados em atividades anteriores, calculem a aceleração centrípeta da Terra.

Na atividade 17, propomos uma aula experimental para discutir o conceito de movimento circular uniforme. Os alunos se dividirão em grupos, onde coletarão os dados pertinentes ao objetivo do experimento e, juntos, analisarão esses dados para que assim possam responder ao questionário presente no roteiro. O professor deve cuidar para que as regras de relacionamento e convivência sejam respeitadas, e garanta o direito de todos emitirem opinião e serem respeitados. O professor deve intervir e fazer com que os membros do grupo reflitam sobre suas ações sempre que observar que essas regras estejam sendo quebradas. O quarto saber de Morin, a compreensão humana, depende dessa postura por parte do professor. Quando a atividade experimental for encerrada, cabe ao professor discutir com os alunos os resultados obtidos, e as respostas dadas por cada grupo. O objetivo é fazer com que os alunos tenham uma nova oportunidade de refletir sobre a atividade, e da relevância da mesma como um instrumento de aprendizagem. Os alunos devem ser estimulados a discutir esses resultados e a emitir opinião a respeito dos comentários dos colegas, mas sempre obedecendo às regras e normas estabelecidas no início do ano letivo.

Estudo da dinâmica – Atividade 18 (veja apêndice R)

Para a contextualização do estudo da dinâmica, o professor pode sugerir uma discussão sobre as causas do movimento circular. Ele pode perguntar aos alunos o que, na opinião deles, faz com que os planetas permaneçam em órbita em torno do Sol e a Lua em torno da Terra. Para ilustrar as causas do movimento circular, o professor pode propor uma análise, por parte dos alunos, de um experimento demonstrativo simples que consiste em amarrar uma pedra a um barbante e fazê-la girar. O professor deve levar os alunos a concluir que os corpos só executam uma trajetória circular se houver uma força centrípeta atuando sobre ele. Nesse primeiro momento, a atividade desenvolvida visa dar a oportunidade para que os alunos reflitam e expressem sua opinião a respeito do fenômeno físico observado. Provavelmente opiniões diferentes serão emitidas, e cabe ao professor fazer com que todos os que queiram se manifestar o façam em um ambiente democrático e respeitoso.

Depois de entendida como essencial para a execução do movimento circular, os alunos devem ser levados a procurar definir o conceito de força. Para isso, o professor pode propor que os alunos assistam ao documentário do Fantástico “Assim na Terra como no céu”, disponível no *Youtube*, que discute a genialidade de Isaac Newton ao unir a Física de Galileu com a de Kepler para criar a Lei da Gravitação Universal. Na discussão posterior ao filme, que deve ser mediada pelo professor, os alunos devem ser levados a refletir sobre a construção do conhecimento humano. O professor pode chamar a atenção dos alunos para o fato de que Newton não construiu suas teorias a partir do nada, mas se apoiou em trabalhos escritos por cientistas que existiram antes dele. Como ilustração a essa conclusão, o professor pode pedir para que os alunos discutam o motivo que levou o autor a escolher esse título para o documentário. Eles devem ser levados a perceber que Newton foi o primeiro cientista a propor que a mesma força que faz com que os corpos caiam na superfície terrestre é responsável em manter os planetas em suas órbitas. Assim, acreditamos que os dois primeiros saberes de Morin, o conhecimento e o conhecimento pertinente, podem ser trabalhados visando o desenvolvimento do pensamento complexo.

Para que o conceito de força seja construído pelos alunos, o professor pode iniciar uma aula sobre as Leis de Newton. Essa aula deve ser contextualizada a partir de uma discussão sobre o efeito da força, não só no movimento circular, mas de outros tipos de movimentos. Para que os alunos possam desenvolver o pensamento complexo enquanto constroem o conceito de força, o professor precisa promover oportunidades de discussão a cada lei de

Newton apresentada. Nesse sentido, a atividade 18 prevê a discussão de um experimento mental proposto no livro didático para a apresentação da Lei da inércia, que relaciona a tendência de um corpo em manter seu movimento retilíneo uniforme por mais tempo a partir da diminuição da força de atrito. Aqui, os alunos devem ser levados a concluir que se a força de atrito for zero, e não houver a resistência do ar, o corpo tenderá a manter seu movimento retilíneo uniforme eternamente. Com relação à segunda lei de Newton, os alunos devem perceber a relação entre a aceleração de um corpo com a força que está sendo aplicada sobre ele. Isso poderá ser feito ao o professor discutir os resultados obtidos nos cálculos dos exercícios propostos. O professor deve ficar atento ao fato de que, mais importante do que os cálculos que estejam sendo feitos, são as discussões que devem ser promovidas a partir dos resultados obtidos. Para a discussão sobre a terceira lei de Newton, o professor deve pedir para que os alunos pesquisem na internet como é que um avião voa. Depois de os alunos apresentarem as explicações que encontraram, o professor deve lhes chamar a atenção para o fato de que a terceira lei de Newton é responsável pela explicação da origem da força que faz um avião levantar voo e que o mantém voando. Como a força que impulsiona a asa do avião para cima é uma força de reação à força centrípeta do ar que executa um movimento circular ao percorrer a sua parte superior, o professor terá a oportunidade de retomar o conceito de força centrípeta, que é essencial para o entendimento do movimento circular. Nesse ponto, ele pode sistematizar o conceito de força centrípeta e propor a resolução de exercícios.

Como discussão dos resultados obtidos, o professor pode chamar a atenção dos alunos para o fato de que a força centrípeta pode ser uma força de contato, como a força de atrito que faz o carro manter sua trajetória circular, ou pode ser uma força de ação à distância como aquela que mantém a Terra em sua órbita em torno do Sol, chamada de força gravitacional. Deste modo, propomos uma integração de vários conteúdos para a construção dos conhecimentos necessários para a determinação das causas do movimento circular. Essa integração deve ser destacada pelo professor aos alunos durante toda a atividade, pois, deste modo, eles poderão desenvolver a percepção de que todo conhecimento está conectado e que uma visão geral do assunto em questão é essencial para resolução de um problema. Acreditamos que essa metodologia pode auxiliar o professor no seu objetivo de desenvolver em seus alunos o pensamento complexo uma vez que o segundo saber de Morin, o conhecimento pertinente, estará sendo trabalhado.

Como uma forma de dar oportunidade para que os alunos discutam o conceito de força de atrito, cujos conceitos deverão ter sido debatidos pelo professor anteriormente, os

alunos farão uma atividade experimental que consiste em determinar o coeficiente de atrito estático entre dois blocos de madeira.

Depois que o conceito de força centrípeta como uma força de contato for entendido pelos alunos, o professor pode apresentar o conceito de força centrípeta como uma força de ação à distância. Para isso, ele pode apresentar um vídeo que mostre o movimento que a Terra executa em torno do Sol e pedir para que os alunos, a partir de tudo o que já foi discutido anteriormente, digam o que a mantém em sua trajetória. A ideia é leva-los a refletir sobre o papel da força centrípeta nessa trajetória.

No caso da Terra, essa força centrípeta foi denominada por Newton de força gravitacional. Depois de sistematizar matematicamente a força gravitacional, os alunos deverão resolver alguns exercícios, que tem como objetivo ajuda-los a se familiarizarem com a linguagem da Ciência, que é a matemática. O professor deve se esforçar em fornecer exercícios contextualizados e discutir os resultados obtidos, lembrando dos objetivos do ensino de Ciências no Ensino Médio.

Como uma maneira de encerrar o estudo desse conteúdo, o professor pode pedir para que os alunos formem grupos. Cada grupo deve escolher um planeta do sistema solar, incluindo o planeta anão Plutão, e fazer uma pesquisa sobre as características Físicas desse planeta, como sua constituição, atmosfera, temperatura média e órbita. Também deve ser pesquisado aspectos culturais relativos ao planeta escolhido, como na mitologia. Esse trabalho deve conter, também, o cálculo de seu período de revolução em torno do Sol, usando a terceira Lei de Kepler e a força de atração que o Sol exerce sobre ele. Deve-se preparar *slides* em *PowerPoint* para apresentação para aos demais colegas. Visamos, com essa atividade, dar oportunidade para que os alunos desenvolvam vários dos saberes de Morin simultaneamente, como:

- O segundo saber, o conhecimento pertinente, uma vez que farão uso de vários conteúdos para resolver o problema proposto;
- o quarto saber, a compreensão humana, pois irão trabalhar em equipe e devem superar suas diferenças para que o trabalho possa ser elaborado e apresentado;
- o quinto saber, a incerteza, pois os resultados obtidos serão valores aproximados a partir das regras de aproximação aprendidas anteriormente (o professor deve chamar a atenção dos alunos para o fato de que os algarismos que foram desconsiderados nesses cálculos não correspondem a valores tão insignificantes como possam parecer);

- o sexto saber, a condição planetária, pois todo o grupo será avaliado a partir das contribuições de cada indivíduo, e as atitudes de cada um se refletirão sobre todos;
- o sétimo saber, a antropológica, uma vez que os alunos serão orientados a respeitar os direitos dos colegas durante as apresentações.

Lançamentos Horizontal e Oblíquo – Atividade 19 (veja apêndice S)

O professor deve iniciar essa atividade lançando uma pergunta para os alunos: “Nós sabemos que o que mantém a Terra em seu movimento elíptico em torno do Sol é uma força centrípeta de ação à distância, denominada força gravitacional. Mas, se existe uma força de atração contínua sobre a Terra, o que a faz manter uma distância do Sol e não colidir com ele?” O professor pode dar acesso para que os alunos façam uma rápida pesquisa antes de responderem a essa questão. Depois que os alunos discutirem seus pontos de vista, o professor deve pedir que eles elaborem um relatório sobre a discussão e apresentem a conclusão a que chegaram. Num segundo momento, o professor deve entregar o texto “Lançamento de satélites” para que os alunos leiam em duplas e respondam ao questionário referente a ele. O professor deve proporcionar uma discussão a respeito das respostas dadas ao questionário proposto, uma vez que ele lança luz à pergunta feita no início da atividade, relativa à estabilidade do movimento da Terra em torno do Sol. Nesse ponto, o professor deve confrontar a conclusão dos alunos com as informações contidas no texto, e construir, juntamente com eles, uma nova conclusão, mais completa e adequada para explicar a estabilidade do movimento elítico da Terra em torno do Sol.

Para que os alunos possam ser levados a refletir sobre os conhecimentos até aqui construídos, o professor pode propor que eles pesquisem sobre o desenvolvimento da tecnologia brasileira no lançamento de satélites. Propomos que, antes disso, os alunos assistam a uma entrevista do Tenente Reinaldo Flores Coelho, do Instituto de Estudos Avançados da Aeronáutica, em que ele fala sobre os projetos brasileiros para lançamentos de satélites, entrevista esta que está disponível no *Youtube*. O professor pode iniciar, a partir dessa pesquisa, uma discussão ética sobre o desenvolvimento da tecnologia. Ele pode chamar a atenção dos alunos para o fato de que todo conhecimento relativo à astronomia desenvolvida pelo ser humano não serviu apenas para se descobrir os segredos relativos ao movimento dos planetas em torno do Sol, mas possibilitou o desenvolvimento da tecnologia que definiu o estilo de vida contemporâneo. Satélites foram lançados em órbita

em torno da Terra, e eles são responsáveis pela facilidade de comunicação que temos hoje, o que trouxe avanços para a própria Ciência. Entretanto, o professor pode perguntar aos alunos se essas conquistas tecnológicas possibilitadas por esse conhecimento científico foram somente benéficas à humanidade. Satélites espiões e mísseis intercontinentais são apenas alguns produtos derivados do avanço da ciência e da tecnologia nesse ramo do saber humano. O estudo sobre movimento de projéteis aperfeiçoou o estudo da balística, propiciando a evolução dos arsenais de guerra. Isso deverá levar à reflexão sobre o fato de que nem sempre os resultados científicos trazem benefícios para a sociedade e que o bem estar e a paz no mundo dependem fundamentalmente da capacidade humana de se compreender mutuamente. Nesse ponto da discussão, seria interessante aos alunos assistirem a uma entrevista com o físico americano Richard Feynman, um dos criadores das bombas atômicas que explodiram sobre Hiroshima e Nagasaki no fim da Segunda Guerra Mundial. Nessa entrevista ele conta visivelmente abalado, a alegria que sentiu quando essas cidades foram destruídas, pois a guerra finalmente havia acabado. Mas depois de certo tempo, quando ele estava em Nova Iorque, amedrontou-se ante a possibilidade real de seu país ser devastado pela arma que ele ajudou a construir.

O professor poderia perguntar aos alunos: A Segunda Guerra Mundial acabou depois do uso dessa arma, mas que preço o mundo pagou desde então? Esse foi um bom uso da Ciência e da Tecnologia? Quanto sofrimento, morte e insegurança essa arma trouxe para a humanidade?

Acreditamos que essa discussão seja relevante, por provocar uma reflexão por parte dos alunos acerca da responsabilidade que existe por trás da construção do conhecimento.

No momento seguinte, os alunos deverão se dividir em grupos para a construção de um foguete com garrafas PET, conforme o artigo que será disponibilizado para eles. A equipe cujo foguete tiver maior alcance depois do lançamento será a vencedora. Essa atividade dará a oportunidade para que os alunos criem estratégias para a construção e lançamento do foguete visando o maior alcance possível. O professor deve ficar atento ao trabalho dos grupos e intervir sempre que julgar que as regras de convivência estabelecidas no início do ano estejam sendo desrespeitadas.

A atividade também prevê que haja uma sistematização dos conceitos de lançamento horizontal e oblíquo, uma vez que em Física é necessário explicar os fenômenos observados matematicamente, pois assim será possível descrever e fazer previsões com relação ao movimento descrito pelo objeto lançado.

Trabalho, Energia e Conservação da Energia – Atividade 20 (veja apêndice T)

Ao abordar esse conteúdo, o professor terá a oportunidade de levar seus alunos a reflexões que vão muito além dos conceitos físicos livrescos associados ao tema. Para que os alunos relacionem o conceito de energia com a astronomia, o professor deve propor a leitura do texto “Os maiores desafios da astronomia moderna”, em que as autoras fazem uma estimativa numérica sobre os diferentes elementos que constituem o universo, e afirmam que cerca de setenta por cento do mesmo é formado por energia escura. Os alunos devem ser levados a discutir esses dados, e a considerar que essas informações, embora estejam em um artigo de divulgação científica, estão carregados de incertezas, uma vez que, como a próprias autoras ressaltam, os instrumentos que fariam as medidas que ajudariam os cientistas a comprovarem suas hipóteses não foram ainda enviados ao espaço. O professor pode também ressaltar que, embora faltem argumentos e citações que tornariam o artigo mais completo, a titulação acadêmica e as instituições das quais fazem parte as autoras dão certa credibilidade ao que foi publicado. Sendo assim, a informação de que o universo é formado basicamente de energia escura, torna o tema “energia” relevante para nossos estudos.

Mais uma vez, a incerteza volta ao debate, num outro nível de exigência, pois pode-se discutir o papel das hipóteses na construção do conhecimento científico.

Num segundo momento, o professor deve perguntar aos alunos a respeito da natureza da força de atração gravitacional entre o Sol e a Terra, assim como o que mantém os planetas girando em torno do Sol. Essas perguntas deverão ajuda-lo a introduzir os conceitos de energia potencial gravitacional e energia cinética, que constituem o conteúdo a ser abordado no primeiro ano do Ensino Médio. Ao falar sobre energia, surge a necessidade de se defini-la. Deste modo, o professor pode pedir que os alunos, pesquisando e debatendo construam, em conjunto, essa definição. Esta deve ser uma atividade rápida, uma vez que a definição usual deste conceito está presente tanto em livros didáticos, como em vários *sites* da internet.

A ideia é que os alunos percebam como o conceito de energia não nasce a partir da definição de algo concreto, mas como resultado de quantidades matemáticas que se mantém constante em diferentes fenômenos, como uma esfera que desce um plano inclinado, um pêndulo que oscila e um corpo em queda livre.

Assim, é importante que se faça a dedução da equação matemática que define trabalho, e se discuta o fato de que as equações que definem os conceitos físicos são construídas tendo em mente as relações diretas e indiretas dos elementos que a compõe.

Assim sendo, pode-se observar a conservação dessa quantidade em diferentes fenômenos como, por exemplo, os astronômicos e cosmológicos.

Conceitos como fontes e formas de energia existentes na natureza devem ser desenvolvidos durante essa discussão. Ao final do debate, o professor pode propor a seguinte questão: “Existe um clamor por parte das autoridades em favor da economia de energia. Se a energia total do universo é constante, qual a necessidade que temos de economizar?”

O professor deve mediar essa discussão e propor aos alunos que produzam um relatório que contenha a conclusão da turma. Como já discutido, esses momentos têm grande importância para o desenvolvimento do pensamento complexo dos alunos.

Depois de produzido o relatório, o professor pode discutir com os alunos a Lei da Entropia, que se refere à tendência natural da energia se tornar inutilizável, ou seja, de não realizar mais trabalho. Diante dessa tendência, a questão energética surge como um problema emergente e desestabilizador em nosso país, de modo que atitudes de economia e mudanças hábitos tornam-se essenciais para a manutenção de nosso estilo de vida.

Deste modo, os alunos devem ser estimulados a propor medidas realistas que podem ser tomadas tanto nas residências, empresas, como na escola visando à economia de energia. Os problemas hídricos no estado de São Paulo podem ser levados em conta, uma vez que a maior parte da energia elétrica brasileira é obtida em usinas hidrelétricas. Acreditamos que uma discussão como esta tem um grande potencial para o desenvolvimento do sexto saber de Morin, a condição planetária, pois os alunos poderão tomar consciência que seus hábitos poderão refletir sobre o destino de toda uma comunidade, já que tudo está conectado. Mais uma vez, os saberes relativos à antropoética, à condição interplanetária, à condição humana pode ser desenvolvida em sala de aula, pois uma discussão sobre o papel de cada um na tomada de atitude sócio-responsável é fundamental nos dias de hoje.

Impulso, Quantidade de movimento e Conservação da quantidade de movimento-
Atividade 21 (veja apêndice U)

Perguntas como: “De onde viemos?”, “Para onde vamos?”, “Como tudo começou?” são perguntas pertinentes, que intrigam os filósofos e cientistas ao longo de milênios. O professor pode iniciar a atividade com essas perguntas, tomando muito cuidado em respeitar as opiniões baseadas na religião e no senso comum dos alunos. Existe aqui uma oportunidade ímpar para uma nova discussão, sobre o conceito de Ciência e como essa maneira de interpretar o mundo se tornou tão valorizada pelo ser humano.

Para isso, o professor pode recordar o processo da construção do conhecimento científico ao fazer com que os alunos se lembrem, por exemplo, da evolução do conceito de universo desde Aristóteles e seu modelo Geocêntrico até a união da Física com a astronomia feita por Isaac Newton.

Discutida a relevância da Ciência como uma forma coerente de buscar respostas para as perguntas que afligem a humanidade, o professor deve entregar o texto “A expansão do universo” para que os alunos leiam em grupo para posterior discussão. O texto apresenta a Teoria do Big Bang como uma explicação para a origem do universo, assim como o conceito de quantidade de movimento e sua conservação para a explicação de sua expansão. Para nortear essa discussão de maneira que ela seja relevante para o entendimento contextualizado do conceito de quantidade de movimento, foi preparado um questionário que deve ser respondido e discutido pelos alunos. Esse questionário tem como objetivo chamar a atenção dos alunos para as informações mais relevantes do texto e, assim, prepará-los para as atividades que devem se seguir a ele.

Em um segundo momento, o professor pode perguntar aos alunos: “Como a Terra adquiriu sua energia cinética?” Leve em conta que a energia não pode ser criada e nem destruída. Os alunos devem ser levados a concluir que a energia cinética da Terra é decorrente da energia do Big Bang e que ela mantém sua velocidade por inércia.

O professor deve aproveitar a oportunidade e sistematizar o conceito de quantidade de movimento e sua conservação. Pode-se, para isso, deduzir o teorema do impulso, que relaciona essa grandeza com a variação da quantidade de movimento. A dedução dessa equação deve ser feita de maneira que os alunos percebam que todas as grandezas envolvidas são interdependentes, e que a variação do valor de uma das variáveis acarretará na mudança de outras.

Outra atividade que pode contribuir para o desenvolvimento do pensamento complexo dos alunos seria uma atividade experimental demonstrativa com o pêndulo de Newton. O professor pode pedir para que os alunos façam previsões e elaborem hipóteses a respeito do movimento do pêndulo, e, em seguida, testem essas hipóteses tentando encontrar

explicações para o que foi observado. Acreditamos que, ao discutir o conceito de conservação da quantidade de movimento dessa forma, o professor possa possibilitar que os alunos percebam, novamente, a importância do modelo, da hipóteses e da generalização, na construção das teorias científicas.

Atividade final: A construção de um modelo que descreva as consequências do fim do movimento de translação da Terra – Atividade 22 (veja apêndice V)

Depois de discutidos de maneira contextualizada os conteúdos de Física previstos para o primeiro ano do Ensino Médio pela Secretaria Estadual da Educação do Estado de São Paulo, os alunos terão a liberdade de criar um modelo que descreva as consequências do fim do movimento de rotação da Terra, usando, para isso, os conhecimentos científicos construídos ao longo do ano letivo, assim como as competências, habilidades e saberes de Morin desenvolvidos durante esse processo.

Para o desenvolvimento dessa última atividade, o professor deve propor que a turma se divida em grupos, ou pode sugerir que todos trabalhem em um único grupo na construção do modelo. O importante é que essa atividade seja coletiva, pois, desta forma, será possível que, sob a orientação do professor, estabeleçam-se discussões em que os alunos consigam, de maneira consciente, levantar e testar hipóteses além de desfrutarem de um ambiente democrático em que os direitos de expor suas ideias e criticar de maneira respeitosa as ideias dos outros sejam assegurados.

Essa atividade é dividida em três partes, sendo que a primeira é a elaboração do modelo, a segunda é a apresentação do modelo criado e a terceira consiste na discussão que deve ocorrer depois da apresentação. Acreditamos que o pensamento complexo dos alunos possa ser estimulado nessas três partes, uma vez que os saberes de Morin estarão sendo desenvolvidos em cada uma delas.

O primeiro saber, o conhecimento, poderá se desenvolver, uma vez que o professor chame a atenção dos alunos para o fato de que o processo da construção do modelo é semelhante ao processo de construção do conhecimento, ou seja, uma atividade humana onde o erro será inevitável. O professor deve ainda destacar que o erro, quando identificado, deverá servir de estímulo para a elaboração de conclusões mais sofisticadas que deem conta de situações mais gerais e complexas. Este saber poderá ser desenvolvido tanto na fase da construção do modelo quanto na discussão que deve ocorrer após a

apresentação, quando o professor pode propor situações mais gerais que o modelo não tenha previsto.

O segundo saber de Morin, o conhecimento pertinente, também poderá ser desenvolvido durante essa atividade, pois os alunos deverão integrar todo o conhecimento científico discutido durante o ano letivo na busca de um modelo que descreva as condições gerais da Terra se ela perder seu movimento de rotação. A interdependência desses conceitos poderá ser destacada pelo professor durante as discussões para a construção do modelo.

O terceiro saber de Morin, a identidade humana, poderá também ser desenvolvido uma vez que os alunos sejam levados a compreender que existem outros aspectos, além dos racionais, que devem ser considerados durante a construção de um modelo. O professor pode frisar durante as discussões que antecederão à construção do modelo, que o ser humano é muito mais do que um ser puramente racional. Ele possui habilidades artísticas relativas ao aspecto *demens* de sua personalidade que devem ser reconhecidas e valorizadas, pois são essenciais para o desenvolvimento da imaginação que é uma característica importante para interpretação da natureza.

O quarto saber, a compreensão humana, poderá ser desenvolvido durante a realização da atividade, uma vez que os alunos precisam chegar a um consenso para a criação do modelo proposto. Esse consenso só será alcançado se os alunos procurarem enxergar o mundo do ponto de vista do outro, de modo que as diferenças de opinião sejam respeitadas. Durante este exercício, a habilidade dos alunos em desenvolver um meta ponto de vista, a partir das ideias do outro, poderá ser trabalhada e sua importância para a construção do conhecimento, percebida.

O quinto saber de Morin, a incerteza, também poderá ser desenvolvido. Para que isso ocorra, o professor deve lembrar aos alunos que, se em todo o conhecimento humano é esperado o erro, então este conhecimento carrega certa incerteza. Para que os alunos tenham essa percepção, o professor deve recordar o experimento da caixa preta e relacioná-lo com a atividade que está sendo desenvolvida. Os alunos devem ser levados a concluir que o modelo criado por eles, por mais sofisticado e completo que possa parecer, deverá ser considerado apenas como uma hipótese, uma possibilidade diante de inúmeras outras que podem ser criadas.

O sexto saber de Morin, a condição planetária, poderá ser desenvolvida também, uma vez que os alunos, ao construir esse modelo, terão que levar em consideração o fato de que

os possíveis fenômenos relacionados ao fim da velocidade translação da Terra estão conectados, o que acarretará em uma reação em cadeia.

Esperamos também, durante o desenvolvimento dessa atividade, dar a oportunidade para que os alunos desenvolvam a antropológica, sétimo saber de Morin. Tal objetivo pode ser vislumbrado, pois os alunos, juntamente com o professor, deverão zelar pelo cumprimento das regras de participação e convivência elaboradas nos primeiros dias do ano letivo, uma vez que elas lhes garantem o direito de contribuir com suas ideias, comentários e críticas na construção do modelo científico pretendido. Esperamos também que, com a submissão a essas regras, os alunos possam se conscientizar não somente dos seus direitos, mas também dos seus deveres e das responsabilidades que vêm com a construção do conhecimento. O direito do outro em se expressar e contribuir para o desenvolvimento de um projeto qualquer também poderá ser reconhecido pelos alunos, pois as experiências adquiridas durante os trabalhos anteriores poderão demonstrar a relevância e importância da colaboração dos colegas na solução de um problema. A necessidade de ouvir e procurar entender o ponto de vista do outro pode, portanto, se tornar essencial para os alunos no desenvolvimento dessa atividade.

Buscamos, em cada uma das atividades dessa dissertação, construir uma proposta didática que leve em consideração o desenvolvimento dos sete saberes de Morin, tendo em vista a interdisciplinaridade, que é essencial para estimularmos o desenvolvimento do pensamento complexo dos alunos, principal objetivo desse trabalho.

A seguir, disponibilizamos uma tabela na qual se pode consultar quais saberes de Morin poderão ser desenvolvidos em cada uma das atividades propostas nessa dissertação.

Tabela 1 – Saberes de Morin que podem ser desenvolvidos com as atividades propostas.

Atividades	Saberes de Morin						
	1º Saber: O conhecimento	2º Saber: O conhecimento pertinente	3º Saber: A identidade humana	4º Saber: A compreensão humana	5º Saber: A incerteza	6º Saber: A condição planetária	7º Saber: A antropológica
Atividade 1: O que é Ciência	X	X	X	X	X	X	X
Atividade 2: O conceito de Ciência	X	X	X	X	X	X	X
Atividade 3: A construção de um modelo	X			X	X		
Atividade 4: O dia em que a Terra parou		X		X	X	X	X
Atividade 5: A esfericidade da Terra	X	X	X	X	X		
Atividade 6: O tamanho da Terra	X	X		X	X		X
Atividade 7: Medidas indiretas	X	X		X	X	X	X
Atividade 8: O conceito de movimento	X			X	X		X
Atividade 9: Velocidade média	X	X			X		X

(Continua)

Tabela 2 – Saberes de Morin que podem ser desenvolvidos com as atividades propostas. (Continuação)

Atividades	Saberes de Morin						
	1º Saber: O conhecimento	2º Saber: O conhecimento pertinente	3º Saber: A identidade humana	4º Saber: A compreensão humana	5º Saber: A incerteza	6º Saber: A condição planetária	7º Saber: A antropológica
Atividade 10: Fazendo Medidas e calculando a velocidade	X	X		X	X	X	X
Atividade 11: MRU	X			X	X		
Atividade 12: MRU Encontro de dois móveis	X			X	X	X	X
Atividade 13: MRUV e Queda livre		X		X			X
Atividade 14: MRUV e Queda livre	X	X			X		
Atividade 15: MRUV e <i>Tracker</i>	X			X	X		X
Atividade 16: Movimento Circular	X	X	X	X	X		X
Atividade 17: MCU Experimento	X				X		X

(Continua)

Tabela 2 – Saberes de Morin que podem ser desenvolvidos com as atividades propostas. (Conclusão).

Atividades	Saberes de Morin						
	1º Saber: O conhecimento	2º Saber: O conhecimento pertinente	3º Saber: A identidade humana	4º Saber: A compreensão humana	5º Saber: A incerteza	6º Saber: A condição planetária	7º Saber: A antropológica
Atividade 18: Força Centrípeta; Leis de Newton	X	X		X	X	X	X
Atividade 19: Lançamento horizontal e oblíquo	X	X	X	X	X	X	X
Atividade 20: Energia e sua conservação	X	X	X	X	X	X	X
Atividade 21: Quantidade de movimento e sua conservação	X	X	X	X	X	X	X
Atividade 22: Atividade final. Construção de um modelo	X	X	X	X	X	X	X

As atividades propostas nessa dissertação tiveram como objetivo o desenvolvimento do pensamento complexo dos alunos, que, de acordo com Morin (2000), pode ser alcançado por meio de um trabalho interdisciplinar, tendo como base os seus “sete saberes necessários para a educação do futuro”. Buscamos proporcionar oportunidades para que vários dos saberes de Morin possam ser desenvolvidos simultaneamente durante a execução das atividades, tendo em mente a sensibilidade do professor em proporcionar discussões e intervenções que favoreçam a retomada desses saberes em um nível mais elevado a cada atividade desenvolvida. Propomos, deste modo, uma abordagem em espiral ascendente, na qual, a cada aula, um ou vários dos saberes de Morin possam ser trabalhados, enquanto outros, consolidados.

Vale a pena destacar que as atividades propostas não são originais e nem necessitam de materiais dispendiosos ou recursos sofisticados para serem implantadas. São atividades interdisciplinares, pois não só relacionam conteúdos de Física, antes tratados de maneira estanque, mas abrem um diálogo com outras disciplinas “não científicas”, ao proporem questões e reflexões que levam em consideração a ética, a natureza humana, a construção do conhecimento humano na história, a arte, a incerteza que permeia tudo aquilo que foi construído pelo homem (inclusive a Ciência) e a compreensão humana como algo essencial para a construção do conhecimento. Acreditamos que o pensamento complexo pode ser desenvolvido a partir de uma metodologia que leve em consideração o geral, o completo, a integração de diversos pontos de vista. Isso se pode conseguir em discussões bem mediadas pelo professor, com regras estabelecidas em conjunto com seus alunos que terão a responsabilidade não somente de cumpri-las, mas de fiscalizar o seu cumprimento. Acreditamos que, desta forma, estaremos colocando nas mãos dos alunos ferramentas que poderão fazer deles protagonistas na construção de seu próprio conhecimento, e não meros ouvintes e repetidores de conclusões alheias, habilitando-os, deste modo, para o desenvolvimento de seu pensamento complexo.

Com isso, encerramos no terceiro diálogo e o segundo diálogo que estabelecemos conjuntamente: com o problema e com os outros.

A medida em que os diálogos foram sendo estabelecidos, pude perceber que, de fato, era possível atender as expectativas da proposta feita por Morin e demais pesquisadores da área de Ensino de Ciências.

Pudemos, inclusive, perceber que é possível estabelecer uma prática interdisciplinar no Ensino de Física, mesmo sem contar com ajuda de outros professores.

Percebi, enfim, que depois do longo processo reflexivo que realizei nos últimos dois anos, durante a realização do mestrado, pude perceber que hoje tenho um pensamento menos cartesiano e, por isso mesmo, em condições de enxergar a realidade de forma mais complexa.

4.5 – O questionário respondido por professores da área de Ciências da Natureza e Matemática

Após um curso de 16 horas de duração voltado para professores da área de Ciências da Natureza e Matemática de escolas públicas de uma cidade do interior de São Paulo, na qual foi apresentado a Teoria do Pensamento Complexo de Morin e as atividades idealizadas neste trabalho, aplicamos um questionário de avaliação (apêndice X) para que os docentes pudessem exprimir suas opiniões sobre nosso trabalho desenvolvido.

O questionário se consistiu em nove questões de múltipla escolha e uma pergunta aberta, espaço onde ele poderia apresentar mais amplamente suas ideias acerca da proposta desenvolvida.

Os resultados das nove questões de múltipla escolha são apresentados nos gráficos a seguir:

Gráfico 1 – respostas relativas à afirmação: “Eu estou inteiramente satisfeito com minha maneira de lecionar. Acho que ela atinge plenamente meus alunos”.

Fonte: Arquivo pessoal do autor

É possível notar que os dados evidenciam aquilo que autores, como (HARGREAVES; GOODSON, 1996; LASKY, 2005; BOLIVAR, 2006), enfatizam sobre

a crise de identidade docente. Mais da metade dos professores estão insatisfeitos com sua maneira de atuar em sala de aula.

Esse aspecto pode ser explicado pela crise de paradigmas entre o modelo de formação docente e as exigências que a escola atual e seus alunos fazem ao professor. Além disso, como destacam Schön (1997) e Monteiro (2006), o professor precisa resgatar a dimensão crítica, reflexiva de profissional intelectual para, de fato, ter condições de se tornar pesquisador da própria prática sendo capaz de questionar o ensino e as práticas pedagógicas tradicionais.

Gráfico 2 – respostas relativas à afirmação: “Já tinha ouvido falar de Edgar Morin e conhecia bem suas ideias”.

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Pelas respostas apresentadas, os professores mostram que desconhecem a teoria de Morin sobre o Pensamento Complexo. Esse resultado é coerente com as afirmações de Schön (1997) e Monteiro (2006) sobre as dificuldades que o professor encontra para resgatar a dimensão reflexiva e, portanto, intelectual de sua atividade, tendo em vista o fato dessa teoria não ser nova e constituir-se num referencial importante da didática.

Era de se esperar que um professor tivesse tido a oportunidade de ler tais obras para, assim, ter elementos de comparação de sua prática com novas concepções pedagógicas.

Gráfico 3 – respostas relativas à afirmação: “Na primeira parte do curso, quando foi apresentado a Teoria de Morin sobre o Pensamento Complexo eu achei possível de ser aplicado em sala de aula, levando em conta as condições específicas da disciplina que ministro e da escola onde leciono”.

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Esse resultado torna evidente o choque entre uma nova concepção de ensino e as posturas normalmente adotadas por professores de Ciências. Ante à falta de oportunidade de refletirem, estudarem, pesquisarem a própria prática, dialogando com seus pares e referenciais teóricos sobre os problemas que enfrentam, os professores se veem fechados às possibilidades. Não sabem como pensar o ensino de outra maneira senão da forma como estão acostumados.

Assim, qualquer proposta que aponte novos horizontes e exija diferentes posturas lhes parece impossível de ser aplicada. Esperam, muitas vezes, por uma receita, por um esquema para que possam se guiar.

Gráfico 4 – respostas relativas à afirmação “Na segunda parte do curso, onde nos foi apresentado as atividades levando em conta a Teoria de Morin sobre o Pensamento Complexo eu achei a proposta muito interessante e acho possível implementá-la em minha escola, levando em conta as especificidades da disciplina que leciono”.

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Apesar de responderem que achavam a teoria de Morin difícil de ser aplicada na prática, os professores demonstraram gostar da proposta apresentada. Isso, ao nosso ver, deve-se ao fato de que as atividades que apresentamos se configuraram como um exemplo que tornou possível a visualização de práticas em sala de aula.

Ao nosso ver, a grande maioria dos professores gostou das atividades de vídeos, experimentação, softwares, enfim, que relacionaram o conteúdo científico bem como os saberes propostos por Morin. Contudo, entendo que, mais importante do que as atividades em si, está a sensibilidade de dirigir as atividades de forma a promover o desencadeamento de discussões e reflexões que vão além do mero conteúdo.

É preciso que o professor tenha mais do que conhecimento científico para educar para a Ciência: é preciso que se tenha uma visão mais ampliada da natureza Ciência e do fazer científico; dos processos pelos quais ela é construída, de suas incertezas, do erro que lhes é inerente, das conexões de conhecimento que exigem um recorte epistemológico mais amplo, para facilitar o entendimento da realidade na qual se está inserido; da importância de se valorizar e se comprometer com a construção de uma antropoética; enfim, de compreender a natureza humana, entendendo a necessidade que os alunos têm de alimentar e cultivar seu lado *demens* e perceber que nossas ações influenciam mais do que imaginamos na vida de outras pessoas, resultando numa exigência de tomadas de atitudes sócio-responsáveis.

Pelas respostas, os professores, com seus pontos de vista e experiências, destacaram que as atividades que propomos são exequíveis no contexto de sala de aula.

Gráfico 5 – respostas relativas à afirmação: “Com a proposta apresentada, acho possível implementar ações interdisciplinares em minha escola.”

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Com essas respostas, os professores confirmam a resposta anterior: concordam com a afirmação de que as atividades que propusemos facilitam a implementação de práticas interdisciplinares.

Acredito que essa crença dos professores deveu-se ao fato de as propostas mostrarem que, mesmo numa disciplina normalmente tratada de maneira tão cartesiana, é possível uma abordagem para além da mera exposição de leis e resolução de equações.

Gráfico 6 – respostas relativas à afirmação: “Acho que minhas aulas seriam mais significativas para os alunos se adotasse essa abordagem proposta no ensino de minha disciplina”

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Os professores mostram que compreendem o fato de que os alunos atuais exigem mais do que apenas informações da escola.

Faz parte do dia-a-dia do professor ser cobrado por um ensino motivador, instigante, com relações com o cotidiano e que prepare para vida. Afinal, estes são pressupostos dos objetivos estabelecidos pelos PCN(s).

A grande dificuldade é o saber como fazer, como aplicar em condições reais de sala de aula metodologia inovadoras.

Gráfico 7 – respostas relativas à afirmação: “Acho que se adotasse essa proposta os alunos seriam prejudicados em termos de conteúdos de conhecimento específico”.

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Aqui, apesar da maioria dos professores entenderem que os conteúdos científicos são abordados de forma muito mais aprofundada quando uma visão interdisciplinar é adotada, evidencia-se a existência de uma crença ainda presa ao tradicionalismo.

Este resultado pode parecer estar em contradição com aquele que evidencia o fato de os professores julgarem que nossa proposta é mais adequada aos seus alunos, porém não está. Esse dado reflete o fato de muitos professores ainda entenderem que os alunos aprenderiam mais do jeito tradicional se estivessem prontos para se submeterem a esse método.

Gráfico 8 – respostas relativas à afirmação: “Acho que essa proposta poderia ser sensivelmente melhorada e, dessa forma, ser mais significativa para os alunos”.

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Os professores se dividem nessa resposta. A maioria discorda da afirmação e, portanto acredita que as atividades não precisam ser melhoradas. Contudo, é claro que uma discussão com outros pares, com outros pontos de vista, trariam aperfeiçoamentos importantes.

Gráfico 9 – respostas relativas à afirmação: “Acho que essa proposta poderia ser adequada para atingir os objetivos propostos pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo”.

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Os professores, com essas respostas, demonstraram que, de fato, gostaram das atividades propostas.

Entendemos esse resultado como positivo, pois evidencia que nossa proposta se mostra de fato exequível.

Com relação à questão aberta, poucos professores responderam. Dos sessenta e sete professores que participaram, apenas onze fizeram comentários. Destacamos aqui os comentários que julgamos serem aqueles que, de forma geral, resumem as principais ideias apresentadas:

Professora A

Eu gostei muito das atividades propostas. Como sou de professora de Biologia, acho vi algumas coisas que dava para trabalhar junto com a Física: no primeiro semestre, trabalhando a questão da energia e matéria e ecossistemas e populações, acho que poderia ver as condições da Terra relevantes para vida e como a intervenção humana gera o desequilíbrio ambiental. No segundo semestre, o tema é a saúde, aí se poderia ver como as tecnologias facilitam, mas também são problema para a saúde. Acho que daria certo.

Professor B

Eu dou aula de Física também e achei bem bacana a proposta. Melhor que os cadernos.

Professor C

Gostei das atividades, bem boladas. Hoje em dia, para atender os alunos a gente tem que ser criativo. O problema são os materiais que faltam na escola.

Professor D

Na disciplina que leciono, vejo total relação com a Física. Nessa proposta, vejo possibilidades grandes de trabalho em conjunto, interdisciplinar. A parte das coletas de dados que poderia ser na Física, o tratamento e apresentação gráfica poderia ser na Matemática.

Professor E

Gostei de ver a proposta. Bem detalhada, bem explicada. As atividades são interessantes e fáceis de fazer. Gostei da experiência da caixa preta, muito boa ideia.

Pelas falas dos professores nota-se que, de fato, muitos compreenderam nossa proposta como uma receita, uma indicação de como fazer. Isso é natural tendo em vista as dificuldades dos professores em encontrarem tempo para pensar sobre o ensino que lecionam, seus limites, possibilidades, bem como em referenciais teóricos que apontem novos horizontes formativos.

Em nossa perspectiva, entendemos que os professores precisam de oportunidades reflexivas, que possam ter maior contato com a Universidade e, nessa interação, usufruir da reflexão, os referenciais teóricos, das ideias inovadoras e contribuir com a experiência de sala de aula.

CONCLUSÃO

Iniciamos a elaboração desse trabalho buscando informações que nos ajudassem a tornar o ensino de Física relevante para os alunos do Ensino Médio. Encontramos na literatura especializada dezenas de propostas metodológicas para se trabalhar um conteúdo específico, usando, para isso, um experimento ou leitura e interpretação de textos. Achamos, porém, que faltava um pensamento organizador capaz de nortear propostas mais gerais e que nos auxiliasse na elaboração de metodologias próprias que privilegiassem mais do que o entendimento do conteúdo específico, mas que ajudassem na formação do aluno como um cidadão consciente e participativo em sua comunidade, objetivo este presente em documentos oficiais como os PCN e o Currículo Oficial do Estado de São Paulo. Alguns autores como Sodré e Mattos (2013) e Monteiro et al. (2013) procuraram identificar alguns critérios e dimensões que deveriam ser levados em conta na elaboração de atividades que visam um desenvolvimento mais geral dos alunos durante as aulas de Física. Notamos que, embora existam algumas diferenças nesses critérios tidos como relevantes pelos autores, o que há de comum entre eles, assim como nas propostas de ensino oficiais do Estado de São Paulo e nos PCN é a questão da interdisciplinaridade. Essa palavra se tornou comum nas publicações especializadas em ensino e seus autores a apresentam como uma possível maneira de tornar o ensino de ciências mais eficiente em nossas escolas. O problema, porém, consiste em como trabalhar interdisciplinarmente. Esse conceito não raras vezes é confundido por professores e autores, o que acarreta em prejuízos, tanto para a prática docente, quanto para o processo de aprendizagem dos alunos.

Buscando encontrar um pensamento organizador, que nos desse parâmetros seguros para o trabalho interdisciplinar, encontramos o teoria do pensamento complexo de Morin, que afirma que se pode atingir esse objetivo se preparamos aulas que levem em consideração o que ele chama de sete saberes necessários para a educação do futuro. De acordo com esse autor, se proporcionarmos oportunidades de discussões e debates em que esses saberes possam ser contemplados, estaremos trabalhando interdisciplinarmente.

Procuramos integrar o conteúdo de Física previsto para o primeiro ano do Ensino Médio a partir de uma pergunta geral, um problema difícil, em que a cada atividade desenvolvida uma pista seria dada para a elaboração de uma resposta. Nosso desafio a partir daí foi conceber essas atividades, de maneira que os alunos percebessem o fato de

que o conhecimento está interligado além de suscitar oportunidades para a reflexão dos alunos a respeito de si mesmos, de seu papel na comunidade e na importância do conhecimento para a solução de problemas.

Nesse ponto, nossas convicções pessoais sobre como a disciplina de Física poderia ser relevante para a formação do cidadão foram abaladas. Uma reflexão sobre a teoria do pensamento complexo de Morin nos fez olhar para a educação em ciências com outros olhos. A relevância da disciplina não estava na metodologia conteudista, excessivamente técnica e focada na resolução de problemas artificiais, voltadas para o vestibular, como acreditávamos. Os alunos não podiam mais ser levados a crer que a Ciência tem a resposta correta para todas as perguntas da humanidade, pois ela própria é uma criação humana e, portanto, susceptível ao erro. Passamos a entender que essa possibilidade de erro faz com que todo conhecimento humano carregue certa incerteza, e que esta está presente em todos os modelos científicos desenvolvidos, inclusive nos mais consagrados. Além disso, a incerteza deve, não apenas ser esperada, mas desejada, pois é por meio dela que a Ciência se desenvolve e abre possibilidades para novos estudos.

Essa humanização da Ciência abriu a possibilidade de resolver outro problema com o qual tínhamos nos deparado: como introduzir discussões de caráter filosófico, sociológico e ético nas aulas de Física? Como introduzirmos debates entre os alunos de maneira que eles pudessem compreender a sua condição de seres humanos mais plenamente? A resposta estava na própria definição de Ciência como uma construção humana.

Assim, aquilo que havia iniciado como uma busca por uma metodologia de ensino de Física, transformou-se em uma profunda reflexão sobre nossa própria prática docente. Ao analisarmos cada uma das atividades, buscando encontrar maneiras de procurar despertar o pensamento complexo dos alunos, tivemos a oportunidade de desenvolvermos o nosso próprio pensamento complexo, à medida que íamos conhecendo um pouco mais profundamente os sete saberes de Morin. Passamos a compreender que uma atividade interdisciplinar é muito mais do que uma união de disciplinas que trabalham de forma separada, em uma fração de um problema artificial considerado geral, com vistas à uma posterior integração, mas sim a integração do próprio conhecimento que nos leva primeiramente a reconhecer um problema e, depois, a buscar soluções que levem em consideração o todo.

Passamos também a entender que este objetivo só pode ser alcançado mediante ao trabalho coletivo, no qual as opiniões possam ser emitidas e criticadas num ambiente

democrático, e onde as pessoas reconheçam as características que as tornam plenamente humanas. Somente assim, a incerteza e o erro podem se tornar catalizadores de discussões relevantes que promovam a reflexão e a compreensão do caráter essencial de se ouvir opiniões diferentes para a posterior construção do conhecimento.

Assim, o ensino do conteúdo específico de Física passou a não ser para nós o objetivo final de nosso trabalho docente, mas uma ferramenta a serviço da educação para a formação de um cidadão crítico, participativo e consciente de que suas decisões locais poderão ter impacto global, uma vez que, de acordo com Morin (2000), tudo está conectado.

Acreditamos que, da mesma forma que este trabalho nos proporcionou a oportunidade de iniciarmos o desenvolvimento de nosso próprio pensamento complexo, proporcionará isso também aos alunos, pois a cada atividade o professor poderá levantar questões que favoreçam o entendimento de um ou vários dos saberes de maneira simultânea e em ordem de complexidade conceitual progressiva.

Dessa forma, o sucesso da metodologia não está nas atividades que propõem: depende da sensibilidade do professor em identificar em que nível os saberes de Morin foram desenvolvidos para que na atividade seguinte os mesmos sejam abordados em um grau de complexidade maior.

REFERÊNCIAS

- ALARCÃO, I. Professores reflexivos em uma escola reflexiva. Questões de nossa Época. 1^a. ed. São Paulo, Cortez, 2003.
- ÁVILA, Geraldo Severo de Souza. **Várias Faces da Matemática: tópicos para licenciatura e leitura geral**. 2. ed. - São Paulo: Blucher, 2011
- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, p. 7-37, 1996.
- BARROW, L. H. A brief history of inquiry: from Dewey to Standards. **Journal of Science Teacher Education**, v.17, p. 265-278, Springer 2006.
- BASTOS, João Renato et al. Pensando a corporeidade na prática pedagógica em educação Física à luz do pensamento complexo. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 18, n. 3, p. 263-272, 2004.
- BATISTA, Irinéa; SALVI, Rosana Figueiredo. Perspectiva pós-moderna e interdisciplinaridade educativa: pensamento complexo e reconciliação integrativa. **PERSPECTIVA**, v. 8, n. 2, 2006.
- BEHRENS, Marilda Aparecida; OLIARI, Anadir Luiza Thomé. A evolução dos paradigmas na educação: do pensamento científico tradicional a complexidade. **Revista Diálogo Educacional**, v. 7, n. 22, p. 53-66, 2007.
- BOLIVAR, A. **La identidad profesional del profesorado de secundaria: crisis y reconstrucción**. Málaga: Aljibe. 2006.
- BRASIL, INEP. Resultados preliminares PISA 2012. Disponível em http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2014/relatorio_nacional_PISA_2012_resultados_brasileiros.pdf. Acesso em 10 fev. 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o Ensino Médio: Ciências**, Brasília, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.
- BRASIL, Ministério da Educação e Cultura - Secretaria de Educação Básica. **PCN+ Ensino Médio**. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, Brasília, 2002.
- BRASÍLIA. Anuário Brasileiro da Educação Básica 2012. 160p. Disponível em <http://pnld.moderna.com.br/>. Acesso em 10 fev. 2014.
- CANALLE, João Batista Garcia. O problema do ensino da órbita da Terra. **Física na Escola**, v. 4, n. 2, p. 12-16, 2003.
- CARVALHO, A.M.P. Relato de experiência. Ciências no Ensino Fundamental. In: **Cadernos de Pesquisa**, n.101. São Paulo: Cortez, 1998.

CARVALHO, R. L.; SOUSA, F. A.; ABREU, C.C.; AMORIN, C.M.F.G.; ARAUJO, F.D.V. Física: O monstro dos pesadelos dos alunos do Ensino Médio. **Anais do EITEC**, v. 3, n. 2, 2014.

CHAVES, Mário. Complexidade e transdisciplinaridade: uma abordagem multidimensional do setor saúde. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 22, n. 1, p. 7-18, 1998.

CHRISPINO, A. Gestão do conflito escolar: da classificação dos conflitos aos modelos de mediação. **Ensaio: aval. pol. públ. Educ.**, v.15, n.54, p. 11-28, jan./mar. 2007.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.P. **Metodologia do ensino de Ciências**. 2 ed. São Paulo: Cortez, 1992.

ECHEVERRÍA, M.P.P. POZO, J.I. Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. Em: Pozo, J.I. (Ed.). **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: Artmed. 1998. P.13-42.

FERREIRA, Cláudio Lima; Gallo, Aroldo. Pensamento complexo: Reflexões sobre a vida contemporânea. **Complexus**, Ano 1, n. 1, p. 01-22, 2010.

FIEDLER-FERRARA, N; MATTOS, C. R. Seleção e organização de conteúdos escolares: recortes na pandisciplinaridade. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 8, 2002, São Paulo. **Atas**. São Paulo: SBF, 2002. Disponível em: <http://www.sbf1.if.usp.br/eventos/epef/viii>. Acesso em: 02 jun. 2015

FIORENTINI, D.; CRISTOVÃO, E. M.(Orgs.). **Histórias e investigações de/em aulas de Matemática**. Campinas: Alínea, 2006, p. 13-34.

FOUREZ, Gérard. Crise no ensino de ciências?(Crisis in science teaching?). **Investigações em ensino de ciências**, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.

FRACALANZA, H. O que sabemos sobre os livros didáticos para o ensino de Ciências no Brasil. 1993. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, UNICAMP, Campinas, 1993.

FRIGOTTO, G. A interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais. **Revista do Centro de Educação e Letras**, v.10, n.1, 2008.

GALIAZZI, Maria do Carmo et al. Objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GASPAR, A. **Museus e centros de ciências: conceituação e proposta de um referencial teórico**. São Paulo. (Tese de Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. 1994.

GASPAR, A.; MONTEIRO, IC.C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências** – V10, n. 2, p. 227-254, 2005.

GONCALVES, C.L; PIMENTA, S.G.Revendo o ensino de 2º grau: propondo a formação de professores. 2ed. São Paulo: Cortez, 1992.

GONÇALVES, C. L. e PIMENTA, S. G. Refletindo sobre os índices do SARESP. In: 23ª Reunião Anual da ANPED - Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Educação, Caxambu, v. 1. p. 1-15, 2002.

HARGREAVES, A.; GOODSON, I. **Teachers' professional lives: aspirations and actualities**. London: Falmer Press, 1996.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de Biologia**. 3ª ed. São Paulo: Habra, 1996.

KUHN, S. T. **A estrutura das revoluções científicas**. 9 ed. São Paulo: Perspectiva, 2006.

LABURÚ, C.E.; ARRUDA, S.M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no Ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, v.9,n.2,2003.

LASKY, S. A sociocultural approach to understanding teacher identity, agency and professional vulnerability in a context of secondary school reform. **Teaching and Teacher Education**, v. 21, p. 899-916, 2005.

LIMA, J.H.G.; SIQUEIRA, A.P.P.; COSTA, S. A utilização de aulas práticas no ensino de ciências: um desafio para os professores. In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO SUL CATARINENSE – SICT-Sul. 2. 2013. **Anais**.

MEDEIROS, A. MEDEIROS, C.F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Rev. Bras. Ensino Fís**, v.24 n. 2. Jun. 2002

MONTEIRO, M. A. A. **Interações dialógicas em aulas de ciências nas séries iniciais: um estudo do discurso do professor e as argumentações construídas pelos alunos**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência, Área de Concentração: Ensino de Ciências), UNESP, Campus de Bauru. 2002.

MONTEIRO, M.A.A. **Um estudo da autonomia docente no contexto do ensino de ciências nas séries iniciais do Ensino Fundamental**. 2006. 305 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2006.

MONTEIRO, M.A.A; MONTEIRO, I.C.C.; Programa ReAção: uma análise das contribuições de uma pesquisa colaborativa com professores para a melhoria do ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 1, 2010.

MONTEIRO, M.A.A; VAZ, E.L.S.; MONTEIRO, I.C.C.; CODARO, E.N.; ACCIARI, H.A. Determinação do teor alcoólico da cachaça: uma discussão sobre o conceito de tensão superficial em uma perspectiva interdisciplinar. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 29, n. 2, p. 229-245, ago. 2012.

MONTEIRO, M.A.A; VAZ, E.L.S.; SAMPAIO, M.M; CODARO, E.N.; ACCIARI, H.A. Determinação de sacarose no xarope artificial de groselha por medidas de viscosidade: uma abordagem interdisciplinar. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 30, n. 3, p. 566-578, dez. 2013.

MONTEIRO, M.A.A; MONTEIRO, I.C.C.; SILVA, L.F.; GASPAR, A. Avaliação de monitorias realizadas em um centro de ciências. **Ciência e Natura**, v. 36 n. 3 set-dez. 2014.

MOREIRA, M.A. **Teorias de aprendizagem**. Pedagógica e Universitária: Porto Alegre, 2009.

MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2007.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. Brasília: Cortez, 2000.

NARDI, R. (Org.). **Pesquisas em ensino de Física**. São Paulo: Escrituras, 1998

OLIVEIRA, M. P. P. **Física em Contextos**. São Paulo/BRA: Editora FTD, 2010. v. 1

PINHEIRO, N.A.M.; SILVEIRA, R.M.C.F.; BAZZO, W.A. O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque. **Revista Iberoamericana de Educación**, V.41, n.1, 2009.

POMBO, O. Interdisciplinaridade e integração de saberes. **Liinc em Revista**, v.1, n.1, 2005.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002.

ROCHA, S.M.M.; ALMEIDA, M.C.P. O processo de trabalho da enfermagem em saúde coletiva e a interdisciplinaridade. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, v.8, n6, 2000.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E, F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciênc. educ.** (Bauru) v.7, n.1, 2001.

SANTOS, Silvana Sidney Costa; HAMMERSCHMIDT, KSA. A complexidade ea religação de saberes interdisciplinares: contribuição do pensamento de Edgar Morin. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 65, n. 4, p. 561-565, 2012.

SCHÖN, D. Formar professores como profissionais reflexivos. In: Nóvoa, A. (org.) **Os professores e sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1997.

SERVA, Maurício; DIAS, Taisa; ALPERSTEDT, Graziela Dias. Paradigma da complexidade e teoria das organizações: uma reflexão epistemológica. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, v. 50, n. 3, p. 276-287, 2010.

SIQUEIRA, Luciana Gurgel Guida; WECHSLER, Solange M. Motivação para a aprendizagem escolar: possibilidade de medida. **Avaliação psicológica**, v. 5, n. 1, p. 21-31, 2006

SODRÉ, Fernanda Cavaliere Ribeiro; MATTOS, Cristiano Rodrigues. Complexificando o conhecimento cotidiano: incluindo a Física na problematização da alimentação. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 2, p. 53-79, 2013.

SUZUKI, A.T.; VASQUES, R.A. **Física** - São Paulo: CPB, 2011, v. 2

THIESEN, Juarez S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 39, p. 545, 2008.

TOMMASIELLO, M.G.C; CUNHA, M.O.; FRANZOL, S.D. A mediação pedagógica em aulas de Física do Ensino Médio: análise a partir de uma abordagem histórico-cultural. In

ENDIPE - ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICAS DE ENSINO - UNICAMP -16, 2012. Campinas

VINHA, Telma Pileggi. Resenha A motivação do aluno. 2009. Disponível em <file:///C:/Users/User/Downloads/949-1004-1-PB.pdf>, acesso 28 out 2015.

ZOMPERO, A.F.; LABURÚ, C.E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v.13, n.03, p.67-80, 2011.

APÊNDICE A – Atividade 1- O conceito de Ciência

ATIVIDADE 1 O CONCEITO DE CIÊNCIA	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: CIÊNCIA	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 2 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época. • Compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas. • Perceber o papel desempenhado pelo conhecimento físico no desenvolvimento da tecnologia e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da história. • Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas. • Perceber o papel desempenhado pelo conhecimento físico no desenvolvimento da tecnologia e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da história. • Reconhecer que, se de um lado a tecnologia melhora a qualidade de vida do homem, do outro ela pode trazer efeitos que precisam ser ponderados para um posicionamento responsável. 	
CONTEÚDOS:	
A Física: uma construção humana	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<p>1. Apresentação da questão norteadora do curso:</p> <p>"Nós sabemos que a Terra se movimenta. O que aconteceria se ela parasse?"</p> <p>Comentar que existem várias maneiras de se procurar responder a essa pergunta, e uma delas e uma delas é a ciência.</p> <p>Orientar os alunos a manter anotações no caderno das conclusões que eles e seus colegas chegaram durante a aula, pois estas notas servirão para posteriores atividades e avaliações.</p> <p>2. Iniciar um debate sobre a diferença do conhecimento científico e o conhecimento do senso comum com as seguintes questões:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O que é ciência? 2. Qual a diferença do conhecimento científico para o conhecimento do senso comum? 	

3. Somente o conhecimento científico é digno de crédito?
4. Para que serve a ciência?
5. O desenvolvimento científico é sempre benéfico para a humanidade?

Anotar no quadro as conclusões que os alunos chegaram e tentar fazer com que a turma chegue a um consenso.

3. Propor a leitura dos textos "A explicação do Feiticeiro" e "Rotulagem como direito básico".

4. Discutir os textos com os alunos usando para isso as "Questões para discussão". Deve-se incentivar os alunos a fazerem anotações de suas conclusões. Deve-se ainda, principalmente durante as discussões, procurar fazer a turma chegar a um consenso, ensinando-os a respeitar as opiniões dos colegas e a fazer concessões em relação às suas próprias opiniões.

5. Propor como tarefa a leitura do capítulo 1 do livro didático para responder as questões da página 19.

AVALIAÇÃO:

Em cada uma das aulas, cada aluno será avaliado a partir de três dimensões: A dimensão do conteúdo (com relação ao aprendizado dos conceitos e ideias), a dimensão do procedimento (com relação às ações dos alunos relacionadas às tarefas que foram propostas) e a dimensão das atitudes (com relação ao comportamento dos alunos em relação ao respeito que todos devemos ter ao colega, ao professor, à escola, etc.). Cada dimensão terá o mesmo peso na composição da nota final do aluno.

Avaliação do conteúdo

- Participação da discussão proposta na aula
- Notas de aula no caderno

Avaliação do procedimento

- Organização das notas de aula (não a cópia dos tópicos colocados no quadro pelo professor, mas um quadro sinóptico elaborado por ele próprio ou pelo grupo).

Avaliação de atitude

- Sua atitude com relação à atividade proposta. Respeito às opiniões de colegas.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

A explicação do Feiticeiro

Há muitos anos, uma tribo vivia no Colorado (EUA) e tinha sua economia baseada na caça de animais. Uma vez que esses animais são migratórios, os índios eram também nômades. Eles seguiam as migrações dos animais para o alto das montanhas e para os vales do Colorado. Eles preferiam preparar a carne da caça fervendo toda a carcaça num grande tacho. Contudo, eles tinham um problema: quando a carne era cozida nos vales, o processo tomava pouco tempo e a carne ficava macia, mas quando os animais eram abatidos e cozidos nas montanhas, a carne ficava rijá e o cozimento levava várias horas.

Um dia, enquanto esperava que a carne cozinhasse no alto de uma montanha, um grupo de guerreiros começou a pensar neste estranho fenômeno. Um feiticeiro, então, anunciou que tinha tido uma ideia: "Acho que são os maus espíritos que fazem a carne ficar dura.

Todos sabem que há mais maus espíritos nas montanhas que nas planícies". "Se são os maus espíritos que fazem a carne ficar dura, então vamos colocar uma tampa sobre o tacho. Isto afastará os maus espíritos e fará a carne ficar macia." Isto fazia sentido, e os índios tentaram. A carne cozinhou mais depressa e ficou mais macia, mas ainda não estava igual à carne preparada nos vales. Assim, concluíram que os espíritos deveriam ser delgados conseguiram entrar no tacho passado pelas frestas. Portanto, concluíram que deviam tampar qualquer fresta. Então, vedaram as frestas com barro e a carne ficou tão macia quanto quando cozida no vale.

Perguntas para discussão do texto: "A explicação do Feiticeiro"

1. Qual era o fenômeno (ou problema) observado pelos índios?
2. Qual foi a explicação dada pelo Feiticeiro e qual a solução apresentada por ele?
3. Conforme lemos, a solução proposta pelo Feiticeiro resolveu o problema. Desse modo podemos afirmar que a sua explicação estava correta?
4. Nossa sociedade aceitaria a explicação do Feiticeiro? Por quê?
5. Qual a diferença da explicação dada pelo Feiticeiro para uma explicação que poderia ser aceita por um cientista?

Rotulagem como direito básico

Ativistas do Greenpeace protestam em um supermercado contra a falta de rotulagem adequada nos produtos fabricados pelas empresas Bunge e Cargill. ©Greenpeace/Ivo Gonzalez

“É melhor prevenir do que remediar”. Esta expressão cai como uma luva quando falamos de liberação e consumo de transgênicos.

Consumimos hoje diversos alimentos com ingredientes à base de transgênicos, produzidos para matar insetos e resistir a agrotóxicos. Você deve achar que exaustivos testes foram feitos, e todas as pesquisas que apontam possíveis riscos foram levadas em consideração, para que transgênicos fossem liberados. No entanto, isso não acontece.

Não existe consenso na comunidade científica sobre a segurança dos transgênicos para a saúde humana e o meio ambiente. Testes de médio e longo prazo, em cobaias e em seres humanos, não são feitos, e geralmente são repudiados pelas empresas de transgênicos.

Neste contexto, o Greenpeace considera que a liberação de transgênicos é uma afronta ao princípio da precaução, e uma aposta de quem não tem compromisso com o futuro da agricultura, do meio ambiente, e do planeta.

Desde que os transgênicos chegaram clandestinamente ao Brasil, em 1997, o Greenpeace trabalhou para que o consumidor pudesse identificá-los e decidir se compraria ou não.

Em 2003, foi publicado o decreto de rotulagem (4680/2003), que obrigou empresas da área da alimentação, produtores, e quem mais trabalha com venda de alimentos, a identificarem, com um “T” preto, sobre um triângulo amarelo, o alimento com mais de 1% de matéria-prima transgênica.

A resistência das empresas foi muito grande, e muitas permanecem até hoje sem identificar a presença de transgênicos em seus produtos. O cenário começou a mudar somente após denúncia do Greenpeace, em 2005, de que as empresas Bunge e Cargill usavam transgênicos sem rotular, como determina a lei. O Ministério Público Federal investigou e a justiça determinou que as empresas rotulassem seus produtos, o que começou a ser feito em 2008.

A partir de 2007, parlamentares da bancada ruralista, impulsionados pela indústria da alimentação e empresas de transgênicos, propuseram projetos de lei que visam acabar com a rotulagem. O Greenpeace está de olho nestas iniciativas que visam bulir com nosso acesso à informação.

A rotulagem de produtos transgênicos é um direito básico dos consumidores. Todos nós temos o pleno direito de saber o que consumimos.

Fonte: http://www.greenpeace.org/brasil/pt/O-que-fazemos/Transgenicos/?gclid=Cj0KEQjw7r-rBRDE_dXtgLz9-e4BEiQATeKG7FUbV87dKHIYgz0NdDbcILChUfrYwNyqOWSZkJoc_mAaAipf8P8HAQ (Acesso em 04/06/2015)

Perguntas para discussão do texto " Rotulagem como um direito básico"

1. Os autores do texto afirmam que não existe um consenso por parte dos cientistas em relação à segurança do uso dos transgênicos na agricultura. O que isso nos revela sobre a crença de que a Ciência tem a resposta correta para todas as perguntas?
2. Você é a favor da rotulagem dos alimentos transgênicos identificando-os como tal? Por quê?
3. Se você, como cidadão, fosse consultado a respeito da proibição ou total liberação do uso dos transgênicos na agricultura, qual seria sua posição? Você possui conhecimentos suficientes para opinar a respeito desse assunto?
4. Essa discussão apresentada pelo texto é relevante? Quais as possíveis implicações de uma decisão errada?
5. Qual o valor do conhecimento?

APÊNDICE B – Atividade 2- O conceito de Ciência

ATIVIDADE 2 O CONCEITO DE CIÊNCIA	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: O CONCEITO DE CIÊNCIA	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS:
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época. • Compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas. • Perceber o papel desempenhado pelo conhecimento físico no desenvolvimento da tecnologia e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da história. • Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas. • Perceber o papel desempenhado pelo conhecimento físico no desenvolvimento da tecnologia e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da história. • Reconhecer que, se de um lado a tecnologia melhora a qualidade de vida do homem, do outro ela pode trazer efeitos que precisam ser ponderados para um posicionamento responsável. 	
CONTEÚDOS:	
A Física: uma construção humana	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Retomar as conclusões sobre a Ciência e sua importância discutidas na aula anterior. 2. Recolher o questionário deixado como tarefa na aula anterior. 3. Com o uso de equipamentos de multimídia iniciar uma aula expositiva sobre o capítulo 1 do livro didático, onde o conceito de Ciência e da construção do conhecimento científico é discutido. Essa aula servirá também como correção da tarefa. 4. Comparar a definição de ciência, de sua construção e importância com a definição que a turma fez na aula anterior, e, se necessário, provocar uma nova discussão para que a turma faça as alterações em suas conclusões anteriores. 5. Pedir para que os alunos formem grupos de quatro pessoas para a próxima aula. 	

AVALIAÇÃO:

Em cada uma das aulas, cada aluno será avaliado a partir de três dimensões: A dimensão do conteúdo (com relação ao aprendizado dos conceitos e ideias), a dimensão do procedimento (com relação às ações dos alunos relacionadas às tarefas que foram propostas) e a dimensão das atitudes (com relação ao comportamento dos alunos em relação ao respeito que todos devemos ter ao colega, ao professor, à escola, etc.). Cada dimensão terá o mesmo peso na composição da nota final do aluno.

Avaliação do conteúdo

- Participação da discussão proposta na aula
- Notas de aula no caderno

Avaliação do procedimento

- Organização das notas de aula

Avaliação de atitude

- Sua atitude com relação à atividade proposta. Respeito às opiniões de colegas.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

APÊNDICE C – Atividade 3- A Construção de um modelo

ATIVIDADE 3 – A CONSTRUÇÃO DE UM MODELO	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: MODELOS CIENTÍFICOS	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 2 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver modelos explicativos para sistemas tecnológicos e naturais. • Procurar e sistematizar informações relevantes para a compreensão da situação-problema. • Formular hipóteses e prever resultados. • Elaborar estratégias de enfrentamento das questões. • Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade. • Expressar-se oralmente com correção e clareza, usando a terminologia correta 	
CONTEÚDOS:	
Construção de um modelo científico	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar de maneira rápida e objetiva os principais tópicos da aula anterior, principalmente o conceito de modelo. 2. Propor a atividade da Caixa Preta conforme orientações do Roteiro de Experimentação. Essa atividade é bem conhecida e consiste em apresentar aos alunos uma caixa lacrada com uma haste de metal atravessando toda sua extensão. Um dispositivo interno permite que ao empurrarmos uma das pontas da haste, a ponta da extremidade oposta entre na caixa ao invés de sair como se é esperado. 3. Fornecer aos grupos folhas de cartolina ou acesso aos computadores da sala do Acesso Escola para a criação e exibição do modelo de funcionamento da caixa preta proposto pelo grupo. 4. Apresentação dos modelos propostos pelos alunos e escolha do melhor modelo 5. Discutir que a caixa preta não será aberta no final da atividade, para mostrar que a caixa preta da natureza não pode ser aberta para definir que modelo está certo e que modelo está errado. 	

6. Iniciar um debate com a turma usando as "Perguntas para discussão".
AVALIAÇÃO:
<p>Em cada uma das aulas, cada aluno será avaliado a partir de três dimensões: A dimensão do conteúdo (com relação ao aprendizado dos conceitos e ideias), a dimensão do procedimento (com relação às ações dos alunos relacionadas às tarefas que foram propostas) e a dimensão das atitudes (com relação ao comportamento dos alunos em relação ao respeito que todos devemos ter ao colega, ao professor, à escola, etc.). Cada dimensão terá o mesmo peso na composição da nota final do aluno.</p> <p>Avaliação do conteúdo:</p> <ul style="list-style-type: none">• Participação na discussão do grupo para a construção do modelo com ideias e sugestões• Participação na exposição do modelo para os demais grupos. <p>Avaliação do procedimento:</p> <ul style="list-style-type: none">• A organização do grupo ao na produção e exposição do modelo proposto. <p>Avaliação da atitude</p> <ul style="list-style-type: none">• Os alunos serão avaliados quanto a sua atitude com relação à atividade proposta, colegas e professor de acordo com o termo de compromisso firmado.
REFERÊNCIAS:
BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física . Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

Roteiro Experimental 1 - Caixa Preta

1. Observe atentamente o funcionamento da Caixa preta.
2. Manipule a Caixa Preta e tente entender seu funcionamento. Lembre-se que ela não pode ser aberta!
3. Com o auxílio de seus colegas de grupo, crie um modelo que explique o funcionamento dessa caixa. Mantenha segredo para que a ideia de seu grupo não seja copiada.
4. Faça um cartaz ou uma apresentação em PowerPoint do modelo criado pelo seu grupo. Atente para o tempo. Temos somente uma aula para essa atividade.
5. Apresente o modelo de seu grupo para os demais colegas.
6. Dentre todos os modelos apresentados, ajude a escolher aquele que melhor explica o funcionamento da caixa preta.

Perguntas para discussão

1. O modelo criado por seu grupo funcionaria se fosse construído? Ele explica o fenômeno do funcionamento da caixa?
2. Diante disso, podemos afirmar que o dispositivo interno da caixa é exatamente igual ao modelo proposto por seu grupo? Por quê?
3. Fazendo uma relação dessa atividade com a ciência, por que não foi permitido olhar o interior da caixa preta? O que isso nos revela sobre o trabalho de um cientista?
4. Por que podemos afirmar que a uma das características da ciência é a incerteza?
5. Essa incerteza na construção da Ciência pode ser considerada benéfica?

Proposta de construção de uma Caixa Preta

Montagem do equipamento

1. Material utilizado

- 2 réguas de 30 cm de madeira
- 1 caixa de madeira MDF 22x13x2,5 cm
- 1 Placa de MDF que se encaixe perfeitamente no interior da caixa (servirá de suporte para as cremalheiras e para a engrenagem)
- 1 haste de solda de latão 1/8" de 40 cm de comprimento
- 2 cremalheiras e 1 engrenagem retirados de uma impressora com defeito
- 8 parafusos de rosca soberba 3/32" 5 mm de comprimento
- 2 parafusos com porcas e arruelas 1/8 " 10 mm de comprimento
- 1 parafuso de rosca soberba 1/8" com duas arruelas com o diâmetro do eixo da engrenagem

Figura 1 – Material utilizado para a construção da Caixa Preta.

Fonte: Arquivo pessoal do autor

2. Montagem do equipamento

1. Usando uma régua, marque o centro do pedaço de MDF (que a partir de agora chamaremos de suporte) que será encaixado no interior da caixa. Será nesse ponto que depois fixaremos a engrenagem.
2. Serre as duas regas de madeira de modo que elas fiquem com o mesmo comprimento que o suporte. Essa régua será o trilho por onde as cremalheiras irão deslizar e girar a roldana.

Figura 2 – Base das cremalheiras

Fonte: Arquivo pessoal do autor

3. Usando o parafuso de rosca soberba de 1/8" como eixo e duas arruelas fixe a engrenagem no suporte e encaixe as cremalheiras como demonstra a foto abaixo. Essa montagem é essencial para marcarmos a posição que as régua deverão ser fixadas no suporte.

Figura 3 – Fixação das cremalheiras à base

Fonte: Arquivo pessoal do autor

4. Depois de marcadas as posições das régua no suporte, fixe-as usando em cada uma delas dois parafusos de 3/32" e 5 mm conforme a figura 2.

5. Serre a haste de solda ao meio. Entorte uma das extremidade de cada uma delas conforme a fotografia abaixo.

Figura 4 – Hastes da Caixa Preta

Fonte: Arquivo pessoal do autor

6. Com os parafusos 1/8", as porcas e arruelas parafuse essas hastes nas cremalheiras conforme as figuras abaixo

Figura 5 – União das hastes com as cremalheiras

Fonte: Arquivo pessoal do autor

7. Monte todo o sistema de engrenagem e cremalheiras no suporte e, com um esquadro, faça as medidas de altura das hastes para fazer as marcações dos furos nas laterais da caixa.

Figura 6 – Dispositivo interno da Caixa Preta

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Figura 7 – Medindo a altura da haste

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Figura 8 – Fazendo medidas para o furo da caixa

Fonte: Arquivo pessoal do autor

8. Com uma broca de 1/8" fure as laterais da caixa.

Figura 9 – Caixa Preta com as laterais furadas

Fonte: Arquivo pessoal do autor

9. Desmonte todo o sistema de engrenagens do suporte (com exceção da régua) e o encaixe no interior da caixa.

Figura 10 – Montagem da Caixa Preta

Fonte: Arquivo Pessoal do autor.

10. Monte as cremalheira como mostra a sequência de figuras abaixo:

Figura 11 – Montagem da Caixa Preta.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

11. Parafuse a engrenagem no centro do suporte, encaixando-a com os dentes das cremalheiras. Fixe os pedaços de régua que sobraram sobre o trilho que foi montado de modo a fazer com que o movimento da cremalheira se estabilize, conforme a figura abaixo:

Figura 12 – Caixa Preta pronta

Fonte: Arquivo pessoal do autor

12. Instale um dispositivo que mantenha a caixa trancada, de maneira que os alunos não a possam abrir.

13. A caixa preta está pronta

APÊNDICE D – Atividade 4- Modelos científicos

ATIVIDADE 4 – MODELOS CIENTÍFICOS	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: O DIA EM QUE A TERRA PAROU	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 2 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compreender e emitir juízos próprios sobre notícias com temas relativos à ciência e tecnologia, veiculadas pelas diferentes mídias, de forma analítica e crítica, posicionando-se com argumentação clara. • Acompanhar o noticiário relativo à ciência em jornais, revistas e notícias veiculadas pela mídia, identificando a questão em discussão e interpretando, com objetividade, seus significados e implicações para participar do que se passa à sua volta. 	
CONTEÚDOS:	
Introdução ao conceito de movimento	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Refazer a pergunta: "Nós sabemos que a Terra se movimenta. O que aconteceria se a Terra parasse?" 2. Rapidamente recordar as principais respostas dadas pela turma na aula 1, quando essa pergunta foi feita pela primeira vez. 3. Perguntar aos alunos: A Terra tem somente um tipo de movimento? 4. Relembrar aos alunos que a Terra possui um movimento de translação e rotação. 5. Dizer aos alunos que nessa aula iremos assistir a um documentário que descreve o destino da Terra caso ela perdesse gradativamente seu movimento de rotação. Este documentário está disponível em https://www.youtube.com/watch?v=B6Bdrxi0wA 6. Explicar que durante o documentário eles devem fazer anotações para responder as perguntas que constam no questionário. Este questionário tem o objetivo de manter os alunos atentos. 7. Depois de assistir ao documentário, discutir com eles os tópicos que eles acharam mais importantes e interessantes, e ajudá-los com suas dúvidas em relação às perguntas propostas. 	

8. Informar que as perguntas devem ser respondidas e entregues na próxima aula, e que o documentário está disponível no Youtube com o título: "Caos: O dia que a Terra parou" caso queiram assisti-lo novamente.

9. Iniciar com turma um debate, tendo como roteiro as "Perguntas para discussão".

AVALIAÇÃO:

Em cada uma das aulas, cada aluno será avaliado a partir de três dimensões: A dimensão do conteúdo (com relação ao aprendizado dos conceitos e ideias), a dimensão do procedimento (com relação às ações dos alunos relacionadas às tarefas que foram propostas) e a dimensão das atitudes (com relação ao comportamento dos alunos em relação ao respeito que todos devemos ter ao colega, ao professor, à escola, etc.). Cada dimensão terá o mesmo peso na composição da nota final do aluno.

Avaliação do conteúdo

- Participação da discussão proposta na aula
- Notas de aula no caderno
- Qualidade das respostas dadas ao questionário proposto

Avaliação do procedimento

- Organização das notas de aula
- Formatação e organização do questionário entregue

Avaliação de atitude

- Sua atitude com relação à atividade proposta. Respeito às opiniões de colegas. Concentração e comportamento durante a execução do documentário

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

Questionário para ser respondido durante o documentário

1. De acordo com o documentário, por que a Terra tem um movimento de rotação?
2. Embora imperceptível, qual seria a primeira consequência da diminuição da velocidade de rotação da Terra?
3. Qual seria a consequência da diminuição da velocidade da Terra para:
 - a) os oceanos
 - b) a atmosfera
 - c) o clima
 - d) a geologia
 - e) as plantas e animais
 - f) a humanidade

Perguntas para discussão

1. O documentário conseguiu responder as perguntas que ele mesmo se propôs a responder? Os argumentos apresentados são consistentes? Dê exemplos.
2. Isso quer dizer que se a Terra perdesse gradativamente seu movimento de rotação, os eventos seriam exatamente aqueles previstos pelo documentário? Justifique.
3. Você notou um tom sensacionalista em algumas partes do documentário? Cite-as. O que isso nos diz sobre acreditarmos em tudo o que é vinculado nos meios de comunicação?
4. Podemos afirmar que esse documentário é um modelo científico? Por quê?
5. Como os eventos descritos no documentário estão relacionados? O que isso revela sobre a natureza?
6. Diante dessa relação qual o nosso papel como cidadãos? Qual a nossa responsabilidade para com nosso planeta? E para com o outro?

APÊNDICE E – Atividade 5- A esfericidade da Terra

ATIVIDADE 5 A ESFERICIDADE DA TERRA	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: A ESFERICIDADE DA TERRA	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 4 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Argumentar claramente sobre seus pontos de vista, apresentando razões e justificativas claras e consistentes, • Compreender e emitir juízos próprios sobre notícias com temas relativos à ciência e tecnologia, veiculadas pelas diferentes mídias, de forma analítica e crítica, posicionando-se com argumentação clara. • Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época. 	
CONTEÚDOS:	
O formato da Terra	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<p style="text-align: center;">Atividade 1</p> <p>1. Relembrar aos alunos a questão norteadora do curso: "Nós sabemos que a Terra se movimenta. O que aconteceria se a Terra parasse?" Dizer que todas as atividades desenvolvidas durante o curso tem como objetivo final responder a essa pergunta de maneira completa.</p> <p>O documentário da aula anterior se baseou em alguns pressupostos. O principal deles é que a Terra é esférica. Será que isso é verdade?</p> <p>2. Perguntar aos alunos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Qual é o formato da Terra? 2. Que argumentos você usaria para confirmar sua resposta? <p>Ouvir suas resposta e argumentos, escrever essas respostas no quadro e pedir para que eles as copiem em seus cadernos.</p> <p>3. Dizer aos alunos que nem sempre vídeos, fotos e mesmo a palavra de cientistas e professores podem ser considerados como verdade. Lembrar que de acordo com o que foi discutido em aulas anteriores, em ciência, não existem verdades absolutas.</p> <p>4. Entregar o questionário em anexo para os alunos, e orientá-los a formarem duplas para</p>	

responder a esse questionário na sala do "Acessa Escola" com o uso da internet.

5. Na aula seguinte discutir as respostas dadas às perguntas do questionário e compará-las com as respostas dadas anteriormente à pesquisa feitas por eles. Chamar a atenção dos alunos para a evolução do modelo do formato da Terra ao longo dos séculos. Discutir o fato de que os antigos modelos foram criados com base não somente da observação e do uso da razão, mas sob a influência de valores culturais e religiosos. Perguntar aos alunos se eles acham que nos dias de hoje essas e outras influências podem ser significativas para a criação de um modelo científico.

6. Apresentar os argumentos de Aristóteles para a esfericidade da Terra como uso de equipamento multimídia. É importante que sejam usadas imagens e vídeos para ilustrar esses argumentos.

Aristóteles (384, 322 AC) já dizia que a Terra era esférica, e usava três argumentos para comprovar sua ideia.

- Quem viaja para o norte, observa que as estrelas vão ficando mais altas. Quem viaja para o sul percebe que as estrelas vão ficando mais baixas.
- O desaparecimento de navios na linha do horizonte. A medida que se afastam vão desaparecendo progressivamente, primeiro o casco depois a vela. Há um vídeo que representa esse fenômeno em <https://www.youtube.com/watch?v=dV0h68YU0iQ>
- A sombra projetada pela Terra na Lua durante um eclipse desse satélite. A sombra é circular.

7. Deixar como tarefa: Pesquise e responda:

1. Qual o comprimento da Terra?
2. Como essa medida foi feita?
3. Qual o diâmetro da Terra medido nos Polos? E medido sobre a linha do Equador?

Atividade 2

1. Na aula anterior constatamos por meio de argumentos e imagens que a Terra é esférica. Mas, quão esférica é a Terra? Como uma laranja, levemente achatada nos polos? Como um ovo? Ou como uma esfera de isopor?

2. Calcular o erro percentual entre a medida do diâmetro da Terra medida pelos polos e pela linha do equador. Esse valor nos dará um parâmetro para sabermos o quão esférica é a Terra.

3. Dividir a turma em duplas e entregar para cada uma delas uma esfera de isopor e um paquímetro. Perguntar aos alunos se eles acham que a Terra é tão esférica como a esfera que receberam ou se é mais achatada. Dizer a eles que iremos medir o diâmetro dessa esfera como se ela fosse um modelo da Terra, nos polos e na linha do equador. Entregar a eles o roteiro da atividade 2 que está em anexo.

4. Ensinar aos alunos como usar um paquímetro, e pedir para que eles façam as medidas propostas e calculem o erro percentual entre as duas medidas realizadas na esfera.

5. Pedir para que eles comparem o resultado obtido com a esfera de isopor com o resultado realizado com as medidas do diâmetro equatorial e polar da Terra.

6. Os alunos devem perceber que a Terra é uma esfera quase perfeita.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo

- Participação da discussão proposta na aula
- Notas de aula no caderno
- Respostas do questionário

Avaliação do procedimento

- Organização das notas de aula
- Organização do questionário entregue

Avaliação de atitude

- Sua atitude com relação à atividade proposta. Respeito às opiniões de colegas.
- Sua atitude na sala do "Acessa Escola".

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

ÁVILA, Geraldo Severo de Souza. **Várias faces da Matemática: tópicos para licenciatura e leitura geral**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011

Atividade 1 - Questionário

1. Como os povos antigos descreviam o formato da Terra? Pesquise, por exemplo, o modelo dos hindus e dos ocidentais na idade média.

1. Qual é o formato da Terra? Que argumentos poderiam ser usados para comprovar que a Terra possui esse formato, levando em conta que estamos na superfície da Terra e que não temos meios de observá-la a distância?

[illegible]

Atividade 2: Medindo o diâmetro equatorial e polar de uma esfera de isopor

1. Com o seu paquímetro, meça o diâmetro equatorial de sua esfera de isopor (consideraremos como a linha do equador a linha de união dos dois hemisférios da esfera de isopor) e anote o resultado.

Diâmetro equatorial _____ mm

Figura 13 – Medindo o diâmetro equatorial da esfera

Linha equatorial: linha aparente da esfera.
Resultado da união dos seus dois hemisférios

Fonte: Arquivo pessoal do autor

2. Repita o procedimento anterior para determinar o diâmetro polar da esfera. Para fazer essa medida, imagine uma linha perpendicular à linha do equador, conforme o a figura abaixo. Anote o resultado.

Diâmetro polar _____ mm

Figura 14 – Medindo o diâmetro polar da esfera

Linha do equador. A medida do diâmetro polar será feita perpendicularmente a ela.

Fonte: Arquivo pessoal do autor

2. Usando a regra de três, calcule a diferença entre esses dois diâmetros em termos percentuais, conforme o esquema abaixo:

Figura 15 – Diâmetro equatorial e polar da esfera

Fonte: Arquivo pessoal do autor

4. Pesquise e anote o valor do diâmetro equatorial e polar da Terra, e anote abaixo:

Diâmetro equatorial: _____ km

Diâmetro polar: _____ km

5. Calcule a diferença entre esses dois diâmetros em termos percentuais, de maneira semelhante ao realizado para a esfera de isopor no item 3. Anote o resultado.

Diferença: _____ %

6. Compare os resultados obtidos. Quão esférica é a Terra? Podemos afirmar que ela é uma esfera achatada nos polos? Por quê?

APÊNDICE F – Atividade 6 – O tamanho da Terra

ATIVIDADE 6 - O TAMANHO DA TERRA	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: O TAMANHO E O RAIOS DA TERRA	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 2 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas. Identificar regularidades, associando fenômenos que ocorrem em situações semelhantes, para utilizar as leis que expressam essas regularidades, na análise e previsões de situações do dia-a-dia. Argumentar claramente sobre seus pontos de vista, apresentando razões e justificativas claras e consistentes. 	
CONTEÚDOS:	
<ul style="list-style-type: none"> Conceito de grandeza, medida de grandezas e unidades Medidas diretas e indiretas Cálculo do comprimento e raio da Terra 	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Vistar a tarefa dada na aula anterior 2. Perguntar sobre o comprimento da Terra e as maneiras pesquisadas pelos alunos para se chegar a esse comprimento. 3. Discutir as suas respostas e compará-las. 3. Os alunos pesquisaram em aulas anteriores o comprimento da Terra, e a maneira que foi feita essa medida. Também aprenderam a usar um paquímetro para medir o diâmetro de uma esfera de isopor. Tendo em vista este contexto, perguntar aos alunos se eles sabem o que é medir. Ouvir suas respostas e pedir que eles comparem as definições dadas por eles com as informações da página 24 do livro didático. Pedir que eles respondam no caderno as seguintes perguntas: <ol style="list-style-type: none"> 1. O que é medir? 2. O que é unidade? 3. Qual a utilidade do Sistema Internacional de Unidades e por que ele foi criado? 4. Depois que os alunos responderem as questões, definir juntamente com eles o que é medir, o conceito de unidade e a importância do Sistema internacional de unidades. 	

Discutir os problemas sociais e econômicos (exploração e má fé em negociações) que existiam quando não havia um padrão de unidades para cada grandeza. Dizer a eles que a partir de agora procuraremos utilizar as unidades do SI, e teremos que fazer algumas conversões de unidades. Durante a resolução dos exercícios essas técnicas serão ensinadas.

5. Com uma aula expositiva e com uso de equipamentos de multimídia, apresentar aos alunos o método utilizado por Eratóstenes para determinar o tamanho da Terra (ver anexo 1).

6. Na aula seguinte entregar o roteiro da atividade experimental (anexo 2). Os alunos devem chegar ao valor da constante π .

7. Depois de encontrado o valor de π , relembrar a equação que define o comprimento de uma circunferência: $C = 2 \pi R$. Como conseguimos determinar o comprimento da Terra pelo método de Eratóstenes e o valor de π , podemos pedir para que os alunos calculem o raio da Terra.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo

- Participação da discussão proposta na aula
- Notas de aula no caderno
- Exatidão nas respostas do questionário e cálculos do roteiro experimental

Avaliação do procedimento

- Organização das notas de aula
- Organização do roteiro experimental
- Organização da tarefa

Avaliação de atitude

- Sua atitude com relação à atividade proposta. Respeito às opiniões de colegas.
- Sua atitude durante o procedimento experimental em grupo
- Fez a tarefa proposta

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais**: Ensino Médio - Física. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

ÁVILA, Geraldo Severo de Souza. **Várias faces da Matemática**: tópicos para licenciatura e leitura geral. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011

O tamanho da Terra: O método de Eratóstenes

Sabendo que a terra era esférica, a próxima pergunta que deveria ser respondida era:

Qual o seu comprimento?

Ou ainda: De que maneira poderíamos medir o seu tamanho?

Aristóteles sugere que uma volta completa em torno de um dos círculos terrestres medisse uns 64000 km, mas não explica de onde vem esse número.

O primeiro cálculo científico do tamanho da Terra foi feito por Eratóstenes (284-192 a.C.).

Eratóstenes era natural de Cirene, mas viveu em muitas outras cidades inclusive Atenas, onde permaneceu pou um bom tempo. Ele se tornou famoso por seu vasto conhecimento e era respeitado por grandes personalidades da época como Arquimedes (287-212 a.C.) por exemplo. Ainda em Atenas, foi convidado para ser o bibliotecário da famosa biblioteca de Alexandria, um cargo de alta distinção, e nessa cidade se tornou o tutor do filho do rei Ptolomeu Euergetes (terceiro rei da dinastia dos Ptolomeus).

O procedimento de Eratóstenes para calcular o tamanho da Terra se baseia em fatos simples que podemos descrever.

Ao sul de Alexandria existia uma cidade cujo nome era Siena. Acreditava-se que as duas cidades estavam no mesmo meridiano, isto é, tinha a mesma longitude, pois quando se saía de Alexandria em direção a Siena, o viajante seguia exatamente na direção sul por uma distância de 5000 estádios ou 800 km (levando em conta que cada estádio equivale a 160 m). Sabe-se hoje que tanto a distância entre as cidades como o fato de estarem exatamente no mesmo meridiano, trata-se de uma aproximação.

Além desses dois fatos - a distância de 800 km entre as duas cidades e elas estarem no mesmo meridiano - duas outras observações de Eratóstenes foram cruciais em seu cálculo do tamanho da Terra:

- Devido a grande distância do Sol a Terra, podemos dizer que seus raios chegam ao planeta paralelamente.
- No solstício de verão, ao meio dia em Siena, os raios solares caíam verticalmente sobre a cidade, pois as cisternas ficavam totalmente iluminadas e o disco solar podia ser visto refletido no fundo delas. Agora, em Alexandria, os raios de sol formavam um ângulo de $7,2^\circ$ com a vertical.

A partir desses dados, podemos compreender o raciocínio de Eratóstenes ilustrado pela figura:

Se $7,2^\circ$ corresponde a 800 km de arco, quanto corresponderia 360° , que representa todo o comprimento da Terra? Regra de três simples!

$$7,2^\circ \longrightarrow 800 \text{ km}$$

$$360^\circ \longrightarrow X \text{ km}$$

$$7,2 \cdot X = 360 \cdot 800 \quad X = \frac{360 \cdot 800}{7,2} \quad X = 40\,000 \text{ km.}$$

Portanto o comprimento da Terra é de 40 000 km.

Uma pergunta que pode surgir é: Como Eratóstenes conseguiu medir o ângulo de incidência do Sol em Alexandria e chegou ao resultado de $7,2^\circ$?

Ao meio dia do solstício de verão, dia em que os raios de sol caíam perpendicularmente sobre a cidade de Siena, Eratóstenes usou um relógio de sol (uma haste na vertical com altura conhecida) da cidade de Alexandria e mediu a sombra projetada por ele conforme a figura abaixo. Conhecendo a altura do relógio H e o comprimento da sombra X , pode-se calcular o ângulo α .

$$\text{Tag } \alpha = \frac{\text{Cat. oposto}}{\text{Cat. adjacente}} \quad \text{Tang } \alpha = \frac{X}{H}$$

Sabendo que o comprimento da Terra podemos agora determinar o seu raio, já que é impossível fazer essa medida por medição direta.

O raio da Terra

A partir do cálculo realizado por eles para o valor da constante π , pode-se chegar ao valor do comprimento de uma circunferência levando em conta que o diâmetro corresponde a duas vezes o raio.

$$C = 2 \pi R$$

Como o comprimento da Terra é de 40 000 km, e $\pi = 3,14$:

$$R = \frac{C}{2\pi} \quad R = \frac{40\,000}{6,28} \quad R = 6369 \text{ km aproximadamente}$$

Atividade experimental

- Achando a constante entre a razão da circunferência pelo diâmetro.

Material utilizado:

Esferas de isopor de vários tamanhos

Fita métrica

Paquímetros

Calculadoras

Procedimento:

1. Escolha uma das esferas de isopor
2. Meça o comprimento dessa esfera usando a fita métrica e anote o valor na tabela 1

Figura 16 – Medindo o comprimento da esfera com fita métrica

Fonte: arquivo pessoal do autor

4. Meça o diâmetro dessa esfera de isopor usando o paquímetro e anote o valor na tabela 1

Figura 17 – Medindo o diâmetro da esfera

Fonte: Arquivo pessoal do autor

4. Calcule a razão (divisão) entre o comprimento da esfera e seu diâmetro e anote o resultado na tabela 1

5. Repita o procedimento para as demais esferas e anote os dados na tabela 1.

6. Calcule o valor médio da razão, somando os valores encontrados e dividindo esse valor por 4. Anote o resultado na tabela 1.

Tabela 1 – Razão entre o comprimento e diâmetro das esferas

Esfera	Comprimento - C (mm)	Diâmetro - D (mm)	Razão (c/d)
Esfera 1			
Esfera 2			
Esfera 3			
Esfera 4			
Valor médio da Razão (c/d) - some os valores e divida por 4			

Fonte: Arquivo pessoal do autor

7. Vamos construir um gráfico com os valores do comprimento (c) no eixo das ordenadas e com os valores do diâmetro (d) no eixo das abscissas. Encontre os pontos e trace a reta média conforme as orientações do professor.

8. Teoricamente, a razão entre o comprimento e o diâmetro de uma circunferência tem como resultado a constante π , cujo valor aproximando é 3,14. Vamos comparar esse valor teórico (que chamaremos R_1) com o valor que obtivemos experimentalmente, por meio do gráfico (que chamaremos R_2). Encontre o valor de R_2 calculando o coeficiente angular da reta encontrada no gráfico. Anote o valor no espaço indicado.

$R_2 =$ _____ cm

9. O valor encontrado é exatamente igual ao valor teórico que era esperado? Para sabermos quão preciso foi o experimento, calcularemos o erro percentual usando a expressão:

$$e\% = \frac{|R_2 - R_1|}{R_1} \cdot 100\% \text{ Anote o valor de } e\% \text{ no local indicado.}$$

$e\% =$ _____ %

10. O que o fato de termos que traçar uma reta média e calcular o erro percentual nos indica sobre o trabalho de um cientista? E sobre a própria Ciência?

11. A partir do valor encontrado para a constante π e seguindo as orientações do professor, calcule, a partir do comprimento da Terra obtido na aula anterior, o raio da Terra.

Lembre-se que o comprimento de uma circunferência é dado pela equação:

$$C = 2 \cdot \pi \cdot R$$

APÊNDICE G – Atividade 7 – Medidas indiretas

ATIVIDADE 7 – MEDIDAS INDIRETAS - TEODOLITO	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: MEDIDAS INDIRETAS	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 2 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas. • Fazer estimativas de ordens de grandeza para poder fazer previsões. • Compreender a necessidade e fazer uso de escalas apropriadas para ser capaz de construir gráficos ou representações 	
CONTEÚDOS:	
Medidas Indiretas	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<p>1 - Relembrar a pergunta norteadora do curso: "Nós sabemos que a Terra se movimenta. O que aconteceria se a Terra parasse?". Dizer aos alunos que todas as atividades desenvolvidas em nossas aulas têm como objetivo ajudar a responder essa pergunta de maneira completa.</p> <p>2 - Na aula anterior vimos a maneira utilizada por Eratóstenes para fazer a medida do raio da Terra. Ele se utilizou de medidas indiretas para chegar a chegar a um resultado que é bem próximo do calculado em nossos dias. Nesta aula vamos procurar usar um método semelhante ao dele para fazer medidas indiretas.</p> <p>3 - Perguntar aos alunos: Qual a altura da caixa d'agua da nossa escola? Você acha adequado medir essa altura direta ou indiretamente? Lembrar aos alunos, caso afirmem que é mais fácil fazer uma medida direta, que não temos uma trena capaz de fazer essa medida, e que mesmo que tivéssemos, é proibido subir até lá.</p> <p>4 - Dizer aos alunos que existem ferramentas utilizadas para se fazer medidas indiretas. Perguntar a eles se conhecem um equipamento de medida chamado Teodolito.</p> <p>5 - Dividir a turma em grupos de três pessoas. Dizer aos alunos que cada grupo deve construir um teodolito para que na próxima aula eles possam fazer a medida da altura da caixa d'agua da escola.</p> <p>6 - Entregar um roteiro de montagem para cada aluno, e entregar a eles o material que será</p>	

utilizado na construção do equipamento. Esse roteiro segue em anexo, assim como as orientações para o uso do Teodolito.

7 - Na aula seguinte, levar os alunos para fazer as medidas. Entregar a cada grupo uma tabela que deve ser preenchida com os dados obtidos em campo.

8 - Ensinar os alunos a calcular o desvio em suas medidas, para preencher a tabela do roteiro do experimento e iniciar uma discussão sobre o erro na tomada de medidas e a incerteza nas medições.

9 - Fazer uma média dos valores encontrados por cada grupo e comparar com a medida oficial da altura da caixa d'água. Calcular o erro.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo

- Participação da discussão proposta na aula
- Anotações feitas durante a pesquisa na sala do "Acessa Escola"
- Proposta inicial para a resolução da situação problema.

Avaliação do procedimento

- Organização das anotações e da proposta inicial para a resolução do problema.

Avaliação de atitude

- Sua atitude com relação à atividade proposta. Respeito às opiniões de colegas.
- Sua atitude durante a pesquisa na sala do "Acessa Escola"

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC,

Montagem do Teodolito

1. Material utilizado:

- a) Uma régua de madeira de 60 cm
- b) 2 transferidores de plástico
- c) 4 percevejos (tachinhas)
- d) 2 alfinetes finos e compridos
- e) 2 alfinetes com cabeça de vidro mais grossos
- f) 2 canudinhos de refrigerante (de boa qualidade)
- g) 1 folha de papel camurça preto
- h) 1 chumbinho de pesca
- i) barbante
- j) 1 gancho pequeno com rosca soberba

Figura 18 – Material utilizado para a construção do teodolito

Fonte: Arquivo pessoal do autor

2. Construção do teodolito

- 1) Em primeiro lugar é necessário furar o transferidor nos pontos indicados na figura abaixo. Para isso, pode-se aquecer um pequeno prego e com ele fazer os furos.

Figura 19 – Furos no transferidor

Fonte: arquivo pessoal do autor

- 2) Usando os percevejos, fixe os transferidores na régua de madeira, tomando cuidado para que a distância entre eles seja de 40 cm. Se a linha central do primeiro transferidor ficar na posição 10 cm, fixe o outro na posição 50 cm, conforme as figuras abaixo:

Figura 20 – Fixando o transferidor na régua

Fonte: Arquivo pessoal do autor

- 3) Corte os canudinhos de modo que fiquem com aproximadamente 15 cm de comprimento. Enrole um pequeno pedaço de papel camurça preto e introduza no canudinho, com cuidado para que ele não o obstrua.

Figura 21 – Cortando o canudinho de refrigerante

Fonte: Arquivo pessoal do autor

- 4) Remova a cabeça de vidro dos dois alfinetes mais finos usando um alicate de corte

Figura 22 – Removendo a cabeça de vidro dos alfinetes

Fonte: Arquivo pessoal do autor

- 5) Com uma fita adesiva, fixe o alfinete obtido no item anterior em uma das extremidades do canudo conforme a figura abaixo. Repita o procedimento com o outro canudo.

Figura 23 – Fixando a agulha no canudo de refrigerante com fita adesiva

Fonte: Arquivo pessoal do autor

- 6) Tendo em mente o fato que o alfinete colado na extremidade do canudo servirá como um ponteiro que apontará o ângulo no transferidor, fixe o canudo na régua usando para isso o alfinete mais grosso. Este alfinete servirá como um eixo que possibilitará o canudo girar. Ele deve ser fixado exatamente sobre a reta que indica o centro do transferidor conforme indica a figura abaixo:

Figura 24 – Fixando o canudo de refrigerante na régua

Fonte: Arquivo pessoal do autor

- 7) Repita o procedimento 6 na outra extremidade da régua.
- 8) Fixe o gancho de rosca soberba na extremidade da régua conforme a figura abaixo:

Figura 25 – Fixando o gancho na régua

Fonte: Arquivo pessoal do autor

- 9) Para que o teodolito funcione corretamente é necessário fazermos um prumo. Para isso, amarre o chumbo de pesca em um barbante e depois ao gancho como indicado na figura abaixo:

Figura 26 – Amarrando o chumbo de pesca à régua

Fonte: Arquivo pessoal do autor

- 10) Abaixo segue a fotografia de um teodolito pronto.

Figura 27 – O teodolito pronto

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Como fazer medidas em um Teodolito

O Teodolito construído pode ser usado tanto para medir a altura de um objeto como a sua distância. A seguir instruiremos como usar esse instrumento para as duas finalidades:

Usando o Teodolito para medir grandes distâncias

1. Escolha um ponto de referência do qual você quer saber a distância.
2. Apoie o teodolito em uma superfície horizontal, de forma que o fio de prumo forme um ângulo de 90° em relação ao equipamento.

Figura 28 – Teodolito apoiado em uma superfície horizontal

Fonte: Arquivo pessoal do autor

3. Com o canudinho da esquerda (canudinho "A"), mire o ponto distante que foi escolhido. Anote o valor do ângulo encontrado no transferidor (ângulo α).

Figura 29 – Objeto sendo mirado pelo teodolito para descobrir o ângulo α

Fonte: Arquivo pessoal do autor

$\alpha =$ _____

4. Com cuidado para não mover o teodolito do lugar, repita o procedimento com o canudinho da direita (canudinho "B"). Anote o ângulo encontrado no transferidor (ângulo β). Como resultado teremos o seguinte esquema:

Figura 30 – Mirando um objeto com o teodolito para descobrir ângulo β

Fonte: Arquivo pessoal do autor

$\beta =$ _____

5. Conhecendo os ângulos α e β e a distância D , podemos, por relações trigonométricas, chegar ao valor de X que é nosso objetivo

APÊNDICE H – Atividade 8 – O conceito de movimento

ATIVIDADE 8 – O CONCEITO DE MOVIMENTO	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: O CONCEITO DE MOVIMENTO E A CONSTRUÇÃO DE GRÁFICOS	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 2 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ler e interpretar corretamente tabelas, gráficos, esquemas e diagramas, apresentados em textos. • Construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas; construir tabelas e transformá-las em gráfico. • Elaborar relatórios analíticos, apresentando e discutindo dados e resultados, seja de experimentos ou de avaliações críticas de situações, fazendo uso, sempre que necessário, da linguagem Física apropriada. • Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. • Fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas. • Compreender a necessidade e fazer uso de escalas apropriadas para ser capaz de construir gráficos 	
CONTEÚDOS:	
<p>O conceito de movimento Construção de gráficos</p>	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Escrever no quadro a pergunta: "Nós sabemos que a Terra se movimenta. O que aconteceria se ela parasse?". 2. Dizer aos alunos: Para respondermos a essa pergunta, precisamos fazer algumas definições importantes. A primeira definição é a de movimento. O que é movimento? 3. Escrever as definições dadas pelos alunos no quadro e pedir para que eles anotem no caderno. 4. Dizer aos alunos: Com base no tópico 1 da página 40 de seu livro didático, responda no seu caderno as seguintes questões: <ol style="list-style-type: none"> 1. Por que o autor diz que o movimento é sempre um conceito relativo? 	

2. Quando podemos dizer que um corpo está em movimento?

5. Depois de um pequeno período de tempo dado aos alunos para eles responderem as questões propostas, conduzir uma discussão para definir que só tem sentido se falar em movimento se estabelecermos um referencial, e que movimento é a variação da posição de um determinado corpo durante um período de tempo.

6. Na aula seguinte, pedir para que os alunos formem grupos de 4 pessoas e entregar a cada grupo um roteiro de atividade experimental (em anexo) e um kit contendo um suporte graduado com uma mangueira transparente fixada na horizontal com a extremidade inferior vedada, contendo óleo de cozinha em seu interior, um cronômetro e uma seringa.

7. Os alunos devem aguardar a leitura do roteiro (em anexo) e as explicações do professor antes de iniciar a atividade.

8. Depois de terminada a atividade, chamar a atenção dos alunos para a inclinação das reta obtidas e ajudá-los a relacioná-las com o tamanho da bolha de água e com a rapidez com que as bolha desciam pela mangueira (o que definiremos como velocidade na próxima aula).

9. Dizer aos alunos que o roteiro experimental que eles receberam é um modelo de relatório. Esse modelo deve ser seguido nos próximos relatórios que forem desenvolvidos pelos grupos ao final de cada atividade experimental.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo:

- Será verificado se o aluno respondeu as questões propostas no caderno e se participou da discussão sobre as mesmas.
- Os alunos devem entregar as tabelas e gráficos propostos no roteiro, assim como responder as questões propostas.

Avaliação do procedimento:

- Durante a execução do experimento os alunos serão avaliados quanto ao cuidado que demonstraram com os equipamentos emprestados e com relação ao capricho com que completaram a tabela e confeccionaram os gráficos.

Avaliação da atitude

- Os alunos serão avaliados quanto a sua atitude com relação à atividade experimental, colegas e professor de acordo com o termo de compromisso firmado.

REFERÊNCIAS:

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

Roteiro experimental

1. Título

O estudo dos movimentos

2. Objetivo

Construir um gráfico que represente a variação da posição de um corpo em relação ao tempo.

3. Introdução

O movimento não está apenas em nós, ele também está ao nosso redor, nos animais, nos veículos e nos mais diversos objetos. Até mesmo o céu, que nos pode parecer estático à primeira vista, o movimento é constante e perpétuo.

Há muito sabemos que a Lua, o Sol e as estrelas se deslocam no céu. Porém, é difícil flagrar o movimento da Lua, pois ele parece muito lento. Em contrapartida, vemos facilmente uma formiga se movimentando. Aliás, não é nada difícil presenciar esse fato. Será que a formiga é mais rápida que a Lua?

Para começar a pensar nessas questões, precisamos entender quais são as grandezas relevantes para a descrição de um movimento. Todo movimento implica um deslocamento pelo espaço em um intervalo de tempo qualquer.

Texto tirado da pag 68 e 69 do Livro Física em Contextos V 1 Pietrocola.

Para compreendermos melhor essa relação propomos essa atividade experimental.

4. Materiais utilizados

5. Procedimento

Nosso objetivo é fazer um gráfico que represente o movimento de queda uma gota de água dentro de uma mangueira transparente com óleo. Para isso, siga as instruções abaixo.

1. Aguardar orientações do professor

2. Com a mangueira devidamente presa ao suporte e na vertical, escolha uma posição na fita métrica para ser o seu ponto de partida, ou seja, o ponto a partir do qual você fará as medições de tempo.
3. Faça com a seringa uma pequena gota de água e deixe-a cair sobre o óleo na parte superior da mangueira, e observe que essa gota se desloca para baixo com certa rapidez.
4. Quando a gota de água passar pelo ponto que você escolheu, comece a marcar com o cronômetro o tempo que a gota leva para percorrer cada dois centímetros da escala da fita métrica e anote os dados na tabela abaixo.
5. Repita os procedimentos anteriores com uma gota de água média e depois com uma gota de água grande e anote os dados nas outras tabelas.
6. A partir dos dados das três tabelas, construa um gráfico que represente o movimento dessas três gotas em uma folha milimetrada

6. Resultados

Gota de água pequena		Gota de água média		Gota de água grande	
Posição (cm)	Tempo (s)	Posição (cm)	Tempo (s)	Posição (cm)	Tempo (s)

Faça o gráfico correspondente na folha milimetrada e anexe a esta folha.

7. Responda as questões abaixo

1. Qual a relação entre o tamanho da bolha de água com a rapidez com que ela desce na mangueira?
2. Qual a relação entre a inclinação da reta traçada no gráfico com a rapidez com que a bolha desce na mangueira?
3. O que vocês acharam da atividade? Quais foram os pontos positivos e negativos?

Montagem do aparato experimental

1. Material utilizado para a montagem do suporte:

1 metro de tubo PVC de 25 mm

5 "Tês" de PVC de 25 mm

1/2 metro de mangueira transparente de 3/4"

3 Cintas plásticas

1 rolha ou tampão de 3/4"

Figura 31 – Material utilizado na construção do aparato experimental

Fonte: Arquivo pessoal do autor

2. Montagem do equipamento

1. Corte 60 cm do tubo de PVC, e, do restante, corte três pedaços de aproximadamente 6 cm cada um. Separe os cinco tês de 25 mm.

2. Faça um furo em uma das extremidades do tubo de PVC de 60 cm

Figura 32 – Furo na extremidade do tubo e PVC

Fonte: Arquivo pessoal do autor

3. Para a montagem do equipamento, siga as orientações a seguir:

3.1 - Conecte a extremidade não furada do tubo de PVC a um dos tês.

Figura 33 – Conectando o tubo de PVC de 60 cm a um dos tês.

Fonte: Arquivo pessoal do autor

3.2 - Conecte os demais tubos conforme as ilustrações:

Figura 34 – Sequência de montagem da base do aparato experimental

Fonte: Arquivo pessoal do autor

4. Com a base montada, o aparato experimental deve ficar assim:

Figura 35 – Base do aparato experimental pronta

Fonte: Arquivo pessoal do autor

5. Usando as cintas plásticas, prenda ao tudo de PVC a mangueira transparente. Na extremidade inferior coloque a rolha ou o tampão e cole-a.

Figura 36 – Fixando a mangueira transparente ao suporte

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Obs: Tome cuidado para não apertar a mangueira em excesso para não amassá-la.

6. Com um funil, despeje óleo de cozinha no interior da mangueira transparente.

7. A seringa será usada pelos alunos para fazerem pequenas gotas de água.

APÊNDICE I – Atividade 9 – Velocidade média

ATIVIDADE 9 - VELOCIDADE MÉDIA	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: VELOCIDADE MÉDIA	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 4 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer e saber utilizar corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas da Física. • Conhecer as unidades e as relações entre as unidades de uma mesma grandeza Física para fazer traduções entre elas e utilizá-las adequadamente. • Ler e interpretar corretamente tabelas, gráficos, esquemas e diagramas, apresentados em textos. • Compreender que tabelas, gráficos e expressões matemáticas podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação, com potencialidades e limitações próprias, para ser capaz de escolher e fazer uso da linguagem mais apropriada em cada situação, além de poder traduzir entre si os significados dessas várias linguagens. • Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa efeito, para ser capaz de estabelecer previsões. 	
CONTEÚDOS:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Velocidade escalar média 2. Unidades de medida 	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<p>Dizer aos alunos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Na aula anterior, chegamos a conclusão que movimento é a variação da posição de um corpo num determinado período de tempo. Para isso, fizemos três gráficos que representavam a variação da posição das gotas de água em relação ao tempo e pudemos perceber que a inclinação da reta estava diretamente relacionada com a rapidez com que a gota de água se movia. A essa rapidez damos o nome de velocidade. Esse conceito é muito importante para a pergunta que queremos responder no final do ano, pois se a Terra se movimenta pelo espaço, logo ela possui uma velocidade. Mas qual é o valor dessa velocidade? 2. Dizer aos alunos que o movimento de translação da Terra é elíptico, e como esse movimento ainda é muito complexo para nós, iremos levar em conta apenas pequenas distâncias. Sendo assim, podemos considerá-lo como retilíneo. Além disso para 	

respondermos a essa pergunta, temos que aprender primeiro a determinar a velocidade com que os diferentes corpos se movimentam na superfície da Terra. Para isso podemos usar os gráficos obtidos na aula anterior (devolver os gráficos para os grupos). Perceba que, como já foi dito, a inclinação da reta representa a velocidade da gota de água. Se conseguirmos calcular o valor dessa inclinação, saberemos a velocidade de cada uma delas. Nos utilizaremos da matemática para isso.

3. A inclinação da reta é dada pelo seu coeficiente angular, ou seja, a tangente do ângulo de inclinação.

Exemplo: Calcule a velocidade média de um móvel cujo movimento é representado pelo gráfico abaixo:

Figura 37 – Gráfico posição no tempo

Fonte: <http://www.alunosonline.com.br/fisica/graficos-movimento-uniforme.html>

$$\text{Velocidade} = \text{Tangente de } \theta = \frac{\text{Cateto oposto}}{\text{Cateto adjacente}}$$

$$V = \frac{50}{10} \rightarrow V = 5 \text{ m/s}$$

Perceba também que o cateto oposto corresponde a distância percorrida pelo móvel, e que o cateto adjacente corresponde ao tempo que o móvel levou para percorrer essa distância. Podemos então chegar a conclusão que:

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{Distância percorrida}}{\text{Tempo para percorrer essa distância}} \text{ ou seja:}$$

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Onde:

V = Velocidade

Δx = Distância percorrida

Δt = Tempo para percorrer a distância

4. Dizer aos alunos: Calculem agora a velocidade das gotas de água de seu experimento, usando para isso os gráficos produzidos na aula anterior.

8. A aula seguinte será de resolução de exercícios do livro didático. Como exemplo, resolver a seção de "Exercícios Resolvidos" das páginas 42 e 43 do livro didático e propor

para os alunos a resolução dos problemas da seção "Para você pensar e resolver" da página 43.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo:

- Será verificado se o aluno respondeu as questões propostas no caderno e se participou da discussão sobre as mesmas.
- Verificar se o aluno fez os problemas propostos sobre velocidade média.

Avaliação do procedimento:

- O aluno será avaliado em seu procedimento ao fazer os cálculos de velocidade envolvendo os gráficos obtidos em grupos na aula anterior. Esses cálculos serão entregues junto com o roteiro para avaliação.

Avaliação da atitude

- Os alunos serão avaliados quanto a sua atitude com relação à atividade proposta, colegas e professor.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

APÊNDICE J – Atividade 10 – Velocidade média

ATIVIDADE 10 – FAZENDO MEDIDAS E CALCULANDO A VELOCIDADE	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: REALIZANDO MEDIDAS E CALCULANDO A VELOCIDADE MÉDIA	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 2 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar relatórios analíticos, apresentando e discutindo dados e resultados, seja de experimentos ou de avaliações críticas de situações, fazendo uso, sempre que necessário, da linguagem Física apropriada. • Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. • Fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas. • Compreender a responsabilidade social que decorre da aquisição de conhecimento, sentindo-se mobilizado para diferentes ações, seja na defesa da qualidade de vida, na qualidade das infraestruturas coletivas, ou na defesa de seus direitos como consumidor. • Reconhecer, em situações concretas, a relação entre Física e ética, seja na definição de procedimentos para a melhoria das condições de vida, seja em questões como do desarmamento nuclear ou em mobilizações pela paz mundial. 	
CONTEÚDOS:	
<ol style="list-style-type: none"> 3. Velocidade média 4. Medidas diretas 5. Unidades e medidas 	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Escrever no quadro: "Nós sabemos que a Terra se movimenta. O que aconteceria se a Terra parasse?" 2. Perguntar aos alunos: Se a Terra se movimenta, então ela possui velocidade. Qual é a velocidade Terra? Como podemos fazer esse cálculo a partir das informações que já possuímos? 3. Juntamente com os alunos resolver esse problema. Lembrar a eles que para calcularmos a velocidade média de qualquer móvel precisamos saber a distância percorrida e o tempo que o móvel levou para percorrer essa distância. 	

Como uma maneira de relembrar o conceito de velocidade média discutido na aula anterior e contextualizar a atividade a seguir com a pergunta geral proposta no início do curso resolveremos com os alunos o seguinte exercício:

Calcule a velocidade com que a Terra se desloca ao redor do Sol.

Levando em conta que a distância média entre a Terra e o Sol é de 150 000 000 de km, e considerando a trajetória da Terra em volta do Sol circular:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot R$$

$$X = 2 \cdot 3,14 \cdot 150\,000\,000$$

$X = 942\,000\,000\text{ km}$ - essa é a distância que a Terra percorre quando dá uma volta completa no Sol.

O tempo necessário para que a Terra dê uma volta completa em torno do Sol:

- Um ano ou aproximadamente 365 dias

Transformando um ano em horas

$$1 \text{ dia} \text{ ————— } 24 \text{ h}$$

$$365 \text{ dias} \text{ ————— } t \text{ h}$$

$$t = 24 \cdot 365$$

$t = 8\,760 \text{ h}$ - esse é o tempo que a Terra leva para dar uma volta completa em torno do Sol

A velocidade é portanto:

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow V = \frac{942\,000\,000}{8\,760} \rightarrow V = 107\,534 \text{ km/h}$$

Essa é a velocidade da Terra e portanto a velocidade com que todos nós viajamos no espaço.

Por que não sentimos os efeitos dessa grande velocidade? Procuraremos responder a essas e outras perguntas no decorrer do ano.

4. Na aula seguinte, dizer aos alunos: Como já conhecemos o conceito de velocidade e sabemos como calculá-la, proponho o seguinte problema para resolvermos nessa aula:

Qual é a velocidade média dos carros que trafegam nas proximidades da escola? Os motoristas respeitam os limites de velocidade? Se não respeitam, quais podem ser as consequências?

5. Os alunos devem se dividir em grupos de quatro pessoas e propor uma maneira de se fazer as medidas necessárias para se resolver esse problema. Depois de 10 minutos, iniciar uma discussão para escolhermos a melhor maneira de colher dados para se fazer o cálculo da velocidade.

6. Entregar a cada grupo os equipamentos necessários para se fazer as medidas, isto é, uma trena de 20 m e um cronômetro. Informar que o roteiro dessa atividade experimental está nas páginas 13 e 14 do Caderno do Aluno volume 1 e que um relatório deverá ser elaborado pelo grupo para ser entregue na aula da semana seguinte (ver o modelo). Lembrá-los que o relatório deve ser organizado a semelhança do modelo que lhes foi entregue na aula experimental anterior.

7. Para que os alunos consigam resolver o problema proposto, nós nos dirigiremos para uma rua nas proximidades da escola onde os alunos farão as medidas.

8. Os cálculos necessários e a elaboração do relatório serão feitos pelos alunos como tarefa, e entregues na aula da semana seguinte.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo:

- Será verificado se o aluno participou das discussões em grupo sobre a maneira de se fazer as medidas necessárias para o cálculo da velocidade média dos carros.
- Será verificado os cálculos do relatório produzido pelo grupo e as respostas as questões propostas.

Avaliação do procedimento:

- Iremos avaliar o empenho do aluno em seu grupo para resolver o problema proposto.
- O relatório será avaliado em sua organização e capricho.
- Avaliaremos também a maneira como os dados foram obtidos pelo grupo, isto é, o uso da trena e do cronômetro.

Avaliação da atitude

- Os alunos serão avaliados quanto a sua atitude com relação à atividade proposta, colegas e professor de acordo com o termo de compromisso firmado.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

Roteiro da Atividade Experimental

Pesquisa de campo

1. Com seus colegas elabore um procedimento para determinar a velocidade de um veículo. O que medir e como? Com que equipamentos serão feitas as medidas? Quantos veículos terão sua velocidade determinada para que se possa fazer uma média da velocidade com que os veículos trafegam nas proximidades da escola? Anote todas as decisões do grupo para discussão com os colegas dos outros grupos.

[illegible]

2. Depois da discussão com toda a turma, anotar os procedimentos escolhidos pela classe para se fazer as medidas necessárias para se chegar a resposta a pergunta proposta no início da aula.

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

3. Sugestão de tabela

Distância percorrida pelo móvel: _____ metros

Veículo	Tempo (s)	Velocidade (m/s)	Velocidade (km/h)

4. Faça os cálculos necessários para completar a tabela

5. Faça um relatório sobre como foi realizada a determinação da velocidade dos veículos que trafegam nas proximidades da escola da seguinte forma:

- **Objetivo:** Nesse item o grupo deve escrever o que o grupo queria medir e porquê.
- **Introdução teórica:** Nessa parte do relatório deve ser feita uma pesquisa que envolva os conceitos físicos utilizados na atividade experimental desenvolvida pelo grupo.
- **Material utilizado:** Anote todos os materiais usados pelo grupo para completar a atividade.
- **Procedimentos:** Escreva nessa seção do relatório como as medidas foram feitas e quais equipamentos foram utilizados para fazê-las.
- **Resultados:** Nessa seção, o grupo pode criar uma tabela onde escrever os dados coletados em campo e os cálculos que foram realizados.
- **Conclusão:** Qual era mesmo a pergunta que nos propomos a responder com essa atividade experimental? Na conclusão, usando os dados coletados pelo grupo, deve-se responder a pergunta proposta de maneira mais completa possível. A conclusão é a parte mais importante do trabalho, portanto, se esforcem para escrevê-la.

APÊNDICE K – Atividade 11 – MRU

ATIVIDADE 11 – MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 4 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas; construir tabelas e transformá-las em gráfico. • Compreender que tabelas, gráficos e expressões matemáticas podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação, com potencialidades e limitações próprias. 	
CONTEÚDOS:	
<p>Movimentos retilíneos uniformes Grandezas escalares e vetoriais</p>	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Levar os alunos para a sala do "Acessa Escola" e dividí-los em duplas. 2. Colocar no quadro a questão: Nós sabemos que a Terra se movimenta. O que aconteceria se ela parasse? Lembrar aos alunos que todas as atividades desenvolvidas na aula têm como objetivo nos ajudar a responder a essa pergunta. 3. Apresentar a velocidade como uma grandeza vetorial. 4. Com o datashow, Passar o vídeo "Contexto" do tópico Movimento Uniforme do software Física vivencial. Comentar as informações contidas no vídeo com os alunos. 5. Ensinar os alunos a navegação no software, os links que eles devem acessar com o objetivo de resolver os problemas propostos no link "Avaliação". 6. Pedir para que os alunos cliquem no link "Teoria". Com o auxílio das imagens disponíveis ajudá-los a compreender o conceito de deslocamento, velocidade média, gráficos de movimentos progressivos e retrógrados, e como calcular a velocidade média de um móvel a partir desses gráficos. 7. Pedir para os alunos clicarem no link "Laboratório virtual". Ensinar como utilizar esse recurso e mostrar aos alunos ao que eles devem prestar a atenção durante o experimento virtual, como a posição inicial e final do movimento e a construção do gráfico que 	

representa esse movimento.

8. Pedir para que os alunos resolvam em uma folha separada os exercícios propostos no link "Avaliação" usando todos os recursos disponíveis no software. Procurar ajudar as duplas durante essa atividade.

9. No final da aula recolher as atividades que os alunos conseguiram desenvolver.

10. Dizer aos alunos que na próxima aula iremos resolver exercícios do livro didático que nos ajudarão a solucionar os problemas que tivemos durante a atividade do link "Avaliação".

11. Nas primeira aula da semana seguinte, resolver com os alunos os "Exercícios resolvidos" da página 74 do livro didático. Lembrar a eles que não existe a necessidade de copiar essa resolução pois ela já está no livro. Propor para que os alunos resolvam os exercícios 2 e 3 da seção "Para você pensar e resolver" da página 75.

12. Na aula seguinte, resolver com os alunos os "Exercícios resolvidos" 3, 5, 7 e 8 das páginas 77 e 78 do livro didático. Deixar como tarefa para os alunos a resolução dos exercícios da seção "Para você pensar e resolver" 5, 7, 9, 11 e 12 da página 80.

13. Dizer aos alunos que agora eles devem ser capazes de resolver todos os exercícios propostos no link "Avaliação" do software Física Vivencial visto na aula anterior.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo:

- Será verificado se o aluno consegue resolver os problemas propostos no link "Avaliação" a partir dos recursos disponíveis no software e das orientações do professor.
- Será verificado se o aluno consegue resolver os exercícios propostos na sala de aula

Avaliação do procedimento:

- Será avaliada a participação do aluno com perguntas e comentários
- Se o aluno entregou as tarefas e exercícios propostos.

Avaliação da atitude

- Os alunos serão avaliados quanto a sua atitude com relação à atividade proposta, isto é, se estava comprometido com a resolução dos problemas propostos.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

APÊNDICE L – Atividade 12 – Encontro de dois móveis

ATIVIDADE 12 – ENCONTRO ENTRE DOIS MÓVEIS	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 2 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas; construir tabelas e transformá-las em gráfico. • Compreender que tabelas, gráficos e expressões matemáticas podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação, com potencialidades e limitações próprias, para ser capaz de escolher e fazer uso da linguagem mais apropriada em cada situação, além de poder traduzir entre si os significados dessas várias linguagens. • Descrever relatos de fenômenos ou acontecimentos que envolvam conhecimentos físicos, • Elaborar relatórios analíticos, apresentando e discutindo dados e resultados, seja de experimentos ou de avaliações críticas de situações, fazendo uso, sempre que necessário, da linguagem Física apropriada. • Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa efeito para ser capaz de estabelecer previsões. • Fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas. • Compreender a necessidade e fazer uso de escalas apropriadas para ser capaz de construir gráficos. 	
CONTEÚDOS:	
Movimento Retilíneo uniforme	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<p>1. Dizer aos alunos: Estamos em nosso curso tentando responder a seguinte pergunta: O que aconteceria se a Terra parasse seu movimento de translação? Mas para que possamos responder a essa pergunta de maneira satisfatória, precisamos compreender o conceito de movimento em geral, e o movimento da Terra em especial. Mas como o movimento da Terra em torno do Sol ainda é complexo para nós, podemos fazer algumas simplificações que nos ajudarão ao longo do curso a compreender o movimento de nosso planeta e também dos corpos que estão a nossa volta.</p> <p>Embora o movimento da Terra em torno do sol seja elíptico (quase circular), se</p>	

considerarmos pequenas distâncias em sua trajetória, podemos dizer que esse movimento é retilíneo (fazer um desenho no quadro para ilustrar o que foi dito). Este é um bom momento para comentar a incerteza que permeia a Ciência pelo fato de estamos criando um modelo que é apenas uma aproximação da realidade. Embora a Terra possua uma aceleração, conceito que estudaremos mais tarde, podemos também considerar que nessas pequenas distâncias, sua velocidade é constante. Levando em conta essas aproximações, o movimento descrito pela Terra é um Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), assunto que trataremos nessa aula.

2. Nosso objetivo é preparar os alunos para o experimento que será proposto na aula seguinte. Para isso, iremos fazer a correção dos exercícios que ficaram como tarefa na aula anterior, isto é, os exercícios da seção "Para você pensar e resolver" 5, 7, 9, 11 e 12 da página 80.

3. Na aula seguinte dividir os alunos em grupos de quatro pessoas, e entregar o roteiro da experiência.

4. Explicar que o objetivo do experimento é estudar o encontro entre dois móveis, e que um relatório deverá ser elaborado pelos grupos para serem entregues na próxima aula.

5. Entregar um kit experimental para cada grupo.

6. Orientar os grupos durante a execução do experimento.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo:

- A precisão na obtenção das equações e gráficos nos relatórios elaborados pelos alunos.

Avaliação do procedimento:

- Será avaliada a qualidade das tabelas e gráficos elaborados pelos alunos assim como sua interação com seus colegas de grupo na execução dos experimentos.

Avaliação da atitude

- Os alunos serão avaliados quanto a sua atitude com relação à atividade proposta, colegas e professor de acordo com o termo de compromisso firmado.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

Roteiro experimental

1. Título:

Estudo experimental do encontro entre dois móveis

2. Objetivo:

Determinar a posição de encontro entre dois móveis por meio de gráficos obtidos experimentalmente.

3. Introdução Teórica:

Quando um móvel descreve uma trajetória em linha reta com velocidade constante dizemos que ele realiza um **movimento retilíneo uniforme** - MRU.

Para estudarmos este tipo de movimento usamos a **função posição em relação ao tempo** que é obtida a partir da equação de determinação da velocidade média, tendo um sistema de referência adequado como o demonstrado abaixo:

Figura 38 – Deslocamento espaço por tempo

Fonte: <http://professorandrios.blogspot.com.br/2012/03/o-transito-de-venus-e-o-mru.html>

Nesse sistema, que é apenas um exemplo, temos a origem em 0 e a posição inicial $X_0 = 0$ no tempo inicial $t_0 = 0$. A posição final é $X = 40$ m no instante $t = 8$ s.

Deduzindo a Função posição em relação ao tempo:

$V = \frac{\Delta X}{\Delta t} \rightarrow V = \frac{(X - X_0)}{(t - t_0)} \rightarrow$ Podemos admitir que $t_0 = 0$, para isso basta supor o início da cronometragem do movimento tenha sido feito com o cronômetro zerado.

$$\text{Assim: } V = \frac{(X - X_0)}{t} \rightarrow V \cdot t = (X - X_0) \rightarrow \boxed{X = X_0 + V \cdot t}$$

↙
Função posição em relação ao tempo

O estudo de um movimento pode ser feito tanto pela função matemática que o descreve como por meio dos gráficos correspondentes. Os gráficos permitem uma melhor visualização da forma como variam as grandezas que descrevem o movimento.

Figura 39 – Gráficos posição versus tempo

Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/293976/>

Gráfico velocidade versus tempo do MRU

Figura 40 – Gráfico velocidade em função do tempo do MRU

Fonte: <http://fisicaprofneivaldolucio.blogspot.com.br/2009/09/movimento-uniforme-mu.html>

Gráfico do encontro de dois móveis em MRU

Figura 41 – Gráfico do encontro entre dois móveis em MRU

Fonte: <http://colobjdavinagaspariniensinomedio.blogspot.com.br/2012/03/exercicio-fisica-1-ano-do-ensino-medio.html>

No gráfico acima no cruzamento das retas que representam o movimento do móvel A (movimento retrógrado) e do móvel B (movimento progressivo) se dá a posição e o instante de encontro entre os dois.

4. Materiais utilizados

5. Procedimento

1. Colocar a esfera de aço e a bolha de ar em extremidades opostas da mangueira com óleo. Depois deixar a mangueira sobre a mesa na horizontal.
2. Faça um teste: Coloque a extremidade em que a esfera de aço está sobre dois livros, deixando a mangueira inclinada. Observe que enquanto a esfera de aço desce a bolha de ar sobe. Perceba que ambas executam um MRU. Em um determinado ponto da trajetória a bolha de ar e a esfera de aço se encontram e depois continuam seu movimento. Trata-se de um típico encontro de dois móveis.
3. Repita o passo 1.
4. Estude em primeiro lugar o movimento da esfera, colocando a extremidade da régua na extremidade da mangueira onde ela está.
5. Incline o conjunto mangueira - régua colocando a extremidade da mangueira onde está a esfera sobre dois livros, e com um cronômetro marque na tabela 1 a posição ocupada pela

esfera a cada 2 segundos. Preste atenção e anote a posição de encontro da esfera com a bolha.

6. Trace o gráfico Posição por tempo da esfera no plano cartesiano da folha milimetrada.

7. Repita o passos 1.

8. Agora iremos estudar o movimento da bolha de ar. Mantenha a régua na mesma posição que foi utilizada no estudo da esfera.

9. Incline o conjunto mangueira - regua colocando a extremidade da mangueira onde está a esfera sobre dois livros, e com um cronômetro marque na tabela 2 a posição ocupada pela bolha de ar a cada 2 segundos.

10. Trace o gráfico Posição por tempo da bolha de ar no mesmo plano cartesiano usado para a esfera de aço.

11. O ponto onde as duas retas se cruzam indica a posição de encontro dos dois móveis.

12. Compare a posição obtida pelo gráfico com a verificada no experimento.

6. Resultados

Tabela 12.1 - Dados do movimento da esfera de aço.

Tempo (segundos)	Posição (centímetros)
2	
4	
6	
8	
10	

Tabela 12.2 - Dados do movimento da bolha de ar.

Tempo (segundos)	Posição (centímetros)
2	
4	
6	
8	
10	

Não esqueça de colocar em anexo a folha com os gráficos

7. Responda as questões

1. Você percebeu que um dos móveis executou um movimento progressivo e o outro retrógrado. O que determinou isso?

2. O resultado obtido pelo gráfico foi exatamente igual ao observado no experimento? Se não foi, por que isso aconteceu?

3. O que você achou dessa atividade experimental? Na opinião do grupo, quais foram os pontos positivos e negativos?

Positivos:_____

Negativos:_____

Montagem do equipamento "Encontro de dois móveis"

1. Material utilizado

- a) Uma régua de madeira de 80 cm
- b) 80 cm de mangueira para nível transparente 5/16"
- c) 2 rolhas de 5/16"
- d) 9 cintas plásticas pequenas
- e) uma esfera de aço que passe com facilidade pelo interior da mangueira

Figura 42 – Material utilizado para a montagem do equipamento

Fonte: Arquivo pessoal do autor

2. Construção do equipamento

1. Começando pelo zero, risque com um lápis a régua a cada 10 cm

Figura 43 – Régua de 60 cm marcada a cada 10 cm

Fonte: Arquivo pessoal do autor

2. Sobre cada uma das linhas obtidas, usando uma broca de 1/8", faça dois furos, separados por uma distância de 15 mm um do outro.

Figura 44 – Régua furada para o encaixe da mangueira

Fonte: Arquivo pessoal do autor

3. Prenda a mangueira sobre a régua usando as cintas plásticas

Figura 45 – Fixando a mangueira sobre a régua

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Obs. Cuidado para não apertar demais as cintas de plástico e deformar a mangueira, pois isso pode prejudicar o deslocamento da esfera de aço pelo seu interior.

Procure deixar um comprimento adequado de mangueira nas extremidades da régua, para que seja possível colocar as rolhas.

4. Vede uma das extremidades da mangueira com uma rolha, e pela outra extremidade, com o auxílio de um funil, introduza o óleo de cozinha.

5. Introduza a esfera no interior da mangueira, e em seguida, vede-a com a rolha, não se esquecendo de aprisionar um pouco de ar.

Figura 46 – Aprisionando o ar na mangueira com óleo.

Fonte: Arquivo pessoal do autor

6. O equipamento pronto

Figura 47 – Equipamento pronto

Fonte: Arquivo pessoal do autor

APÊNDICE M – Atividade 13 – Queda livre

ATIVIDADE 13 – MRUV – QUEDA LIVRE	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: A ACELERAÇÃO	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 2 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Argumentar claramente sobre seus pontos de vista, apresentando razões e justificativas claras e consistentes, • Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. • Reconhecer a existência de invariantes que impõe condições sobre o que pode e o que não pode acontecer, em processos naturais, para fazer uso desses invariantes na análise de situações cotidianas. • Compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas. 	
CONTEÚDOS:	
<p>Movimento retilíneo uniformemente variado Queda Livre</p>	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<p>1. Escrever no quadro: Nós sabemos que a Terra se movimenta. O que aconteceria se ela parasse?</p> <p>2. Dizer aos alunos: Todas as atividades desenvolvidas até agora tinham como objetivo nos dar os conhecimentos necessários para começarmos a responder de maneira satisfatória a essa pergunta. Por isso estamos nos aprofundando no conceito de movimento.</p> <p>3. Perguntar aos alunos: Até agora estudamos o Movimento Retilíneo Uniforme, ou seja, um tipo de movimento em que a velocidade não varia. Será que a Terra descreve esse tipo de movimento?</p> <p>4. Dizer aos alunos: A Terra não se movimenta em movimento uniforme em volta do Sol. Isso porque a trajetória que ela descreve não é circular, e sim elíptica conforme estudaremos mais tarde. Uma representação desse movimento pode ser vista nessa simulação (mostrar simulação da primeira Lei de Kepler no software "Física Vivencial" em que a velocidade da Terra aumenta quando ela se aproxima do Sol e diminui quando</p>	

se afasta dele).

Quando a velocidade de um corpo varia no tempo, dizemos que este corpo está sob a ação de uma aceleração. No caso do movimento da Terra essa aceleração é variável, ou seja, a aceleração também varia conforme o tempo passa.

Para que possamos entender este movimento, é necessário que, em primeiro lugar, façamos algumas simplificações.

Estudaremos em nosso curso um tipo de movimento em que a velocidade varia uniformemente enquanto o tempo passa, isto é, possui aceleração constante. A esse tipo de movimento damos o nome de Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV).

Antes de olharmos para o céu para procurar entender o tipo de movimento que a Terra executa em torno do Sol, estudaremos o movimento retilíneo uniformemente variado, e o melhor exemplo de um movimento desse tipo é a queda livre.

5. Perguntar aos alunos: Quando um corpo cai, sua velocidade aumenta, diminui ou continua a mesma conforme o tempo passa?

6. Provavelmente os alunos responderão que aumenta. Explicar que é por isso que o impacto de uma pessoa com o solo é maior conforme a altura que ela cai. Perguntar: Por que a velocidade aumenta conforme o tempo passa?

7. Explicar que a velocidade aumenta por conta de uma aceleração, que chamaremos de aceleração gravitacional. Anotar no quadro a equação que define aceleração e explicá-la.

8. Dizer aos alunos que todos os corpos na superfície da Terra estão sujeitos a mesma aceleração, e que esse fato deve nos levar a uma conclusão surpreendente.

9. Mostrar uma folha de papel e uma pedra aos alunos e perguntar: Se eu soltar as duas ao mesmo tempo e na mesma altura, qual delas chegará ao solo primeiro? Provavelmente os alunos responderão que a pedra.

10. Ao realizar a experiência, a pedra chegará primeiro. Perguntar para os alunos: Mas ambas não estão sob a ação da mesma aceleração? Por que uma foi mais rápida que a outra? Provavelmente os alunos dirão que a pedra é mais pesada, por isso foi mais rápida.

11. Repetir o experimento, só que agora com a folha de papel amassada como uma bola. Os alunos irão verificar que tanto a pedra como a folha de papel chegam ao solo ao mesmo tempo.

12. A folha de papel continua mais leve que a pedra, mesmo assim as duas chegaram ao mesmo tempo no solo. O que aconteceu?

13. Anotar no quadro as explicações dadas pelos alunos.

14. Dividir a turma em duplas, e pedir para que abram os seus livros na página 115, leiam o texto "Queda dos corpos" e respondam as seguintes questões:

1. O peso de um corpo interfere em sua velocidade de queda?

2. O que interferiu na velocidade da folha de papel nas duas situações experimentais?

15. Depois de algum tempo, iniciar com os alunos uma discussão e tentar fazê-los chegar a conclusão que o que interferiu na velocidade da queda da folha de papel foi a resistência do ar, e que num ambiente sem ar, objetos de pesos e formatos diferentes quando abandonados ao mesmo tempo e na mesma altura chegam ao solo ao mesmo tempo.

16. Passar o vídeo em que o astronauta David R. Scott abandona um martelo e uma pena ao mesmo tempo e na mesma altura na superfície da Lua, e os dois objetos chegam ao solo ao mesmo tempo.

17. Como tarefa pesquise e responda a questão 1 da seção "Para você pensar e resolver" da página 110 do livro didático.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo:

- Serão avaliadas as respostas dadas ao questionário referente ao texto "Queda dos corpos".

Avaliação do procedimento:

- Será avaliada a qualidade e a organização das notas de aula.

Avaliação da atitude

- Os alunos serão avaliados quanto a sua atitude com relação à atividade proposta, colegas e professor de acordo com o termo de compromisso firmado.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

APÊNDICE N – Atividade 14 – MRUV

ATIVIDADE 14 – MRUV – QUEDA LIVRE	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: A INFLUÊNCIA DA ACELERAÇÃO NO MOVIMENTO	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 2 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas; construir tabelas e transformá-las em gráfico. • Compreender que tabelas, gráficos e expressões matemáticas podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação, com potencialidades e limitações próprias, para ser capaz de escolher e fazer uso da linguagem mais apropriada em cada situação, além de poder traduzir entre si os significados dessas várias linguagens. • Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. • Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa e efeito, para ser capaz de estabelecer previsões. 	
CONTEÚDOS:	
<p>Movimento retilíneo uniformemente variado Queda livre</p>	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<p>1. Dizer aos alunos: Na aula anterior estudamos um tipo de movimento em que a velocidade varia no decorrer do tempo. Citamos como um exemplo desse tipo de movimento a queda livre. Conforme cai um corpo que é abandonado a uma certa altura, sua velocidade aumenta por conta de uma grandeza Física chamada aceleração gravitacional. Na superfície da Terra o valor dessa aceleração é $9,8 \text{ m/s}^2$ ou aproximadamente 10 m/s^2</p> <p>2. Perguntar aos alunos: Como é que se chegou a esse valor da aceleração gravitacional da Terra?</p> <p>3. Dizer aos alunos: Nosso objetivo com a aula de hoje é fornecermos as ferramentas para que depois vocês possam calcular o valor da aceleração gravitacional na superfície da Terra.</p> <p>4. Deduzir juntamente com os alunos a função velocidade em relação ao tempo do MRUV, apresentar a função posição em relação ao tempo e a Equação de Torricelli.</p>	

5. Dizer aos alunos que para caracterizar um movimento de queda livre teremos que dar a essas equações características específicas, sendo elas:

- A substituição da letra x que simboliza a posição no eixo das abscissas, para y que representa a posição no eixo das ordenadas, já que em queda livre o movimento ocorre somente na vertical
- A aceleração é a gravidade, portanto, $a = g$. Seguiremos a convenção de nosso livro didático, isto é, o eixo vertical orientado para cima com a origem fixada no solo. Sendo assim, como a aceleração da gravidade é orientada verticalmente para baixo seu valor será sempre negativo.

6. Colocar as funções do MRUV e as função da queda livre lado a lado no quadro para que os alunos possa visualizar as semelhanças e diferenças entre elas.

Funções	MRUV	Queda Livre
Velocidade em relação ao tempo	$V = V_0 + at$	$V = V_0 - gt$
Posição em relação ao tempo	$X = X_0 + V_0t + \frac{a \cdot t^2}{2}$	$Y = Y_0 + V_0t - \frac{g \cdot t^2}{2}$
Velocidade em relação a posição (Equação de Torricelli)	$V^2 = V_0^2 + 2a\Delta X$	$V^2 = V_0^2 - 2g\Delta Y$

7. Resolver com os alunos os exercícios 1 e 3 da seção "Exercícios resolvidos" das páginas 107 e 108 do livro didático. Chamar a atenção dos alunos para o fato do gráfico posição no tempo ser uma parábola porque a função que o gerou era uma função do segundo grau.

8. Entregar folhas de papel milimetrado para os alunos e pedir para que eles resolvam os exercícios 3 e 4 da seção "Para você pensar e resolver" na página 110 do livro didático.

9. Dizer aos alunos: Como tarefa para a próxima aula, vocês devem achar uma maneira de calcular a aceleração gravitacional da Terra usando as equações que aprendemos hoje, isto é, com conhecimento que já temos. Não vale usar o conceito de força. A atividade deve ser feita em uma folha de almaço para ser entregue.

10. Pedir para que na próxima aula os alunos se dividam em grupos de cinco pessoas e tragam uma filmadora ou um celular que filme com boa qualidade.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo:

- Será verificado se o aluno consegue resolver os problemas propostos durante a aula.

Avaliação do procedimento:

- Será avaliada a qualidade das tabelas e gráficos elaborados pelos alunos.

Avaliação da atitude

- Os alunos serão avaliados quanto a sua atitude com relação à atividade proposta, colegas e professor de acordo com o termo de compromisso firmado.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

APÊNDICE O – Atividade 15 – MRUV II

ATIVIDADE 15 – MRUV II	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: DETERMINANDO A ACELERAÇÃO GRAVITACIONAL DA LUA	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 2 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas; construir tabelas e transformá-las em gráfico. • Compreender que tabelas, gráficos e expressões matemáticas podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação, com potencialidades e limitações próprias, para ser capaz de escolher e fazer uso da linguagem mais apropriada em cada situação, além de poder traduzir entre si os significados dessas várias linguagens. • Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. • Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa e efeito, para ser capaz de estabelecer previsões. 	
CONTEÚDOS:	
<p>Movimento retilíneo uniformemente variado Queda livre Aceleração gravitacional</p>	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Recolher a tarefa dada na aula anterior 2. Dizer aos alunos: Vocês pesquisaram uma maneira para calcularmos a aceleração gravitacional na superfície da Terra. Hoje irei propor outra maneira. Usaremos um programa chamado Tracker. 3. A atividade que iremos desenvolver com os alunos, serve para ensiná-los a trabalhar com o software Tracker. O objetivo é fazer com que eles usem este software para calcular a aceleração gravitacional terrestre a partir de um vídeo produzido por eles próprios. 4. Perguntar aos alunos: O homem realmente foi à Lua? Muitos dizem que não. Como poderíamos responder a essa pergunta? 5. Dizer aos alunos: Uma maneira de se fazer isso é utilizando o vídeo <i>Rammer and</i> 	

feather visto na aula anterior e o *software Tracker*. De acordo com cálculos que estudaremos durante nosso curso, sabe-se que a aceleração gravitacional na Lua é de $1,7 \text{ m/s}^2$. Portanto se a partir do vídeo conseguirmos calcular a aceleração gravitacional a que o martelo e a pena estão submetidos poderemos declarar a veracidade do vídeo.

6. Ensinando os alunos a usarem os recursos do *software Tracker*, determinar a aceleração gravitacional da Lua utilizando o vídeo acima citado.

7. Pedir para que os alunos, usando o *software Tracker* que estará disponível na sala do "Acessa Escola" e suas câmeras de vídeo, obtenham o valor da aceleração gravitacional terrestre.

8. Comparar os resultados obtidos pelos diferentes grupos e discutir os motivos para as possíveis diferenças nos valores encontrados. Estimular um debate em sala de aula com perguntar como:

Por que os valores obtidos não são exatamente iguais, uma vez que utilizamos o mesmo método de coleta de dados e o mesmo software?

O que isso nos revela sobre o método científico e a resposta da Ciência para as perguntas da humanidade?

Se não tivéssemos um valor de aceleração gravitacional terrestre como parâmetro ($9,8 \text{ m/s}^2$), como poderíamos julgar o valor mais exato?

Como o princípio da incerteza está relacionado a nossa discussão?

Quais seriam os possíveis erros cometidos na coleta de dados?

Como poderíamos minimizar esses erros?

É possível eliminarmos o erro?

O que isso nos revela sobre a Ciência?

Diante disso a Ciência poderia ser desprezada? Por que?

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo:

- Será verificado se o aluno consegue resolver os problemas propostos durante a aula.

Avaliação do procedimento:

- Será avaliada a qualidade das tabelas e gráficos elaborados pelos alunos.

Avaliação da atitude

- Os alunos serão avaliados quanto a sua atitude com relação à atividade proposta, colegas e professor de acordo com o termo de compromisso firmado.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais**: Ensino Médio - Física. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

APÊNDICE P – Atividade 16 – Movimento circular

ATIVIDADE 16 – MOVIMENTO CIRCULAR	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: O MOVIMENTO CIRCULAR COMO UMA APROXIMAÇÃO DO MOVIMENTO TERRESTRE	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 2 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conhecer as unidades e as relações entre as unidades de uma mesma grandeza Física para fazer traduções entre elas e utiliza-las adequadamente. • Compreender e emitir juízos próprios sobre notícias com temas relativos à ciência e tecnologia, veiculadas pelas diferentes mídias, de forma analítica e crítica, posicionando-se com argumentação clara. • Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. • Interpretar e fazer uso de modelos explicativos, reconhecendo suas condições de aplicação. • Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época. • Compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas. 	
CONTEÚDOS:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Movimento circular <ul style="list-style-type: none"> • Velocidade angular • Relação entre velocidade linear e angular • Período • Frequência • Aceleração centrípeta 2. Leis de Kepler 	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para o desenvolvimento dessa aula, utilizaremos as imagens projetadas por um datashow. 2. Escrever no quadro: Nós sabemos que a Terra se movimenta. O que aconteceria se ela parasse? 	

3. Dizer aos alunos: Para nos ajudar a responder a essa pergunta, primeiramente definimos o que é movimento e velocidade, e depois dois tipos de movimento: O movimento retilíneo uniforme e o movimento retilíneo uniformemente variado.

4. Projetar no quadro um vídeo que representa o movimento da Terra em torno do Sol (mostrar um vídeo que leve em conta a velocidade do planeta no afélio e no periélio). Perguntar aos alunos: Olhando para essa imagem, podemos dizer que o movimento da Terra é um MRU ou um MRUV?

5. Dizer aos alunos: Como o movimento da Terra em torno do Sol não pode ser considerado um movimento retilíneo, existe a necessidade de descrevê-lo de outra forma. Hoje iniciaremos o estudo do Movimento Circular.

6. Dizer aos alunos: Na verdade o movimento da Terra em torno do sol não é circular, mas elíptico, ou oval. O primeiro cientista a descrever assim o movimento da Terra foi o astrofísico alemão Johannes Kepler. A partir de dados astronômicos muito precisos obtidos por outro astrônomo chamado Tycho Brahe, Kepler criou três leis que descrevem como os planetas orbitam o Sol. Vale lembrar que na época em que Kepler criou essas leis, muitos cientistas, inclusive Tycho Brahe, acreditavam que a Terra era o centro do universo. Isso torna o trabalho de Kepler muito importante no desenvolvimento da ciência.

7. Dizer aos alunos que eles assistirão a uma reportagem do Fantástico sobre a vida e obra de Kepler, e que durante a reportagem eles responderão a um questionário.

Além de apresentar um pouco da história de Kepler, nosso objetivo com esse vídeo é chamar a atenção dos alunos para o desenvolvimento do conhecimento científico ao longo da história e os aspectos sociais presentes na época que Kepler formulou suas três leis. (Passar o vídeo "Poeira das Estrelas: Uma nova astronomia" disponível no *Youtube*).

8. Embora o movimento da Terra em torno do Sol seja elíptico, muitos livros didáticos exageram em sua excentricidade como mostra a figura projetada no quadro:

Figura 48 – Movimento elíptico da Terra em torno do Sol

Fonte: <https://www.mar.mil.br/dhn/dhn/ead/pages/fisica/unidade8/material.htm>

Esse erro é grave porque pode fazer com que cheguemos a conclusão de que o verão ocorre justamente quando a Terra está mais próxima do Sol, e isso não é verdade! As estações do ano ocorrem por causa da inclinação da Terra. Veja o vídeo (passar o vídeo 2 - "As estações do ano").

9. Dizer aos alunos: No ano de 2001, na tentativa de esclarecer o erro que livros e professores transmitem ao desenharem as órbitas dos planetas, os organizadores da Olimpíada Brasileira de Astronomia introduziram uma questão que trata desse assunto. A questão será projetada no quadro (Projetar o problema):

Você sabe que toda vez que faz aniversário é porque se passou mais um ano para você, certo? Isto significa que o planeta Terra deu mais uma volta ao redor do Sol desde o seu último aniversário. Muito bem, esperamos que você já tenha estudado a forma do movimento da Terra ao redor do Sol.

Uma das figuras abaixo é a que melhor representa o movimento da Terra ao redor do Sol.

a) Pinte (de qualquer cor) a figura que na sua opinião melhor representa o movimento da Terra ao redor do Sol.

b) Na figura que você escolher no item (a) desenhe o Sol (basta fazer um ponto) no lugar que melhor representa o lugar que ele deve ocupar. Observação: Não existe nenhum efeito de perspectiva nas figuras. Outra coisa: infelizmente existem muitos livros que ilustram de forma errada o movimento da Terra ao redor do Sol. Esperamos que você não tenha estudado em um livro com esse problema.

Elipses usadas na questão 5, na prova nível I (1ª à 4ª série) e a mesma questão, mas de número 7, na prova de nível II (5ª à 8ª série), da IV OBA.

Dizer aos alunos: O desenho preenchido de cinza e com o ponto preto quase no centro dele já representa a resposta dada no gabarito da respectiva questão. Perceba que, embora elíptica, a trajetória da Terra é quase circular. Por isso, em nosso curso, usaremos o Movimento Circular para procurarmos entender um pouco mais sobre o movimento da Terra em torno do sol. Será, portanto, uma boa aproximação da realidade. Faremos agora algumas definições importantes.

10. Para essa atividade utilizaremos o Link "Teoria" do software "Física Vivencial - Movimento Circular". Fizemos essa escolha por conta da qualidade das imagens e animações usadas.

11. Projetar a primeira animação: um carrinho em movimento circular uniforme.

Figura 49 – Móvel em movimento circular uniforme

Fonte: *Software Física Vivencial – Movimento Circular*

Dizer aos alunos: Notem que no movimento circular a velocidade em cada ponto é única, pois a cada instante a direção e o sentido mudam e só voltam a ser os mesmos quando a

posição voltar a mesma.

Por isso o conceito de velocidade para o estudo do movimento circular não é suficientemente útil. Há a necessidade de definirmos outra grandeza. Essa grandeza é chamada de velocidade angular. Para entendermos o que é isso, considere a imagem projetada:

Figura 50 – Distância angular

Fonte: <http://www.profesorenlinea.cl/fisica/MovimientoCircular.html>

"S" é o que chamamos de distância linear medida em metros

"θ" é o que chamamos de distância angular medida em graus ou radianos

"R" é o raio da circunferência medido em metros

Quando um móvel descreve uma trajetória do ponto "O" para o ponto "P" podemos medir seu deslocamento de duas formas: Linearmente ou angularmente. Sabemos medir o deslocamento linear. Agora o que vem a ser o deslocamento angular? O deslocamento angular é o valor do ângulo θ descrito por um móvel ao sair do ponto "O" para o ponto "P".

Definimos então velocidade angular como:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

A unidade será: rad/s

Oficialmente para a medida de ângulos utilizaremos radianos. Considere as figuras projetadas:

Figura 51 – Circulo Trigonométrico

Fonte: <https://sites.google.com/site/capmat902010/circulo-trigonometrico>

Nesses desenhos temos os principais ângulos em graus e em radianos.

12. Outros conceitos que temos que compreender é o conceito de Período e de Frequência.

Período (T) - é o tempo necessário para que o móvel dê um volta completa na circunferência. Olhe a imagem projetada: (animação do Física Vivencial).

Figura 52 – Comprimento de uma circunferência

Fonte: *Software Física Vivencial – Movimento Circular*

Pedir para que os alunos determinem o período do movimento da bolinha.

E agora, qual seria o período de translação da Terra? Os alunos devem responder 365 dias.

13. Dizer aos alunos: Podemos agora entender as três leis criadas por Kepler para descrever o movimento dos planetas em torno do Sol. (projetar as leis de Kepler)

14. Outro conceito importante é o de frequência (f): Podemos defini-la como o número de voltas (oscilações) que o móvel dá em uma unidade de tempo. Se essa unidade de tempo for o segundo a unidade de frequência será Hertz (Hz).

Assim:

$$f = \frac{\text{número de voltas}}{\text{tempo}} \rightarrow f = \frac{1}{T} \rightarrow \text{a frequência é o inverso do período.}$$

Logo:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \rightarrow \text{como em uma volta completa o deslocamento angular é } \Delta\theta = 2\pi \text{ e o intervalo de tempo } \Delta t = T, \text{ então:}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow \text{como } f = \frac{1}{T}, \text{ então:}$$

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

15. Definimos o conceito de velocidade angular. Mas existe uma relação entre a velocidade angular e a linear. Vamos chegar a ela.

Sabemos que para calcular a velocidade linear:

$$V = \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

A distância percorrida pelo móvel nessa trajetória é: $\Delta X = 2\pi R$ e a variação do tempo é: $\Delta t = T$ logo, temos:

$$V = \frac{2\pi R}{T} \quad \text{Como } f = \frac{1}{T} \text{ podemos reescrever a equação da seguinte forma: } V = 2\pi Rf$$

Sabendo que : $\omega = \frac{2\pi}{T}$, então:

$$V = \omega R$$

Em aulas anteriores, calculamos a velocidade linear da Terra. Consulte suas anotações, e a partir desse valor assim como o valor do raio médio da trajetória da Terra em torno do Sol, calcule sua velocidade angular.

16. Vimos que a velocidade linear é sempre tangente a trajetória circular descrita, e que em cada ponto ela varia sua direção. (projetar novamente a figura 53)

Figura 53 – Movimento circular uniforme

Fonte: *Software Física Vivencial – Movimento Circular*

Se existe a variação da velocidade, então existe uma aceleração. Mas como podemos perceber, essa aceleração não provoca a variação no módulo da velocidade. Com isso pode-se concluir que essa aceleração é perpendicular a direção de V (projetar figura 54):

Figura 54 – Aceleração linear e aceleração centrípeta

Fonte: <http://www.alunosonline.com.br/fisica/mcu-aceleracao-centripeta.html>

Como essa aceleração aponta para o centro da circunferência ela é chamada de aceleração centrípeta.

$$a_c = \frac{v^2}{R} \quad \text{como } v = \omega.R, \text{ então: } a_c = \frac{(\omega.R)^2}{R} \text{ ou } a_c = \omega^2 R$$

Usando os dados que vocês já dispõem, calculem a aceleração centrípeta da Terra.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo:

- Será verificado se o aluno consegue resolver os exercícios propostos durante a aula.

Avaliação do procedimento:

- Será avaliada a qualidade das suas notas de aula e seu portfólio.

Avaliação da atitude

- Os alunos serão avaliados quanto a sua atitude com relação à atividade proposta, colegas e professor de acordo com o termo de compromisso firmado.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

CANALLE, João Batista Garcia. O problema do ensino da órbita da Terra. **Física na Escola**, v. 4, n. 2, p. 12-16, 2003.

APÊNDICE Q – Atividade 17 – Movimento circular uniforme

ATIVIDADE 17 – MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: MCU – AULA EXPERIMENTAL	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 2 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer e saber utilizar corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas da Física. • Conhecer as unidades e as relações entre as unidades de uma mesma grandeza Física para fazer traduções entre elas e utiliza-las adequadamente. • Argumentar claramente sobre seus pontos de vista, apresentando razões e justificativas claras e consistentes. • Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. • Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa efeito, para ser capaz de estabelecer previsões. • Fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas. 	
CONTEÚDOS:	
Movimento Circular Uniforme	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Fazer uma rápida revisão dos conceitos tratados na aula anterior: Velocidade angular, Frequência, Período e a relação entre velocidade angular e velocidade linear. 2. Dividir a turma em grupos de três pessoas, entregar os roteiros experimentais e os kits experimentais. 3. Ler com os alunos o roteiro e explicar o procedimento experimental. Para facilitar ainda mais o entendimento dos alunos, projetar com um datashow o link "Contexto" do software "Física Vivencial" Movimentos Circulares. Nesse vídeo será explicado detalhadamente o procedimento que os alunos farão. 4. A aula seguinte será para a resolução de exercícios. Pedir para que os alunos abram seus livros na página 190. Resolver com eles os exercícios 2 e 3 da seção dos "Exercícios resolvidos". Lembrar que eles não precisam copiar, pois a resolução já está no livro. 	

5. Pedir para os alunos resolverem os exercícios 2 e 3 da seção "Para você pensar e resolver" da página 190
6. Na página 191 e 192 resolver os exercícios 4 e 6 da seção "Exercícios resolvidos".
7. Procuraremos relacionar esse conteúdo com as Leis de Kepler. Para isso resolveremos os exercícios 1 e 2 da página 288 da seção "Exercícios resolvidos".
8. Como tarefa, pedir para que os alunos resolvam no caderno os exercícios 6 e 7 da seção "Para você pensar e resolver" da página 193 e os exercícios 2 e 4 da página 289.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo:

Será avaliado:

- Os dados coletados e os cálculos realizados no roteiro experimental assim como as resposta às questões propostas nele.
- Os exercícios deixados como tarefa

Avaliação do procedimento:

- A qualidade e a organização das respostas do roteiro experimental.
- A organização do Portfólio.

Avaliação da atitude

- Os alunos serão avaliados quanto a sua atitude com relação à atividade proposta, colegas e professor de acordo com o termo de compromisso firmado.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

Roteiro experimental

1. Título

Determinação da velocidade tangencial de um móvel em movimento circular

2. Objetivo

Calcular a velocidade tangencial de um móvel em movimento circular e verificar se o período depende do raio.

3. Introdução Teórica

Fazendo-se uma boa aproximação, pode-se dizer que o movimento de translação da Terra é um movimento circular. É por isso que conhecer esse tipo de movimento será importante nesse curso. Para isso, algumas definições são importantes:

Velocidade angular (ω):

Considere o desenho abaixo:

Figura 55 – Deslocamento angular

"S" é o que chamamos de distância linear medida em metros
 "θ" é o que chamamos de distância angular medida em graus ou radianos
 "R" é o raio da circunferência medido em metros

Fonte: <http://www.profesorenlinea.cl/fisica/MovimientoCircular.html>

Quando um móvel descreve uma trajetória do ponto "O" para o ponto "P" podemos medir seu deslocamento de duas formas: Linearmente ou angularmente. Sabemos medir o deslocamento linear. Agora o que vem a ser o deslocamento angular? O deslocamento angular é o valor do ângulo θ descrito por um móvel ao sair do ponto "O" para o ponto "P".

Definimos então velocidade angular como:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad \text{A unidade será: rad/s}$$

Ângulos podem ser medidos em graus ou radianos. Na figura 56 temos os principais ângulos em radianos e em graus:

Figura 56 – Circulo trigonométrico

Fonte: <https://sites.google.com/site/capmat902010/circulo-trigonometrico>

Para se fazer a conversão de uma unidade para outra, basta usar a regra de três.

Período (T):

É o tempo necessário para que o móvel dê um volta completa na circunferência, isto é, percorra a distância angular 360° ou 2π .

Frequência (f):

Podemos defini-la como o número de voltas (oscilações) que o móvel dá em uma unidade de tempo. Se essa unidade de tempo for o segundo a unidade de frequência será Hertz (Hz).

Assim:

$$f = \frac{\text{número de voltas}}{\text{tempo}} \rightarrow f = \frac{1}{T} \rightarrow \text{a frequência é o inverso do período.}$$

Determinando a velocidade angular a partir da frequência:

Sabemos que para calcular a velocidade angular:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \rightarrow \text{como em uma volta completa o deslocamento angular é } \Delta\theta = 2\pi \text{ e o intervalo de}$$

tempo $\Delta t = T$, então:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow \text{como } f = \frac{1}{T}, \text{ então: } \omega = 2\pi.f$$

Determinando a velocidade linear (tangencial) a partir da frequência:

Sabemos que para calcular a velocidade linear:

$$V = \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

A distância percorrida pelo móvel nessa trajetória é: $\Delta X = 2\pi R$ e a variação do tempo é: $\Delta t = T$ logo, temos: $V = \frac{2\pi R}{T}$ Como $f = \frac{1}{T}$ podemos reescrever a equação da seguinte forma:

$$V = 2\pi Rf$$

Relação entre velocidade linear e angular:

Sabendo que : $\omega = \frac{2\pi}{T}$, então: $V = \omega R$

Aceleração Centrípeta

Se existe a variação da velocidade no movimento circular uniforme, então existe uma aceleração. Mas como podemos perceber, essa aceleração não provoca a variação no módulo da velocidade. Com isso pode-se concluir que essa aceleração é perpendicular a direção de V (conforme a figura 57):

Figura 57 – Aceleração linear e aceleração centrípeta

Fonte: <http://www.alunosonline.com.br/fisica/mcu-aceleracao-centripeta.html>

Como essa aceleração aponta para o centro da circunferência ela é chamada de aceleração centrípeta.

$$a_c = \frac{v^2}{R} \quad \text{como} \quad v = \omega \cdot R \quad \text{então:} \quad a_c = \frac{(\omega \cdot R)^2}{R} \quad \text{ou} \quad a_c = \omega^2 R$$

4. Materiais utilizados

5. Procedimentos

1. Aguarde as orientações do professor.
2. Com sua régua meça o raio das duas marcas desenhadas no CD e anote os resultados.
3. Com cuidado encaixe o CD no eixo do motor

4. Ligue o motor e regule o potenciômetro na capacidade máxima de modo a balancear a rotação do CD
5. Diminua a velocidade de rotação do CD até que se possa observar com clareza o movimento das duas marcas desenhadas nele
6. Com o uso do marcador e do cronômetro meça o período do movimento de rotação das marcas, e anote o resultado.
7. Usando as equações corretas, determine a velocidade linear das duas marcas e anote os resultados

6. Resultados

1. Raio das marcas do CD

Marca 1 _____ cm Marca 2 _____ cm

2. Período de rotação das marcas:

3. Cálculo da velocidade linear (tangencial) das marcas

Marca 1	Marca 2
<p>Velocidade tangencial: _____</p>	<p>Velocidade tangencial: _____</p>

7. Questionário

1. O período de rotação depende do raio? Por quê?

2. A velocidade angular depende do raio? Por quê?

3. A velocidade linear (tangencial) depende do raio? Por quê?

4. Quais seriam as possíveis fontes de erro no experimento que poderiam comprometer os resultados obtidos?

5. Como o grupo procurou minimizar os possíveis erros?

6. Como esse conteúdo se relaciona com assunto geral que estamos tratando?

7. Qual a principal conclusão que o grupo chegou com essa atividade?

APÊNDICE R – Atividade 18 – Causas do movimento circular

ATIVIDADE 18 – CAUSAS DO MOVIMENTO CIRCULAR	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: FORÇA	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 8 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da atividade, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construir uma visão sistematizada dos diversos tipos de interação e das diferentes naturezas de fenômenos da Física, para poder fazer uso desse conhecimento de forma integrada e articulada. • Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época. • Reconhecer e saber utilizar corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas da Física. • Argumentar claramente sobre seus pontos de vista, apresentando razões e justificativas claras e consistentes. • Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. • Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa e efeito, para ser capaz de estabelecer previsões. • Identificar regularidades, associando fenômenos que ocorrem em situações semelhantes, para utilizar as leis que expressam essas regularidades, • Fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas. • Interpretar e fazer uso de modelos explicativos, reconhecendo suas condições de aplicação. • Construir uma visão sistematizada dos diversos tipos de interação e das diferentes naturezas de fenômenos da Física, para poder fazer uso desse conhecimento de forma integrada e articulada. • Identificar e compreender os diversos níveis de explicação Física, microscópicos ou macroscópicos, utilizando-os apropriadamente na compreensão de fenômenos. 	
CONTEÚDOS:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Movimento circular Uniforme 2. Força Centrípeta 3. Leis de Newton 4. Lei da Gravitação Universal 	

METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:

1. Vistar a tarefa deixada na aula anterior. Fazer a correção dos exercícios como uma forma de revisão dos conceitos abordados na aula anterior (exercícios 6 e 7 da seção "Para você pensar e resolver" da página 193 e os exercícios 2 e 4 da página 289).
2. Projetar o vídeo 1 da aula 16 (movimento elíptico da Terra ao redor do Sol). Perguntar aos alunos: O que mantém o movimento elíptico (aproximadamente circular) da Terra ao redor do Sol? O que impede que a Terra de ter uma trajetória retilínea e se afastar do Sol?
3. Esperar e anotar no quadro as explicações dos alunos. Pedir que eles escrevam essas explicações em seus cadernos.
4. Amarrar uma pedra em um barbante e fazer essa pedra girar MCU. Perguntar aos alunos: O que mantém essa pedra em MCU? O que a impede de escapar e seguir uma trajetória retilínea? Provavelmente os alunos responderão que é o barbante. Perguntar então: Que ação o barbante exerce sobre a pedra? Fazer com que os alunos cheguem a conclusão que é uma força que mantém a pedra em MCU.
5. Desenhar no quadro um esquema que represente a ação do barbante sobre a pedra, e um vetor Força Centrípeta. Dizer aos alunos: Como essa força sempre aponta para o centro, a chamamos de Força Centrípeta.
6. Perguntar aos alunos: Se uma força mantém o movimento circular de uma pedra, o que manteria o movimento circular da Terra em torno do Sol? Os alunos devem chegar a conclusão que uma força centrípeta apontando para o Sol deve mentar a Terra em seu movimento em torno do Sol.
7. Dizer aos alunos: A essa força centrípeta damos o nome de Força Gravitacional. Esta é uma força exercida à distância e não uma força de contato como aquela exercida pelo barbante sobre a pedra. Explicar que existem dois tipos de força: Força de contato e Força à distância. Mostrar as diferenças entre elas.
8. Perguntar aos alunos. Estamos falando de força de contato e à distância, mas o que é força? Ouvir e anotar as respostas no quadro.
9. Dizer aos alunos: A definição científica de Força aceita hoje pela ciência é a definição dada por Isaac Newton (1642 - 1727) brilhante físico inglês reponsável uma revolução na história da Ciência. Vamos conhecer um pouco da história desse gênio. Ao final dessa reportagem responda a essa questão em uma folha para me entregar: Por que esse capítulo da série Poeira das Estrelas é chamado: "Assim na terra como no céu"?
10. Projetar o vídeo " Poeira das Estrelas parte 4" disponível no *Youtube* que conta a história de Newton.
11. **Aula seguinte (2ª aula)** - dizer aos alunos: Com relação ao estudo dos movimentos é possível descrever como eles ocorrem ou não por meio de forças de interação entre corpos. Essa descrição foi estabelecida pelo conjunto de leis formuladas por Newton no século XVII chamadas Leis de Newton. Nessa aula estudaremos cada uma delas.
12. Escrever no quadro:
Inércia: A primeira lei de Newton (pág. 118, 119 do livro)

" Um corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme se nenhuma força for exercida sobre ele".
13. Dizer aos alunos: Podemos dividir essa lei em duas partes. A primeira é fácil de se entender. Se um corpo está parado a sua tendência é continuar parado se nenhuma força atuar sobre ele. Todos concordam?

A segunda parte não é tão fácil de se entender assim. Para todo corpo que está em movimento retilíneo uniforme, sua tendência é continuar seu movimento retilíneo uniforme eternamente se nenhuma força atuar sobre ele. Para que possamos entender essa lei preste atenção a esses experimentos de pensamento.

14. Pedir para os alunos abrirem o livro didático na página 119. Discutir com eles a experiência de pensamento I e II. Nosso objetivo é mostrar a tendência de um corpo em permanecer em movimento retilíneo uniforme se desconsiderarmos forças dissipadoras como a força de atrito e resistência do ar.
15. Dizer aos alunos: Podemos ver também a tendência dos corpos em manter o movimento em que estavam no vídeo que será projetado (vídeo "Testes de colisão, a importância do cinto de segurança" e o vídeo "Chega de dúvida: cinto de segurança no banco traseiro", ambos disponíveis no *Youtube*). Depois dos vídeos dizer aos alunos: Esse carro estava a 60 km/h. Como resultado da diminuição súbita de sua velocidade, o boneco se lançou sobre o painel do automóvel, pois tinha a tendência de manter sua velocidade. O que aconteceria aqui na Terra se ela subitamente parasse levando em conta somente a Lei da Inércia?
16. Explicar o conceito de referencial inercial.
17. Escrever no quadro:

Força, massa e aceleração: A segunda lei de Newton (pág 121, 122 do livro)

$$F = m \cdot a$$

Onde: F = força (medida em Newtons - N)

m = massa (medida em quilogramas - kg)

a = aceleração (medida em m/s^2)

Dizer aos alunos: Na primeira lei, Newton descreve o que ocorre com um corpo quando não há forças sendo exercidas sobre ele, ou quando existem forças mas sua resultante é nula. A segunda lei responde a seguinte pergunta: O que ocorre quando um corpo é submetido a uma força resultante não nula? É claro que nessa situação esse corpo não estará em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, pois esse é o caso da primeira lei. Se ele não está parado e nem em MRU, o corpo deve ter uma aceleração. E essa aceleração deverá ter a mesma direção e sentido da força que está sendo aplicada a ele.

Mostrar aos alunos que se aplicarmos a mesma força em objetos com massas diferentes, a aceleração desse objeto será inversamente proporcional a massa desse objeto. Portanto a segunda lei de Newton é uma definição matemática do conceito de força.

Esse conceito também é importante para diferenciarmos massa de peso. Massa é quantidade de matéria, e é medida em quilogramas. Peso é uma força que puxa os corpos em direção ao centro da Terra. Sem essa força iríamos flutuar pelo planeta. Matematicamente, como peso é uma força:

$$P = m \cdot g$$

Onde P = peso medido em Newtons

m = massa medida em quilogramas

g = aceleração gravitacional

Nossa massa é a mesma em qualquer parte do universo, pois a quantidade de matéria de nosso corpo não varia. Mas nosso peso dependerá da aceleração gravitacional do planeta

em que estivermos.

18. Resolver o exercício 1 da seção "Exercícios resolvidos" da página 135 do livro didático.

19. Escrever no quadro:

Ação e reação: A terceira lei de Newton (pág 122, 123 do livro)

"Se um corpo "A" exerce força num corpo "B", o corpo "B" exerce sobre "A" uma força de mesmo módulo e direção, mas de sentido contrário"

Dizer aos alunos que as forças são sempre exercidas em pares, não existe ação sem reação. Chamar a atenção para o fato que embora as forças de ação e reação sejam iguais e contrárias, nunca têm resultante nula. Isso porque elas não podem ser somadas vetorialmente pois estão aplicadas em corpos diferentes.

20. Como exemplo prático da Lei da ação e reação, pode-se explicar porque um avião voa. A força que impulsiona a asa do avião para cima e o faz voar é uma força de reação à força centrípeta do ar que passa pela parte de cima da asa descrevendo uma trajetória curva. Chamamos esse fenômeno de Efeito Coanda.

Usaremos um experimento de demonstração para que os alunos observem o Efeito Coanda. O kit experimental trata-se de um perfil de asa preso a dois trilhos verticais e uma turbina de ar. Quando a turbina é ligada na frente do perfil, o deslocamento de ar faz com que a asa flutue, ficando presa ao trilho vertical.

Outro exemplo que deve ser apresentado é a Força Normal, como não sendo uma força de reação a Força Peso.

21. Resolver com os alunos os exercícios da seção "Exercícios resolvidos" 5, 6, 7, 8 e 9 das páginas 124 e 125 do livro didático.

22. Pedir para que os alunos resolvam os exercícios da Seção "Para você pensar e resolver da página 125 como tarefa.

23. **Aula seguinte (3ª aula)** - visar os exercícios deixados como tarefa e tirar as dúvidas dos alunos em relação a eles.

24. Dizer aos alunos. Na aula anterior chegamos a conclusão que para um corpo manter uma trajetória circular é necessário que sobre ele exista uma força que aponte para o centro da curva. A essa força damos o nome de Força Centrípeta. Também vimos a definição de Newton de força como o produto da massa pela aceleração e a primeira consequência da interrupção abrupta do movimento de translação da Terra pela Lei da Inércia. Hoje procuraremos entender um pouco melhor o conceito de Força Centrípeta e nas aulas seguintes, a natureza da força de ação à distância que mantém a Terra em seu movimento circular.

25. Escrever no quadro:

Força Centrípeta (pág 201 a 204 do livro)

Desenhar no quadro a figura 58:

Figura 58 – Força centrípeta

Fonte: <https://rizzofisico.wordpress.com/tag/forca-centripeta/>

Sabemos que de acordo com a 2ª Lei de Newton: $F = m \cdot a$

A aceleração é centrípeta, então: $F = m \cdot a_c$

Como: $a_c = \frac{v^2}{R}$ então:

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{R} \longrightarrow \text{Força Centrípeta}$$

Assim se calcula a força que mantém um móvel em trajetória circular.

26. Dizer aos alunos: Essa força centrípeta pode ser de contato, como a força de atrito que faz o carro manter uma trajetória circular, ou pode ser uma força de ação à distância como aquela que mantém a Terra em trajetória circular em torno do Sol, chamada Força Gravitacional.

27. Dizer aos alunos: Consideraremos em primeiro lugar a força de contato.

28. Perguntar aos alunos: Todos conhecem o globo da morte? (Pedir para que abram seus livros na página 203 para verem uma foto) Se esse globo tiver um raio de 2,5 m, qual seria a velocidade mínima que o motociclista pode passar pelo teto sem cair?

Resolver esse exercício

29. Atividade experimental: Mostrar o Looping para os alunos com duas esferas de massa visivelmente diferentes.

Dizer aos alunos: Vocês vão se dividir em duplas. O objetivo é calcular qual a velocidade mínima que cada uma dessas esferas deve ter para passar pelo looping sem cair. Esses cálculos devem estar no caderno de vocês e em uma folha para me entregar. (O objetivo dessa atividade é fazer que os alunos percebam que a massa não influencia na velocidade das esferas)

30. **Aula seguinte (4ª aula)** - Dizer aos alunos: Existe outra força centrípeta de contato. Esta é a força de atrito que é responsável por manter um carro em uma trajetória circular.

Escrever o título no quadro:

Força de atrito (pág 170 a 172 do livro)

Dizer aos alunos: A força de atrito é uma força dissipativa que se opõe ao movimento. Embora seja estudada desde o século XV ainda hoje a natureza dessa força é incompreendida. Em 1785 Charles Coulomb fez distinção entre dois tipos de força de atrito: o atrito estático, quando não há movimento, e o atrito dinâmico, quando há movimento. O atrito estático é maior que o atrito dinâmico, porque a força para fazer um objeto parado começar a se movimentar é maior do que a força para mantê-lo em movimento. Muitos autores de livros didáticos apresentam a explicação de Coulomb para a natureza da força de atrito, como sendo devido ao encaixe microscópico entre as superfícies em contato, mas em 1950 Bowden e Tabor verificaram que a área de contato entre as duas superfícies é mínima, o que tornou a teoria de Coulomb inviável. Segundo Gaspar (2000) essa descoberta levou a uma nova hipótese: devido a proximidade entre as moléculas dos materiais em contato, surgem forças eletromagnéticas de adesão que soldam microparcelas das superfícies que estão em contato. Assim quando uma superfície é arrastada sobre outra, ocorrem sucessivas soldas, rupturas e deslizamento que dá origem a força de atrito.

Força de atrito estático - A força de atrito estático ocorre quando a força aplicada não é suficiente para mover um objeto. O objeto só começa a se mover depois que esta força é superada.

$$F_{ae} < \mu_e \cdot N$$

Onde F_{ae} = Força de atrito estático, medido em Newtons

μ_e = Coeficiente de atrito estático, não possui unidade

N = Força Normal, medida em Newtons

Explicar aos alunos do motivo de o coeficiente de atrito não possuir unidade, e que esse valor depende das irregularidades das duas superfícies que estão em contato.

Força de atrito dinâmico - A força de atrito dinâmico é a força que se opõe ao movimento que já se estabeleceu. Percebe-se que é mais fácil manter um objeto em movimento do que fazê-lo iniciar seu movimento. Isso ocorre porque o coeficiente de atrito dinâmico é menor do que o coeficiente de atrito estático.

$$F_{ad} = \mu_d \cdot N$$

Onde: F_{ad} = Força de atrito dinâmico, medido em Newtons

μ_d = Coeficiente de atrito dinâmico, não possui unidade

N = Força Normal, medida em Newtons

Na página 171 do livro didático existe uma tabela com o valor dos coeficiente de atrito estático e dinâmico entre diferentes superfícies.

31. Resolver o exercício 4 da seção "Exercícios resolvidos" da página 172 do livro didático. O objetivo de se resolver esse exercício é fazer com que o aluno compreenda o conceito de atrito estático e dinâmico, vendo essa diferença no gráfico construído.

32. **Nas aulas seguintes (5ª e 6ª aula)** - Dividir os alunos em grupos de três pessoas. Entregar para os alunos o roteiro e o kit experimental (anexo1).

33. **Nas aulas seguintes (7ª e 8ª aula)** - Projetar o vídeo 1 (movimento elíptico da Terra em trono do Sol. Perguntar para os alunos: Com base naquilo que estudamos nas aulas anteriores, o que mantém o movimento elíptico (que aproximamos para circular) da Terra em trono do Sol? Esperar as respostas dos alunos. Ajudá-los, se necessário, a responder que tal movimento se deve a uma força centrípeta, que segura a Terra nessa trajetória.

Dizer aos alunos: Nas aulas anteriores vimos que a força centrípeta se manifesta de duas formas, força de contato e a distância. Como exemplo da força centrípeta que se estabelece por contato, estudamos a força de atrito, que é responsável por manter um carro em uma trajetória circular, por exemplo. Uma outra situação que essa força se manifesta é quando giramos uma pedra presa em um barbante. Esse barbante exerce uma força centrípeta sobre a pedra e a mantém na trajetória circular. Mas e quanto ao nosso planeta? Como a força centrípeta se manifesta?

Ouvir e anotar as respostas dos alunos.

Dizer aos alunos: A Terra se mantém presa ao Sol em uma trajetória elíptica por conta de uma força centrípeta exercida sem contato, isto é, à distância. Essa é a mesma força que faz com que os objetos caiam na direção do centro da Terra. Tal força é chamada de Força gravitacional.

Como vimos no vídeo "Assim na Terra como no céu" da série "Poeira das estrelas" o responsável por essa teoria é o físico inglês Isaac Newton. Ele não só imaginou essa explicação para o fenômeno do movimento dos planetas em torno do Sol, mas propôs uma lei com a qual podemos calcular o valor dessa força centrípeta. Esta é conhecida como "Lei da gravitação universal".

Escrever no quadro:

Lei da Gravitação Universal (pg 289 do livro didático)

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Onde: F = força gravitacional, medida em Newtons

G = Constante gravitacional, cujo valor é $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

m_1 e m_2 = massa das partículas, medida em quilogramas

r = a distância entre as partículas, medida em metros

A origem dessa força está na massa das partículas. Segundo Newton, massa atrai massa, e essa força de atração está relacionada a um conceito muito importante na Física moderna que é o conceito de campo.

Podemos dizer que campo gravitacional é uma região de dimensões infinitas onde pode-se verificar a influência da massa de uma partícula sobre outra. Essa influência se manifesta na forma uma força de atração que é diretamente proporcional a massa das partículas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

Resolver com os alunos: Usando os dados da tabela "O sistema solar" da página 290 do livro didático, calcule a força de atração do Sol em relação a Terra.

Dizer aos alunos: Não confundam a constante universal G com a aceleração

gravitacional g . A aceleração gravitacional não é uma constante, pois depende da massa do planeta e da distância que se está do centro desse planeta.

Podemos calcular o módulo da aceleração gravitacional na superfície de qualquer planeta da seguinte forma:

Sabemos que de acordo com Newton a força de atração gravitacional é:

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

Como a força de atração gravitacional que a Terra exerce em um corpo é o peso desse corpo:

$$P = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

Como $P = m \cdot g$

$$m \cdot g = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

$$g = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2 \cdot m}$$

$$g = G \cdot \frac{M}{r^2}$$

Onde:

g = aceleração gravitacional, medida em m/s^2

G = constante universal

M = massa do planeta em quilogramas

r = raio do planeta em metros

Para saber a aceleração gravitacional de um corpo que está a uma determinada distância em relação a superfície do planeta:

$$g = G \cdot \frac{M}{(r+h)^2}$$

Onde h é a distância ou altura do objeto em relação à superfície do planeta.

34. Resolver com os alunos os exercícios 6 e 7 da seção "Exercícios resolvidos" da página 295 do livro didático.
35. Pedir para que os alunos resolvam em duplas os seguintes exercícios: Da seção "Para você pensar e resolver" da página 292, exercícios 5, 6 e 7. Da seção "Para você pensar e resolver" da página 295, exercícios 8 e 9. Informar que todos os alunos devem ter os exercícios resolvidos no caderno e, para a aula da semana que vem, os exercícios resolvidos devem ser entregues em uma folha de almaço para avaliação.
36. Propor para os alunos o seguinte trabalho:
Os alunos devem formar grupos de quatro pessoas.
Cada grupo deve escolher um planeta do sistema solar, incluindo o planeta anão Plutão e fazer uma pesquisa sobre as características físicas desse planeta, como sua

constituição, atmosfera, temperatura média e órbita. Também deve ser pesquisado aspectos culturais relativos a esse planeta, como a mitologia.

Esse trabalho deve conter também o cálculo de seu período de revolução em torno do Sol, usando a terceira Lei de Kepler e a força de atração que o Sol exerce sobre ele.

Deve-se preparar slides em PowerPoint para apresentação para aos demais colegas.

Cada grupo terá 10 minutos para apresentar seu trabalho.

37. Entregar para os alunos e explicar o critério de avaliação desse trabalho (anexo 2: Critério de avaliação de apresentação de trabalho)

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo:

- Resolução dos exercícios propostos
- Resolução da situação problema do *Looping*
- Roteiro experimental
- Trabalho sobre um planeta do sistema solar

Avaliação do procedimento:

- Organização das notas de aula e resolução de exercícios no caderno
- Organização durante os procedimentos da atividade experimental e na análise de dados do roteiro experimental

Avaliação da atitude

- Participação ativa nas discussões e procedimentos propostos pelo professor
- Respeito às opiniões dos colegas
- Participação e contribuição para o grupo durante os procedimentos experimentais
- Cumprimento do acordo firmado no início do ano

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

Monteiro, Marco Aurélio Alvarenga; Monteiro, Isabel Cristina de Castro; Gaspar, Alberto. Abordagem experimental da força de atrito em aulas de Física do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, 2012.

Roteiro experimental

1. Título:

Força de atrito

2. Objetivo:

Determinar a força de atrito estático entre um bloco de madeira e uma superfície de madeira

3. Introdução teórica:

A força de atrito é uma força dissipativa que se opõe ao movimento.

Embora seja estudada desde o século XV ainda hoje a natureza dessa força é incompreendida. Em 1785 Charles Coulomb fez distinção entre dois tipos de força de atrito: o atrito estático, quando não há movimento, e o atrito dinâmico, quando há movimento. O atrito estático é maior que o atrito dinâmico, porque a força para fazer um objeto parado começar a se movimentar é maior do que a força para mantê-lo em movimento. Muitos autores de livros didáticos apresentam a explicação de Coulomb para a natureza da força de atrito, como sendo devido ao encaixe microscópico entre as superfícies em contato como mostra a figura 59.

Figura 59 – Imagem ampliada do ponto de contato entre duas superfícies

Fonte: <http://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/forca-de-atrito-entenda-o-que-sao-atrito-estatico-e-atrito-cinetico.htm>

Mas em 1950 Bowden e Tabor verificaram que a área de contato entre as duas superfícies é mínima, o que tornou a teoria de Coulomb inviável. Segundo Gaspar (2000) essa descoberta levou a uma nova hipótese: devido a proximidade entre as moléculas dos materiais em contato, surgem forças eletromagnéticas de adesão que soldam microparcels das superfícies que estão em contato. Assim quando uma superfície é arrastada sobre outra, ocorrem sucessivas soldas, rupturas e deslizamento que dá origem a força de atrito, como representado na figura 60:

Figura 60 – Imagem ampliada do ponto de contato entre duas superfícies

Fonte: ALVARENGA MONTEIRO, Marco Aurélio; DE CASTRO MONTEIRO, Isabel Cristina; GASPAR, Alberto. ABORDAGEM EXPERIMENTAL DA FORÇA DE ATRITO EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, 2012.

Matematicamente podemos dizer que:

Força de atrito estático - A força de atrito estático ocorre quando a força aplicada não é suficiente para mover um objeto. O objeto só começa a se mover depois que esta força é superada.

$$F_{ae} < \mu_e \cdot N$$

Onde F_{ae} = Força de atrito estático, medido em Newtons

μ_e = Coeficiente de atrito estático, não possui unidade

N = Força Normal, medida em Newtons

Explicar aos alunos do motivo de o coeficiente de atrito não possuir unidade, e que esse valor depende das irregularidades das duas superfícies que estão em contato.

Força de atrito dinâmico - A força de atrito dinâmico é a força que se opõe ao movimento que já se estabeleceu. Percebe-se que é mais fácil manter um objeto em movimento do que fazê-lo iniciar seu movimento. Isso ocorre porque o coeficiente de atrito dinâmico é menor do que o coeficiente de atrito estático.

$$F_{ad} = \mu_d \cdot N$$

Onde: F_{ad} = Força de atrito dinâmico, medido em Newtons

μ_d = Coeficiente de atrito dinâmico, não possui unidade

N = Força Normal, medida em Newtons

4. Materiais utilizados

5. Procedimentos

Atividade 1

1. Nosso objetivo é calcular o coeficiente de atrito estático entre a superfície do bloco e da tábua. Para isso, primeiramente calcularemos a força de atrito estático entre o bloco e a tábua.
2. Meça e anote na tabela 1 o comprimento da mola que está presa no bloco e na régua (x_0).
3. Com o conjunto bloco-régua-mola em repouso sobre a tábua colocada na horizontal, puxe a régua que está presa a mola e ao bloco com uma força variável na horizontal até o conjunto ficar na eminência de movimento. Verifique o comprimento da mola (x) e anote na tabela 1.
4. Calcule o valor do alongamento da mola (Δx), sabendo que $\Delta x = x - x_0$.
5. Para saber qual foi a força aplicada sobre o conjunto, e portanto, a força de atrito estático, use a Lei de Hooke. Essa lei estabelece uma relação de proporcionalidade direta entre a força exercida em um corpo elástico e o seu alongamento. Matematicamente falando:

$$F = K \cdot \Delta x$$

F = Força aplicada, no nosso caso a força de atrito estático, medido em Newtons

K = Constante da mola, cujo valor está escrito no seu kit experimental.

Δx = alongamento da mola, que deve ser medido em metros

Faça esse cálculo e anote o valor na tabela 1.

6. Repita os procedimentos acima duas vezes e anote os resultados na tabela 1
7. Agora determinaremos o valor da força Normal exercida pela tábua sobre o bloco.
8. Meça e anote na tabela 2 o comprimento da mola que está presa no bloco e na régua (x_0).
9. Como a Normal é igual a força peso, pendure verticalmente o conjunto bloco-régua-mola. verifique e anote o valor do comprimento da mola (x) na tabela 2.
10. Usando a Lei de Hooke, calcule a força peso do conjunto bloco-régua-mola e anote o valor na tabela 2.
11. Repita os procedimentos 7 a 11 mais duas vezes e anote os resultados na tabela 2.
12. Agora, com o valor obtido para a força de atrito estático (F_{ae}) e da força normal (N), é possível calcular o coeficiente de atrito estático entre a tábua e o bloco. Para isso basta usar a equação:

$$F_{ae} = \mu_e \cdot N$$

$$\mu_e = \frac{F_{ae}}{N}$$

Faça o cálculo e anote o resultado.

Atividade 2

13. Coloque o peso dado pelo professor sobre a placa de metal do conjunto Bloco-régua-mola.
14. Repita todos os procedimentos anteriores e anote os dados nas tabelas 3 e 4
15. Calcule o valor do coeficiente de atrito estático usando as orientações do procedimento 12 e anote o resultado.

6. Resultados:

Tabela 18.1 - Força de atrito estático

Constante elástica da mola (K)_____

Medida	Comprimento inicial da mola X_0 (m)	Comprimento da mola X (m)	Alongamento da mola: $\Delta X = X - X_0$ (m)	Força de atrito estático $F = K \cdot \Delta X$ (N)
1ª				
2ª				
3ª				
Valor médio das medidas				

Tabela 18.2 - Força Normal

Constante elástica da mola (K)_____

Medida	Comprimento inicial da mola X_0 (m)	Comprimento da mola X (m)	Alongamento da mola: $\Delta X = X - X_0$ (m)	Força Normal $F = K \cdot \Delta X$ (N)
1ª				
2ª				
3ª				
Valor médio das medidas				

Cálculo do Coeficiente de atrito estático

--

Valor do coeficiente de atrito estático: _____

Tabela 18.3 - Força de atrito estático

Constante elástica da mola (K) _____

Medida	Comprimento inicial da mola X_0 (m)	Comprimento da mola X (m)	Alongamento da mola: $\Delta X = X - X_0$ (m)	Força de atrito estático $F = K \cdot \Delta X$ (N)
1 ^a				
2 ^a				
3 ^a				
Valor médio das medidas				

Tabela 18.4 - Força Normal

Constante elástica da mola (K) _____

Medida	Comprimento inicial da mola X_0 (m)	Comprimento da mola X (m)	Alongamento da mola: $\Delta X = X - X_0$ (m)	Força Normal $F = K \cdot \Delta X$ (N)
1 ^a				
2 ^a				
3 ^a				
Valor médio das medidas				

Cálculo do Coeficiente de atrito estático

Valor do coeficiente de atrito estático: _____

7. Responda:

1. Qual a relação entre a força de atrito e peso de um objeto?

2. Qual a relação entre o coeficiente de atrito e o peso de um objeto?

3. Por que sempre calculamos os valores médios das medidas efetuadas no experimento?

Montagem do equipamento: "Determinação do coeficiente de atrito estático"

1. Material utilizado

- 1 placa de madeira 15 X 10 cm com um corte no centro do 15 mm de largura
- 1 placa de madeira 15 X 25 cm
- 1 régua de madeira de 30 cm
- 2 pitões
- 5 parafusos pequenos de rosca soberba
- 1 placa de plástico ou de madeira fina 7 X 11 cm
- 1 mola

Figura 61 – Material utilizado para a construção do equipamento

Fonte: Arquivo pessoal do autor

2. Montagem do equipamento

1. A placa de madeira menor deve ter um corte passante em sua superfície superior de aproximadamente 15 mm de largura para que uma régua de madeira possa se movimentar longitudinalmente por ele.

Figura 62 – Corte passante na superfície superior da placa de madeira

Fonte: Arquivo pessoal do autor

2. Parafuse a placa de plástico sobre a placa de madeira menor de modo a dar estabilidade de movimento à régua conforme a figura 63.

Figura 63 – Fixando a placa de plástico sobre a placa de madeira

Fonte: Arquivo pessoal do autor

3. Parafuse um dos pitões na extremidade inicial e um parafuso transversalmente à régua de madeira conforme a figura 64:

Figura 64 – Fixação do pitão e do parafuso na régua de madeira

Fonte: Arquivo pessoal do autor

4. Parafuse o outro pitão em uma das extremidades da placa de madeira menor um pouco abaixo do corte longitudinal conforme a figura 65.

Figura 65 – Fixando o pitão na placa de madeira

Fonte: Arquivo pessoal do autor

5. Insira a régua no corte longitudinal e prenda uma extremidade da mola no pitão da placa de madeira e a outra no parafuso transversal da régua conforme indica a figura 66.

Figura 66 – Ligando a mola à placa de madeira e à régua

Fonte: Arquivo pessoal do autor

6. Coloque o dispositivo montado sobre a placa de madeira maior. O aparato experimental está pronto.

Figura 67 – O equipamento pronto

Fonte: Arquivo pessoal do autor

APÊNDICE S – Atividade 19 – Lançamento horizontal e oblíquo

ATIVIDADE 19 – LANÇAMENTO HORIZONTAL E OBLÍQUO	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: ESTUDO DA ÓRBITA TERRESTRE	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 8 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da aula, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar relatórios analíticos, apresentando e discutindo dados e resultados, seja de experimentos ou de avaliações críticas de situações, fazendo uso, sempre que necessário, da linguagem Física apropriada. • Compreender e emitir juízos próprios sobre notícias com temas relativos à ciência e tecnologia, veiculadas pelas diferentes mídias, de forma analítica e crítica, posicionando-se com argumentação clara. • Identificar regularidades, associando fenômenos que ocorrem em situações semelhantes, para utilizar as leis que expressam essas regularidades, na análise e previsões de situações do dia-a-dia. • Fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas. • Interpretar e fazer uso de modelos explicativos, reconhecendo suas condições de aplicação. • Perceber o papel desempenhado pelo conhecimento físico no desenvolvimento da tecnologia e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da história. 	
CONTEÚDOS:	
<p>Lançamento horizontal Lançamento oblíquo</p>	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Dizer aos alunos: Nós sabemos que o que mantém a Terra em seu movimento elíptico em torno do Sol é uma força centrípeta de ação à distância, denominada força gravitacional. Mas se existe uma força de atração contínua sobre a Terra, o que a faz manter distância do Sol e não colidir com ele? 2. Ouvir as respostas dos alunos, anotá-las no quadro e pedir para que eles façam o mesmo no caderno. 3. Dizer aos alunos: Para que possamos entender como a Terra mantém sua órbita em torno do Sol, seria interessante estudarmos como se coloca em órbita os satélites artificiais responsáveis por nossa comunicação. Para isso, dividam-se em duplas para a leitura do texto. Respondam as questões propostos para me entregarem no final dessa aula. 4. Entregar o texto "Lançamento de satélites" de Luciano Camargo Martins (anexo). Recolher o questionário no final da aula. 	

5. Na aula seguinte 2ª aula: Levar os alunos para a sala do "Acessa escola"

Dizer aos alunos: Quando falamos em lançamento de satélites e toda a tecnologia que está por trás disso, pensamos imediatamente nos EUA, mais especificamente na Nasa.

E quanto ao Brasil? O que está sendo feito em nosso país?

Com o auxílio de um datashow passar um vídeo com os primeiros seis minutos da entrevista com o Ten. Reinaldo Flores Coelho do Instituto de Estudos Avançados da Aeronáutica em que ele fala dos projetos brasileiros para lançamento de satélites disponível no *Youtube*.

Depois de assistirem ao vídeo, pedir para os alunos fazerem uma pesquisa na internet sobre:

1. O que é o projeto VLS?
2. No vídeo que assistimos o Ten. Reinaldo fala de motores hipersônicos desenvolvidos no Brasil. Que tipo de motor é esse?
3. Por que a Base de Alcântara é um bom local para o lançamento de foguetes?

Fornecer alguns Links para os alunos começarem sua pesquisa:

http://www.defesabr.com/Tecno/tecno_14X.htm

<http://www.aereo.jor.br/tag/vls/>

6. No final da aula, pedir para que os alunos formem grupos de 4 pessoas para a atividade que será desenvolvida na próxima semana. Pedir para que os alunos pesquisem a fabricação de um foguete de garrafas pet. Os grupos devem se reunir durante a semana para ler o artigo e providenciar os equipamentos necessários para a próxima aula.

Nas aulas seguintes - 3ª e 4ª aula: Essas aulas serão dedicadas para a montagem do foguete, da plataforma de lançamento e testes. O lançamento oficial e, portanto, a avaliação, será feita na primeira aula da próxima semana. Explicar para os alunos e entregar para cada grupo os critérios de avaliação (que seguem neste apêndice). Dizer aos alunos que anotem todos os dados relativos a fabricação do foguete, o alcance que ele atingiu em todos os lançamentos, os ângulos de lançamento e demais informações que julgem necessárias, porque depois das aulas teóricas eles deverão preparar um relatório nos moldes dos roteiros experimentais usados nas aulas anteriores. Pedir que, no relatório, os alunos façam um diagrama de forças que agem sobre o foguete antes e durante o lançamento, e que a partir desse diagrama, estimem a força que deve ser superada pelo sistema de propulsão.

A partir dos dados coletados durante o lançamento, os alunos devem calcular e anotar qual a altura máxima que seu foguete alcançou no item "Resultados" de seu relatório.

7. **5ª aula:** Lançamento de foguetes e avaliação dos projetos.

8. **6ª aula:** Dizer aos alunos: O principal critério de avaliação usado no experimento da aula anterior foi o alcance do foguete lançado. Diante disso, qual é o melhor ângulo de lançamento de um objeto? Qual o maior alcance que posso conseguir com esse lançamento? Qual a altura máxima atingida por esse objeto? Tais perguntas podem ser respondidas quando estudamos um caso especial de lançamento chamado Lançamento oblíquo.

9. Antes de respondermos essas perguntas, precisamos definir algumas coisas:

Consideraremos a resistência do ar desprezível

Consideraremos a aceleração gravitacional $g = 10 \text{ m/s}^2$

O ângulo de lançamento não poderá ultrapassar nem ser igual a 90°

A altura do objeto do objeto em relação ao solo no momento de seu lançamento não será considerada.

10. Projetar a imagem ou desenhar no quadro a figura 68:

Figura 68 – Lançamento oblíquo

Fonte: <http://pt.slideshare.net/cristavo/lanamento-de-projeteis-mariana-e-natalie>

11. Dizer aos alunos: Quando se lança um objeto, a trajetória descrita por ele será parabólica. Aplicando o princípio de simultaneidade de Galileu, podemos decompor o movimento do objeto em dois outros: um na direção vertical (eixo y) e outro na direção horizontal (eixo x). O movimento no eixo x é uniforme, pois não possui aceleração, mas o movimento no eixo y encontramos a aceleração da gravidade com sinal negativo, pois o objeto está subindo.

Assim:

Eixo x: Movimento uniforme	Eixo y: Movimento uniformemente variado
$S_x = S_{0x} + V_{0x} \cdot t$	$S_y = S_{0y} + V_{0y} \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$ $V_y = V_{0y} - g \cdot t$ $V_y^2 = V_{0y}^2 - 2 \cdot g \cdot \Delta S_y$

12. Desenhar no quadro a decomposição da velocidade de um objeto que foi lançado obliquamente conforme a figura 69.

Figura 69 – Decomposição a velocidade de um objeto lançado obliquamente.

Fonte: <http://tutoriadefisica.blogspot.com.br/2013/10/fisica-e-o-futebol.html>

O objeto se desloca no sentido da soma vetorial das velocidade no eixo y (V_{0y}) e no eixo x (V_{0x}), onde θ é o ângulo de lançamento.

Decompondo a velocidade inicial:

$$\begin{aligned} V_{0x} &= V_0 \cdot \cos \theta \\ V_{0y} &= V_0 \cdot \sin \theta \end{aligned}$$

13. Assim para o cálculo da altura máxima atingida pelo objeto:

$$V_y^2 = V_{0y}^2 - 2 \cdot g \cdot \Delta S_y$$

Como a velocidade vertical (no eixo y) é zero nesse instante e que ΔS_y corresponde a altura h:

$$0 = V_{0y}^2 - 2 \cdot g \cdot h_{\text{máx}}$$

$$h_{\text{máx}} = \frac{V_{0y}^2}{2 \cdot g}$$

Como $V_{0y} = V_0 \cdot \sin \theta$:

$$h_{\text{máx}} = \frac{(V_0 \cdot \sin \theta)^2}{2 \cdot g}$$

Podemos determinar também o tempo que o objeto demora para atingir essa altura:

$$V_y = V_{0y} - g \cdot t$$

Como $V_y = 0$

$$0 = V_{0y} - g \cdot t$$

$$t = \frac{V_{0y}}{g}$$

Como $V_{0y} = V_0 \cdot \sin \theta$

$$t = \frac{V_0 \cdot \sin \theta}{g}$$

O tempo de subida é igual ao tempo de descida

Por fim, podemos calcular o alcance do objeto:

$$S_x = S_{0x} + V_{0x} \cdot t$$

Como:

$$S_{0x} = 0$$

$$V_{0x} = V_0 \cdot \cos \theta$$

$$t = \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sin \theta}{g} \quad \text{pois temos que considerar o tempo de subida e de descida}$$

$$S_x = V_0 \cdot \cos \theta \cdot \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sin \theta}{g}$$

$$S_x = \frac{V_0^2 \cdot 2 \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta}{g}$$

$$\text{Alcance} = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\theta}{g}$$

13. Resolver o exercício abaixo com os alunos:

Ao bater um tiro de meta, um goleiro imprime à bola uma velocidade de 25 m/s, formando um ângulo inclinado em relação à horizontal, sendo que $\sin \theta = 0,8$ e $\cos \theta = 0,6$. Admita no local, a resistência do ar seja desprezível e adote $g = 10 \text{ m/s}^2$. Supondo que a bola volte ao solo sem ser parada por qualquer jogador, determine:

- a) a altura máxima atingida por ela
- b) a velocidade da bola na altura máxima
- c) o seu tempo total de voo
- d) seu alcance

13. **7ª aula:** Dizer aos alunos: No texto "Lançamento de Satélites" que vocês leram em uma das aulas anteriores, tinha o exemplo de um projétil lançado horizontalmente por um canhão do alto de uma montanha com velocidade cada vez maior. O autor afirma que chegará o momento em que o projétil não mais voltará a estabelecer contato com o solo, ele entrará em órbita. Esse tipo de lançamento é chamado de Lançamento Horizontal e é um caso especial de lançamento oblíquo, quando o ângulo θ de lançamento é zero. Mas o que ocorre num lançamento horizontal? Considere a figura:

14. Desenhar o projetar a figura 70:

Figura 70 – Decomposição da velocidade de um objeto lançado horizontalmente

Fonte: <http://pontov.com.br/site/index.php/matematica-e-fisica/305-lancamento-horizontal-no-vacu-xna>

No lançamento oblíquo as componentes V_x e V_y da velocidade inicial eram diferentes de

zero, agora uma delas (V_y) é zero. A trajetória descrita por um projétil lançado horizontalmente descreve uma trajetória curva e não uma parábola completa como no lançamento oblíquo.

Analisando a composição de movimentos chegamos a conclusão que por conta da ação da aceleração gravitacional o corpo cairá simultaneamente em queda livre num movimento uniformemente variado ao mesmo tempo em que na direção horizontal a velocidade permanece constante.

Assim, como o ângulo de lançamento é zero:

$$V_{0x} = V_0 \cdot \cos 0^\circ = V_0$$

$$V_{0y} = V_0 \cdot \sin 0^\circ = 0$$

15. Dizer aos alunos: Podemos calcular o tempo de que de um objeto lançado verticalmente:

$$S = S_0 + V_0 \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Como estamos considerando o movimento na vertical:

$$S_y = S_{0y} + V_{0y} \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Como: $V_{0y} = 0$ e o projétil está se movendo contra o referencial:

$$S_y - S_{0y} = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$\Delta S = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$T_q = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta S}{g}}$$

Onde ΔS corresponde a altura.

16. Dizer aos alunos: Podemos concluir algo muito com essa equação. Assim como Galileu verificou, quando dois corpos são lançados, um em queda livre e outro em lançamento horizontal da mesma altura, eles alcançam o solo ao mesmo, pois a velocidade de lançamento horizontal não interfere na queda.

17. Dizer aos alunos: Agora podemos calcular o alcance de um projétil lançado horizontalmente usando a função horária do MRU.

$$S_x = S_{0x} + V_{0x} \cdot t_q$$

Como: $S_{0x} = 0$

$$T_q = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta S}{g}}$$

$$S_x = V_{0x} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta S}{g}}$$

18. Dizer aos alunos: Podemos também determinar a velocidade do projétil em cada instante do movimento usando o conceito de adição vetorial.

19. Desenhe no quadro a figura 71:

Figura 71 – Decomposição da velocidade de um objeto lançado horizontalmente

Fonte: <http://www.alunosonline.com.br/fisica/lancamento-horizontal.html>

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

$$\begin{aligned} \text{Sendo: } V_x &= V_0 \\ V_y &= g \cdot t \end{aligned}$$

20. Resolver o seguinte exercício com os alunos:

(UFJF - MG) Um canhão encontra-se na borda de um penhasco diante do mar, conforme mostra a figura. Esse canhão está 78,4 m acima do nível do mar, e ele dispara horizontalmente um projétil com velocidade inicial de 15,0 m/s. Desprezando a resistência do ar e considerando a aceleração da gravidade como $9,8 \text{ m/s}^2$, em quanto tempo e a que distância da base do penhasco o projétil irá atingir o mar?

21. Entregar a lista de exercícios que deve ser iniciada nessa aula para ser entregue no final da próxima aula.

21. **8ª aula:** Resolução dos exercícios da lista. Marcar a data para a entrega dos relatórios referentes ao Lançamento do foguete.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo:

- Questionário do texto "Lançamento de Satélites"
- Pesquisa na sala do Acesso Escola
- Resolução dos exercícios e problemas propostos
- Elaboração do relatório sobre o lançamento de foguete
- Notas de aula

Avaliação do procedimento:

- Participação ativa nas discussões em sala de aula
- Participação ativa nas atividades desenvolvidas em grupo

Avaliação da atitude

- Comprometimento nas atividades propostas
- Respeito e atenção às opiniões dos colegas

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

SUZUKI, A.T.; VASQUES, R.A. **Física**. São Paulo: CPB, 2011. v. 2

OLIVEIRA, M. P. P. **Física em Contextos**. São Paulo/BRA: Editora FTD, 2010. v. 1

Lançamento de Satélites

Por Luciano Camargo Martins - dfi2lcm@joinville.udesc.br - com adaptações

Tal como a Lua, giram hoje ao redor da Terra vários satélites artificiais. Entre eles encontram-se satélites para previsão do tempo, para comunicações telefônicas, para enviar imagens televisionadas, para auxílio à navegação aérea e marítima, e satélites que funcionam como observatórios astronômicos, muito acima da atmosfera terrestre.

Para colocar um satélite em órbita é necessário vencer dois grandes obstáculos. Primeiro: a gravidade terrestre, que nunca deixa de exercer sua influência. Segundo, a resistência imposta pela atmosfera, através da qual o satélite deve passar para alcançar sua órbita.

Gravidade

O antigo ditado "tudo que sobe cai" não é verdadeiro, se o objeto subir com a velocidade adequada. Se o foguete alcançar a velocidade de pouco mais de 11,26 km/s, aproximadamente 40.536 km/h, poderá escapar da Terra. Apesar da gravidade da terrestre continuar a desacelerá-lo, sua velocidade inicial é suficiente para permitir a fuga, prosseguindo talvez para a Lua, Vênus, Marte ou tornando-se uma satélite do Sol.

Para colocar um satélite em órbita ao redor da Terra, a uma altitude de 322 km, deve-se impulsioná-lo até atingir a velocidade de aproximadamente 28.962 km/h. A força da gravidade fica equilibrada pela força produzida pela velocidade do satélite em órbita. Assim, para responder à pergunta "o que faz um satélite permanecer em órbita?" é necessário entender os efeitos da gravidade e da velocidade do satélite.

Suponhamos que um projétil seja lançado por um canhão, horizontalmente, do alto de uma montanha, com velocidade cada vez maior. Desprezando a resistência do ar, haverá de chegar um momento em que o projétil não mais voltará a estabelecer contato com o solo, ele entrará em órbita.

Os satélites são projéteis disparados com uma velocidade tal que não possam mais aterrissar. Eles caem continuamente rumo à Terra, porque são atraídos pela força da gravidade, mas a superfície curva da Terra impede-os de aterrissar.

Na realidade, para colocar em órbita um satélite, não o disparamos horizontalmente com uma grande velocidade. Ele é levado por um foguete que, enquanto o eleva, lhe fornece também a velocidade horizontal necessária para fazê-lo permanecer em órbita.

É importante observar que, mesmo em órbita, a força gravitacional da Terra continua a existir, do contrário o satélite se moveria em linha reta e se perderia no espaço.

A própria Terra é um exemplo de um corpo que se move suficientemente rápido (cerca de 29 km/s ou 107 000 km/h) para não cair sobre o Sol, porém não tão rapidamente que a permita romper o sistema solar. Os satélites artificiais tornam-se menos misteriosos quando se percebe que eles obedecem às mesmas leis que regem os planetas nas suas órbitas ao redor do Sol.

Permanência em órbita

Quando se tem conhecimento que um satélite artificial em órbita não tem motor para impulsioná-lo (exceto para pequenos ajustes de posição) surge logo a pergunta "como se mantém em movimento, então?" É uma pergunta perfeitamente natural porque nossa

observação diária mostra que os veículos - carros, trens, barcos - param se não forem continuamente impulsionados por um motor qualquer.

Entretanto, o que nem sempre é percebido e entendido é o fato de terem todos esses veículos uma força que se opõe ao movimento, resultante do contato com a terra, água, ar, etc. Sem atrito, um carro pode movimentar-se indefinidamente, com o motor desligado. Newton expressou esse fato em uma das suas leis, quando estabeleceu que um corpo permanece em movimento uniforme a menos que seja obrigado a mudar seu estado por forças atuantes sobre ele.

Em altitudes de 160 km, ou acima, o efeito da atmosfera terrestre é muito fraco, de modo que nada há para diminuir a velocidade do satélite. Naturalmente, alguns satélites tiveram vida curta não por deficiências de projeto, mas por terem sido lançados em órbitas que cruzaram as partes mais baixas, mais densas, da atmosfera terrestre.

A atmosfera

A atmosfera terrestre é um elemento que deve ser considerado. Acabamos de ver que um satélite artificial deve estar acima da atmosfera, para que não tenha sua velocidade diminuída, e, em consequência, reduzida a sua capacidade de se opor aos efeitos da gravidade.

As camadas da atmosfera terrestre e as suas temperaturas típicas.

No planejamento de uma missão, desde o lançamento do foguete até o momento em que a nave fica acima do ar, a atmosfera deve ser levada em consideração. O veículo deve ser aerodinâmico de modo a tornar a resistência do ar um valor mínimo. A velocidade na baixa atmosfera não deve ser muito grande, porque a força de atrito aumenta com a velocidade. Além disso, o calor resultante desse atrito eleva a temperatura a valores que podem ser nocivos ao material da nave.

Questionário

Responda essas questões em uma folha para ser entregue no final da aula. Não é necessário copiar as perguntas.

1. Por que deve-se levar em consideração a gravidade terrestre e a resistência imposta pela atmosfera ao se colocar um satélite em órbita?
2. O que faz um satélite permanecer em órbita?
3. Os satélites artificiais que orbitam a Terra assim como os planetas que orbitam o Sol não possuem motor. Como eles mantêm sua velocidade?

Parâmetros de avaliação do lançamento de foguetes

1. Alcance do foguete:

1º Lugar: _____ 10 pontos

2º Lugar: _____ 9 pontos

3º Lugar: _____ 8 pontos

Funcionou: _____ 7 pontos

Não funcionou: _____ 2 pontos

2. Trabalho em grupo

a) Possui todo o material necessário para a construção

() Ótimo () Bom () Regular () Insatisfatório

b) Possui todas as ferramentas necessárias para a construção do foguete

() Ótimo () Bom () Regular () Insatisfatório

c) Todos os membros do grupo trabalharam no projeto e construção do foguete

() Ótimo () Bom () Regular () Insatisfatório

d) Organização na montagem do foguete

() Ótimo () Bom () Regular () Insatisfatório

e) Limpeza da área de trabalho

() Ótimo () Bom () Regular () Insatisfatório

3. Relatório

a) Layout do relatório

() Ótimo () Bom () Regular () Insatisfatório

b) Definição do objetivo

() Ótimo () Bom () Regular () Insatisfatório

c) Procedimento de montagem do foguete

() Ótimo () Bom () Regular () Insatisfatório

d) Introdução teórica

() Ótimo () Bom () Regular () Insatisfatório

e) Resultados

() Ótimo () Bom () Regular () Insatisfatório

f) Conclusão

() Ótimo () Bom () Regular () Insatisfatório

Conceito	Nota
Ótimo	10
Bom	8
Regular	5
Insatisfatório	2

A nota do trabalho será tirada pela média aritmética das notas de cada item.

Lista de exercícios

- 1) (CEFET) Uma bola de pingue-pongue rola sobre uma mesa com velocidade constante de 2m/s. Após sair da mesa, cai, atingindo o chão a uma distância de 0,80m dos pés da mesa. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$, despreze a resistência do ar e determine:
- a) a altura da mesa.
 - b) o tempo gasto para atingir o solo.
- 2) (STA CASA-SP) Um canhão, em solo plano e horizontal, dispara uma bala, com ângulo de tiro de 30° . A velocidade inicial da bala é 500 m/s. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$ o valor da aceleração da gravidade no local, qual a altura máxima da bala em relação ao solo, em km?
- 3) (PUCC-SP) Calcular o alcance de um projétil lançado por um morteiro com velocidade inicial de 100 m/s, sabendo-se que o ângulo formado entre o morteiro e a horizontal é de 30° . Adotar $g = 10 \text{ m/s}^2$.
- 4) (UEL - PR) O que acontece com o movimento de dois corpos, de massas diferentes, ao serem lançados horizontalmente com a mesma velocidade, de uma mesma altura e ao mesmo tempo?
- a) O objeto de maior massa atingirá o solo primeiro
 - b) O objeto de menor massa atingirá o solo primeiro
 - c) Os dois atingirão o solo simultaneamente
 - d) O objeto mais leve percorrerá distância maior
 - e) As acelerações de cada objeto serão diferentes
5. (EsPCEEx - SP) Dois corpos A e B, situados a 10 m do solo, são simultaneamente testados em um experimento. O corpo A é abandonado ao mesmo tempo em que B é lançado horizontalmente com uma velocidade inicial $V_0 = 20 \text{ m/s}$. Desprezando-se a resistência do ar, a diferença entre o tempo da queda dos corpos A e B em segundos é:
- a) 3,0
 - b) 4,0
 - c) 0,0
 - d) 2,2
 - e) 1,8

Obs. Faça os cálculos para justificar sua resposta

APÊNDICE T – Atividade 20 – Energia e sua conservação

ATIVIDADE 20 – ENERGIA E SUA CONSERVAÇÃO	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: O CONCEITO DE ENERGIA	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 8 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da atividade, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer e saber utilizar corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas da Física. • Conhecer as unidades e as relações entre as unidades de uma mesma grandeza Física para fazer traduções entre elas e utilizá-las adequadamente. • Construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas; construir tabelas e transformá-las em gráfico. • Ler e interpretar corretamente tabelas, gráficos, esquemas e diagramas, apresentados em textos. • Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. • Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa efeito, para ser capaz de estabelecer previsões. • Identificar regularidades, associando fenômenos que ocorrem em situações semelhantes, para utilizar as leis que expressam essas regularidades, na análise e previsões de situações do dia-a-dia. • Identificar transformações de energia e a conservação que dá sentido a essas transformações, quantificando-as quando necessário. Identificar também formas de dissipação de energia e as limitações quanto aos tipos de transformações possíveis, impostas pela existência, na natureza, de processos irreversíveis. • Adquirir uma compreensão cósmica do Universo, das teorias relativas ao seu surgimento e sua evolução, assim como do surgimento da vida, de forma a poder situar a Terra, a vida e o ser humano em suas dimensões espaciais e temporais no Universo. • Reconhecer que, se de um lado a tecnologia melhora a qualidade de vida do homem, do outro ela pode trazer efeitos que precisam ser ponderados para um posicionamento responsável. • Reconhecer, em situações concretas, a relação entre Física e ética, seja na definição de procedimentos para a melhoria das de vida, seja em questões como do desarmamento nuclear ou em mobilizações pela paz mundial. 	
CONTEÚDOS:	
<p>Trabalho Energia mecânica</p>	

Conservação da energia mecânica
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Escrever no quadro: Nós sabemos que a Terra se movimenta. O que aconteceria se ela parasse? 2. Dizer aos alunos: Vocês já são capazes de melhorar as respostas dadas anteriormente. Basta consultar suas notas de aula e roteiros experimentais produzidos nas aulas anteriores. 3. Hoje procuraremos nos aprofundar um pouco mais nesse assunto, para que no final do curso possamos responder a essa pergunta de maneira satisfatória. 4. Pedir para que os alunos sentem em duplas, e entregar o texto "Os maiores desafios da astronomia moderna" (anexo). Pedir para que eles respondam ao questionário em uma folha para ser entregue. 5. Recolher o questionário e perguntar aos alunos: De acordo com o artigo, do que o universo é formado, basicamente? O que é mais abundante no universo? 6. Os alunos devem responder que cerca de 70% do universo é Energia escura. 7. Dizer aos alunos: Diante disso, se quisermos entender o nosso universo ou o que ocorre nele, é necessário que saibamos o conceito de energia. 8. Perguntar aos alunos: Vocês já se perguntaram de onde vem a força de atração gravitacional que mantém o planeta Terra girando em torno do Sol ou o que faz a Terra manter sua velocidade de translação? 9. Dizer aos alunos: No primeiro caso, podemos responder que essa força existe por conta de uma energia associada ao campo gravitacional entre a Terra e o Sol. No segundo caso, dizemos que existe uma energia que está associada a velocidade da Terra. Na próxima aula definiremos o conceito de energia. 10. 2ª aula - Dizer aos alunos: Define-se energia como a capacidade de se realizar trabalho. Os físicos sabem muito de energia, conhecem inúmeras formas de energia e expressões matemáticas para calcular seu valor. Sabem que é algo indestrutível na natureza, cujo valor total num determinado fenômeno é sempre o mesmo. Mas não sabem o que é energia. 11. Dizer aos alunos: A partir da definição clássica, associamos a energia a outra grandeza Física chamada trabalho. Mas o que é trabalho? Além de ser uma maneira de se medir a energia de um corpo, o trabalho, para a Física, é a relação sempre presente na natureza entre duas grandezas: força e deslocamento. Portanto, só exercemos trabalho num corpo se aplicarmos a ele uma força e essa força produzir um deslocamento. 12. O assunto que estamos tratando está na página 214 do livro didático. Para entendermos esse conceito matematicamente, considere a figura 72 :

Figura 72 – Força e deslocamento

Fonte: http://www.kidsgen.com/school_projects/powerful_levers.htm

É fácil perceber que a força (**F**) aplicada pela moça na alavanca para levantar a caixa pesada é tanto menor quanto maior for a distância percorrida pela extremidade da alavanca onde a força foi exercida (d_f) em relação a extremidade onde está a caixa (d_p). Se a distância d_f for dez vezes maior que a distância d_p , então a força **F** será dez vezes menor que a força **P**.

$$Fd_f = Pd_p = \text{Constante}$$

Outro exemplo: Um automóvel consumindo a mesma quantidade de combustível, percorre uma pista horizontal e uma pista inclinada. Na pista horizontal a força exercida pelo motor (F_h) é menor, enquanto o deslocamento (d_h) é maior. Na pista inclinada a força exercida pelo motor é maior (F_i) enquanto o deslocamento é menor (d_i). Assim:

$$F_h d_h = F_i d_i = \text{Constante}$$

Podemos concluir que o produto $F \cdot d$ é sempre uma constante e está relacionada a quantidade de combustível, pois quanto maior a quantidade de combustível usada maior será a distância percorrida nos dois casos.

Se chamarmos de energia a quantidade de energia aquilo que o combustível fornece ao motor podemos concluir que essa energia pode ser medida pelo produto da força pelo deslocamento. Se o trabalho deve ser a medida dessa energia, a definição de trabalho deve se basear nesse produto.

Logo o trabalho de uma força constante (desenhe a figura 73):

Figura 73 – Ângulo entre uma força aplicada e o deslocamento

Fonte: <http://docplayer.com.br/154785-Programa-de-nivelamento-2010.html>

Se aplicarmos uma força F num ângulo θ em relação a horizontal e com essa força provocarmos um deslocamento d no bloco:

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos\theta$$

Considere a figura 74 que representa o trabalho para uma força variável:

Figura 74 – Gráfico de uma força variável que provoca deslocamento de um móvel

Fonte: <http://profrosimeire.xpg.uol.com.br/conservacao-da-energia-mecanica-trabalho-de-uma-forca.html>

A partir do gráfico que representa a variação da força aplicada durante o deslocamento de um objeto, pode-se calcular o trabalho realizado pela força.

$$\tau = A$$

onde: "A" é a área sob a "curva".

Como o trabalho é produto da distância e a força, sua unidade será N.m ou Joule (J).

13. Resolver com os alunos o exercício 1 da página 216 e 3 da página 219 da seção "Exercícios resolvidos" do livro didático. Lembrar aos alunos que eles não precisam copiar o exercício nem a resolução pois ambos se encontram no livro didático. Eles só devem fazer algumas anotações e prestar a atenção.

14. Pedir para que façam os exercícios 1, 2, 3, 4 da página 218 e exercício 7 da página 219 como tarefa para a próxima semana.

15. **Aula 3** - Na aula anterior vimos que a maior parte do universo é formado por energia e que se quisermos entender um pouco melhor o que ocorre nele, temos que entender o que é isso. Definimos energia como a capacidade de realizar trabalho, e depois procuramos compreender o conceito de trabalho.

16. Fazer uma rápida revisão do conceito de trabalho. Tirar dúvidas da lista de exercícios deixada como tarefa.

17. Dizer aos alunos: Existem muitas fontes e tipos de energia. Para o nosso planeta a fonte primordial de energia é Sol. A energia que vem dele ilumina e aquece a Terra durante o dia e mantém a vida das plantas clorofiladas, que usam essa energia para a fotossíntese. Para se ter uma ideia da importância de sua importância para a nossa existência, basta mencionar que, com exceção da energia nuclear, todas as outras formas de energia usadas para suprir as várias necessidades da sociedade são direta ou indiretamente proveniente do Sol.

Quando comemos nosso organismo transforma a energia solar que está armazenada nos alimentos em energia para nos movimentar, falar e pensar. As máquinas nada mais são do que dispositivos que transformam um tipo de energia em outro, ou transformam um tipo de energia em trabalho.

Existem muitas formas de energia, e sobre esse assunto estudaremos durante todo o curso de Física do Ensino Médio. Como nosso foco é o estudo dos movimentos, consideraremos dois tipos de energia:

Energia Cinética - está associada a todo corpo que está em movimento

Energia Potencial - está associada a um corpo devido sua posição.

18. Escrever no quadro:

Energia cinética - página 236 do livro

Se a energia cinética está associada ao movimento de um corpo, então todo corpo que possui velocidade também possui uma energia cinética associada.

19. Deduzir a equação da energia cinética com os alunos no quadro:

Dizer aos alunos: Vamos considerar um corpo de massa m que esteja inicialmente parado, ou seja, com energia cinética nula. Esse corpo recebe a ação de uma força constante e passa a ter uma aceleração. Qual a distância percorrida por esse corpo para que ele passe a possuir uma velocidade v ?

Da equação de Torricelli:

$$V^2 = V_0^2 + 2a\Delta S$$

Como ΔS é a distância percorrida, então chamaremos de d .

$$V^2 = V_0^2 + 2ad$$

Como ele parte do repouso, então $V_0 = 0$

$$V^2 = 2ad$$

$$d = \frac{V^2}{2a}$$

Como houve força aplicada e deslocamento, então essa força realizou trabalho.

$$\tau = F \cdot d$$

$$\text{como: } d = \frac{V^2}{2a}$$

$$\tau = F \cdot \frac{V^2}{2a}$$

Sabemos pela segunda lei de Newton que $F = m \cdot a$

$$\tau = m \cdot a \cdot \frac{V^2}{2a}$$

Temos então que:

$$\tau = \frac{m \cdot V^2}{2}$$

Como o trabalho é uma medida da energia, podemos dizer que a equação que define a energia cinética de um móvel é:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \rightarrow \text{equação da energia cinética}$$

Se o corpo tivesse uma velocidade inicial diferente de 0:

$$\tau = \frac{m \cdot (v^2 - v_0^2)}{2}$$

$$\tau = E_c - E_{ci}$$

$$\tau = \Delta E_c \rightarrow \text{teorema da energia cinética}$$

20. Escrever no quadro:

Energia potencial - Página 241 do livro

Existem dois tipos de energia potencial: Energia potencial gravitacional e a Energia potencial elástica.

Fazer um desenho no quadro que represente um corpo numa determinada altura e outro sob a ação de uma mola comprimida.

Dizer aos alunos: Em ambos os casos o corpo tem capacidade de realizar trabalho pois tem energia armazenada por causa da sua posição. Esse tipo de energia que está associada a posição de um corpo é chamada de energia potencial.

21. Escrever no quadro:

Energia potencial gravitacional

Desenhara figura 75:

Figura 75 – Um objeto que está a certa altura do solo

Fonte: <http://imagebasket.net/429-gravitational-potential-energy-pictures.php>

Vamos calcular o trabalho que o peso pode realizar ao longo do deslocamento da pedra que é a sua altura.

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos\theta$$

$$\text{Como: } F = m \cdot a$$

$$\Theta = 0$$

$$\tau = m \cdot a \cdot d \cdot 1$$

Como: a distância d corresponde a altura h

$$\tau = m \cdot a \cdot (h - h_0)$$

$$\tau = m \cdot a \cdot h$$

Como a aceleração é gravitacional: $a = g$

$$\tau = m \cdot g \cdot h$$

Como o trabalho é uma medida da Energia:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

22. Escrever no quadro:

Energia potencial elástica - página 242 e 243 do livro

A força que a mola exerce sobre um corpo é dada pela lei de Hooke:

$$F = K \cdot x$$

Onde K é a constante da mola e x é a variação do seu comprimento (alongamento ou contração).

Graficamente podemos perceber que de acordo com a lei de Hooke a força fornecida pela mola ao corpo é variável, pois conforme alongamos ou comprimimos uma mola, mais força ela exerce sobre o corpo. Assim para calcularmos o trabalho realizado por essa força, temos que calcular a área (A) sob a "curva". Desenhe a figura 76:

Figura 76 – Gráfico Força elástica versus deformação da mola

Fonte: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2011/10/cursos-do-blog-mecanica_10.html

Como a figura formada é um triângulo e a área do triângulo é:

$$A = \frac{b \cdot h}{2}$$

Onde: $A = \tau$

$b = x$ (deformação da mola)

$h = F$ (força exercida pela mola)

$$\tau = \frac{x \cdot F}{2}$$

Como: $F = K \cdot x$

$$\tau = \frac{x \cdot k \cdot x}{2}$$

$$\tau = \frac{K \cdot X^2}{2}$$

Como o trabalho é uma medida de energia:

$$E_{\text{pel}} = \frac{K \cdot X^2}{2}$$

23. **Aula 4** - Resolver com os alunos os exercícios 1, 2 e 3 das páginas 237 e 238; exercícios 7 e 8 das páginas 242 e 243. Deixar como tarefa a resolução dos seguintes exercícios: 1, 2, 3, 4 e 7 da página 240 e exercícios 10, 11, 12 da página 242. Combinar a data de entrega com os alunos.

24. **Aula 5** - Pedir para que os alunos se dividam em duplas. Entregar o roteiro da situação problema que eles devem resolver (anexo).

25. **Aula 6** - Dizer aos alunos: Nosso objetivo continua sendo entender o movimento da Terra ao redor do Sol, e o que ocorreria se esse movimento parasse. No artigo "Os maiores desafios da astronomia moderna" ficamos sabendo que cerca de 70% de todo o universo é formado de energia escura. Diante disso, para que possamos entender o nosso universo, é muito importante que saibamos o que é energia.

26. Fazer uma rápida revisão sobre a definição de energia, energia potencial e cinética.

27. Escrever no quadro:

Princípio da conservação da energia

A energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada de uma forma para outra. Em outras palavras, o total de energia (sob todas as formas) presente no universo é e permanece constante.

28. Explicar para os alunos que se precisamos de um tipo de energia, como energia elétrica, por exemplo, é necessário que transformemos uma forma de energia que já possuímos em energia elétrica. Deixar claro que um objeto que, por exemplo, estava em movimento e parou, não teve sua energia cinética destruída, mas transformada em outro tipo de energia, pois a energia total do universo é constante. Nesse momento seria interessante falar sobre usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares como exemplos de transformação de energia. Outra discussão interessante para esse momento é a obtenção de energia nuclear por fusão (fusão de deutério e trítio com a liberação de energia, hélio e um nêutron) ou fissão (quebra do núcleo do urânio 235, por exemplo, liberando grande energia, Bário, Criptônio e três nêutrons que quebrarão outros três núcleos de Urânio gerando uma reação em cadeia) nuclear.

29. Dizer aos alunos: Por definição podemos chamar a soma da energia cinética com a energia potencial gravitacional e a energia potencial elástica de energia mecânica:

$$E_m = E_c + E_p + E_{\text{pel}}$$

A energia mecânica total se conserva, isto é, permanece sempre a mesma.

30. Para que os alunos possam entender o que isso significa, Usando esquemas e desenhos pode-se discutir as três situações diferentes em que haja transformação de energia, mas a conservação da energia total, como:

- Primeira situação: Um corpo abandonado de uma certa altura. Antes de ser abandonado, esse corpo possuía, associada a sua altura, uma energia potencial. Conforme ele cai, sua altura em relação ao solo diminui (sua energia potencial gravitacional diminui) ao passo que sua velocidade aumenta, por ela estar sendo acelerada pela gravidade (sua energia cinética aumenta). Na iminência do choque com o solo, toda energia potencial gravitacional se transformou em cinética, ou seja, a energia se conservou.
- Segunda situação: Digamos que temos um plano horizontal sem atrito, e sobre ele colocamos um bloco preso a uma mola. Puxamos esse bloco e consequentemente esticamos a mola. Por conta disso, haverá uma energia potencial elástica sobre o bloco. Ao soltamos o bloco, a mola tende a voltar a sua posição natural, isto é, sua energia potencial elástica vai diminuindo conforme a mola vai voltando a sua posição normal, mas a velocidade do bloco vai aumentando pois ele está acelerado devido a força exercida pela mola. Na iminência da mola voltar a sua posição natural, a velocidade do bloco é máxima, pois toda a energia potencial gravitacional se transformou em cinética. Isso quer dizer que a energia total se conservou.
- terceira situação. Considere o sistema representado pela figura 77:

Figura 77 – Transformação da energia mecânica

Fonte: http://professor.bio.br/fisica/provas_comentarios.asp?section=

Imagine que não há atrito entre o bloco e a trajetória até a mola e que a resistência do ar é desprezível. Se soltarmos o bloco no alto do plano inclinado, sua energia potencial se transformará totalmente em energia cinética quando ele se movimentar na trajetória plana. Ao se chocar com a mola, conforme ele deforma a mola sua velocidade (energia cinética) vai diminuindo, enquanto a energia potencial elástica da mola aumenta. Quando o bloco parar, toda a sua energia cinética se transformou em potencial elástica. A mola tende a voltar a sua posição inicial, e para isso empurrará o bloco. Nesse processo, conforme a mola volta para sua posição inicial, sua energia potencial elástica diminui enquanto a energia cinética associada a velocidade do bloco aumenta. Quando a mola voltar a sua posição inicial toda a sua energia potencial elástica se transformou em energia cinética associada a velocidade do bloco. Conforme o bloco sobe o plano inclinado, sua velocidade (energia cinética) vai diminuindo conforme a energia potencial associada a altura aumenta. Quando o bloco chegar na mesma altura em que foi abandonado inicialmente, ele irá parar, pois toda energia associada a sua velocidade (cinética) se transformou em

energia associada a sua altura (potencial). Então o movimento se iniciará novamente e assim ficará eternamente se desconsiderarmos o atrito e a resistência do ar.

31. Discutir com os alunos: Como estamos considerando uma situação ideal, o bloco deverá voltar sempre para a sua posição inicial. Ele nunca irá parar numa posição mais alta no plano inclinado, pois a energia não pode ser criada, e nunca numa posição mais baixa, pois a energia não pode ser destruída.

Isso quer dizer que:

$$E_{mA} = E_{mB}$$

31. Nesse momento faremos uma atividade experimental demonstrativa, que tem como objetivo demonstrar a conservação da energia mecânica de uma maneira lúdica.

Para isso, deve-se amarrar uma bola de boliche em uma corda e fazer um pêndulo com ela. Pedir que um aluno se aproxime e estique a corda, colocando a bola de boliche próxima ao rosto. Depois ele deve soltar a corda e ficar parado enquanto o pêndulo executa seu movimento. Com essa atividade pretende-se mostrar que o pêndulo nunca ultrapassará a altura em que foi abandonado, pois a energia não pode ser criada. Provavelmente os alunos perceberão que a altura do pêndulo na volta será menor. Essa é uma boa oportunidade para se falar do trabalho das forças dissipativas como atrito e resistência do ar.

32. Depois dessa atividade pode-se mostrar o looping. Para que uma esfera consiga fazer a trajetória completa, ela precisa ser abandonada no trilho em uma altura maior ou igual ao ponto mais alto do looping. Mostrar nesse experimento que as forças dissipativas estão presentes.

33. **Aula 7** - Rever com os alunos rapidamente o conceito de conservação da energia mecânica e resolver com eles os exercícios: 2, 3, 4 e 5 das páginas 255 e 256 do livro.

34. **Aula 8** - Pedir para que os alunos formem duplas para a resolução de exercícios do livro. Essas resoluções devem ser entregue no final da aula. Exercícios 4, 5, 7, 9 e 11 das páginas 257 e 258.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo:

- Questionário do texto "Os maiores desafios da astronomia moderna"
- Resolução dos exercícios e problemas propostos
- Resolução da Situação problema: Distância de freamento
- Notas de aula

Avaliação do procedimento:

- Participação ativa nas discussões em sala de aula
- Participação ativa nas atividades desenvolvidas em grupo

Avaliação da atitude

- Comprometimento nas atividades propostas
- Respeito e atenção às opiniões dos colegas

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

SUZUKI, A.T.; VASQUES, R.A. **Física**. CPB, 2011. v. 3

OS MAIORES DESAFIOS DA ASTRONOMIA MODERNA

Claudia Mendes de Oliveira; Duília de Mello

Qual o tamanho do universo, como ele se formou, como chegou até aqui? Essas perguntas básicas sempre estiveram na mente do ser humano e constituem os fundamentos da astronomia. Para respondê-las tivemos que investir em tecnologia, inventar instrumentos, construir telescópios, lançar satélites. São quatro séculos de dedicação ao avanço da fronteira do conhecimento desde que Galileu Galilei apontou um telescópio para o universo, mas apenas 40 anos desde que pousamos na Lua.

Neste Núcleo Temático apresentamos alguns dos projetos de instrumentação que estão sendo construídos para desvendar os maiores enigmas e desafios da astronomia moderna: energia e matéria escuras, planetas extra solares, explosões estelares e buracos negros. Convidamos membros da comunidade científica brasileira que são especialistas nesses temas para nos contar um pouco sobre cada um desses assuntos que são alvo da ciência atual. Apresentamos também um artigo sobre a história da astronomia, que fornece um panorama da astronomia planetária desde a Antiguidade, ressaltando as continuidades e rupturas da revolução astronômica. E, para concluir, damos um panorama da astronomia no Brasil, incluindo a situação dos programas da pós-graduação no país.

Uma das revelações mais dramáticas e de maior impacto dos últimos tempos da cosmologia foi a descoberta da matéria escura e da energia escura. As evidências astronômicas apontam que o universo visível, ou seja, tudo que é feito de átomos (ou matéria bariônica), representa apenas 4% da densidade total do universo. O restante é feito de algo que nunca conseguimos medir diretamente: matéria escura (26%) e energia escura (70%). Temos apenas evidências cinemáticas de que elas existem e tudo indica que as matérias luminosa e escura interajam apenas através de forças gravitacionais. A conexão entre essas duas quantidades continua sem explicação.

Descobrir e entender os constituintes do universo é de grande interesse dos astrônomos e dos físicos de partículas, e tema central de estudos das duas comunidades na próxima década. A Agência Espacial Americana (Nasa), por exemplo, já anunciou o JDEM (Joint Dark Energy Mission) projeto ainda em fase de estudos e que acreditamos que se tornará o maior projeto espacial do futuro. A missão terá como papel principal medir, com altíssima precisão, a expansão do universo e tentar revelar se realmente o cosmo é composto na sua maioria por energia escura. Ainda não há uma data certa para o JDEM ser lançado, mas ele será contemporâneo dos telescópios gigantes terrestres que deverão ultrapassar os 20 metros de diâmetro.

Se você quiser ler o restante desse artigo e conhecer melhor os desafios da astronomia moderna, acesse: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252009000400009&script=sci_arttext&tlng=en

Claudia Mendes de Oliveira é professora titular do Instituto de Astronomia, GeoFísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (USP).

Duília de Mello é pesquisadora do Goddard Space Flight Center, nos EUA.

Questionário:

1. Quais são os maiores enigmas e desafios da astronomia moderna?
2. De acordo com as autoras, qual é uma das revelações mais dramáticas e de maior impacto na cosmologia moderna?
3. De que é feito o universo, de acordo com o artigo? Qual a proporção de cada elemento constituinte do universo?
4. O que tem sido feito pela comunidade científica para descobrir e entender os constituintes do universo?

Situação problema: Distância de freamento (atividade da página 244 do livro)

No artigo "Limitação da velocidade máxima à noite em função do alcance útil dos faróis", de Ventura Raphael Martello Filho e Valdir Florenzo, temos a informação de que, se um carro estiver em uma estrada seca e seus pneus forem novos, a sua aceleração de freamento poderá chegar ao valor máximo de aproximadamente $7,5 \text{ m/s}^2$.

Com esse dado é possível determinar o módulo da força resultante máxima de freamento que pode ser exercida por um automóvel. Basta saber a massa de automóvel e aplicar a segunda lei de Newton. Com esse valor e aplicando o teorema da energia cinética pode ser feita uma análise simples e muito interessante relacionando a velocidade de um automóvel no instante em que seus freios são acionados e a distância que ele vai percorrer até parar. É para isso que propomos essa atividade.

1. Procurem saber qual é a massa de um automóvel e determinem o módulo da força resultante máxima de freamento que pode ser exercida sobre ele (suponha que a estrada é horizontal).
2. Determinem as energias cinéticas desse automóvel para algumas velocidades iniciais de freamento. Sugerimos esses valores: 36 km/h (10 m/s); 54 km/h (15 m/s); 72 km/h (20 m/s); 90 km/h (25 m/s); 108 km/h (30 m/s); 126 km/h (35 m/s); 144 km/h (40 m/s).
3. Considerando que seja aplicada no automóvel uma força resultante máxima de freamento e aplicando o teorema da energia cinética, determinem a distância em metros percorrida por ele até parar para cada velocidade inicial considerada.
4. Como os dados obtidos, complete a tabela abaixo:

Velocidade de freamento (V_0 ; Km/h)	36	54	72	90	108	126	144
Distância percorrida até parar (d; m)							

5. Com os dados da tabela, construa o gráfico $V_0(\text{km/h}) \times d(\text{m})$ na folha de papel quadriculado entregue.
6. Tendo em vista a relação entre a variação da distância de freagem com a variação da velocidade mostrada no gráfico, que conclusões vocês podem tirar quanto ao risco decorrente do aumento da velocidade de um carro?

APÊNDICE U – Atividade 21 – Quantidade de Movimento

ATIVIDADE 21 – QUANTIDADE DE MOVIMENTO E SUA CONSERVAÇÃO	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: QUANTIDADE DE MOVIMENTO	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 8 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Ao final da atividade, esperamos que cada aluno seja capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Argumentar claramente sobre seus pontos de vista, apresentando razões e justificativas claras e consistentes. • Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. • Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa efeito, para ser capaz de estabelecer previsões. • Reconhecer a existência de invariantes que impõe condições sobre o que pode e o que não pode acontecer, em processos naturais, para fazer uso desses invariantes na análise de situações cotidianas. • Reconhecer a conservação de determinadas grandezas, como massa, carga elétrica, corrente etc., utilizando essa noção de conservação na análise de situações dadas. • Adquirir uma compreensão cósmica do Universo, das teorias relativas ao seu surgimento e sua evolução, assim como do surgimento da vida, de forma a poder situar a Terra, a vida e o ser humano em suas dimensões espaciais e temporais no Universo. 	
CONTEÚDOS:	
<p>Impulso Quantidade de movimento Conservação da quantidade de movimento</p>	
METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:	
<p>1. Escrever no quadro: Nós sabemos que a Terra se movimenta. O que aconteceria se ela parasse?</p> <p>2. Dizer aos alunos: Temos trabalhado durante o ano todo para responder a essa pergunta de maneira satisfatória, e estudamos muitos tópicos para tentar compreender o movimento de translação da Terra. Nas últimas aulas nos dedicamos ao estudo da energia, pois, de acordo com os astrofísicos modernos, cerca de 70% do universo é energia escura. Estudamos mais profundamente sobre a energia cinética e a energia potencial, sendo que a primeira corresponde a energia associada a velocidade, e a segunda energia associada a posição. É claro que vocês chegaram a conclusão de que se a Terra se movimenta, então</p>	

ela possui uma certa energia cinética associada a sua velocidade.

3. Perguntar aos alunos: Como a Terra adquiriu sua energia cinética? De onde veio essa energia? Leve em conta que a energia não pode ser criada e nem destruída.

4. Esperar respostas dos alunos, escrevê-las no quadro e pedir que eles as anotem em seus cadernos.

5. Usando equipamentos de multimídia discutir com os alunos o texto "A expansão do universo" (anexo). O objetivo é contextualizar com a astronomia e introduzir o conceito de quantidade de movimento e sua conservação antes da sistematização que ocorrerá nas aulas seguintes.

6. **2ª aula** - Pedir para que os alunos se dividam em duplas e entregar a eles o texto "A expansão do universo" e pedir que eles o leiam para responder ao questionário. Ao final da aula recolher os questionários.

7. **3ª aula** - Dizer aos alunos: Nas aulas anteriores, vimos que a energia cinética do universo foi obtida em uma grande explosão chamada Big Bang. Foi a energia dessa explosão que se transformou na energia cinética do universo, e, portanto, na energia cinética da Terra. Vimos também um novo conceito físico: a quantidade de movimento e sua conservação. A expansão do universo pode ser entendida pela conservação da quantidade de movimento.

8. Dizer aos alunos: Hoje iremos procurar entender o que é quantidade de movimento, como calculá-la e como usar o princípio da conservação da quantidade de movimento para explicar e fazer previsões de fenômenos do nosso cotidiano. Assim poderemos usar esse princípio para entender melhor o universo e o movimento de translação da Terra.

9. Escrever no quadro:

Impulso e quantidade de movimento - página 268 do livro

Dizer aos alunos: Para entendermos o que é quantidade de movimento, é necessário que conhecer outro conceito físico importante. Sabemos que empurrar um corpo não é exercer simplesmente uma força sobre ele, mas exercer uma força sobre ele por um determinado tempo. Quanto maior o intervalo de tempo que exercemos uma força sobre um objeto, maior será o efeito dessa força sobre ele. Definimos esse efeito como impulso.

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

Onde: I = impulso - unidade (N.s)

F = força - unidade (N)

Δt = Variação do tempo - unidade (s)

Se a força aplicada sobre o objeto não for constante, ou seja, for variável, o impulso pode ser calculado como a área sob a curva de um gráfico F x t conforme a figura 78:

Figura 78 – Gráfico força variável versus tempo

Fonte: <http://www.alunosonline.com.br/fisica/impulso-uma-forca-variavel.html>

$$I = A$$

10. Escrever no quadro:

Quantidade de movimento

Perguntar aos alunos: O que acontece depois de darmos impulso em um objeto?

Eles devem responder que o objeto passa a se mover.

Dizer aos alunos: Podemos concluir então que, ao dar impulso em um corpo, transmitimos a ele certa quantidade de movimento que fará com que ele passe a ter velocidade se estiver parado ou mude sua direção se estiver em movimento e o impulso for dado em uma direção diferente da velocidade.

Essa quantidade de movimento depende da massa do objeto e de sua velocidade, assim, num jogo de sinuca, quanto maior for a massa ou a velocidade de uma bola ao se chocar com outra, maior será a quantidade de movimento será transferida nessa colisão, ou seja, maior quantidade de movimento passará a ter aquela bola que estava parada quando recebeu o impacto.

Assim podemos definir quantidade de movimento como a medida da capacidade de impulso que reside em um corpo em movimento.

Matematicamente definimos quantidade de movimento como o produto da massa pela velocidade

$$\vec{P} = m \cdot \vec{v}$$

P = quantidade de movimento - unidade (kg.m/s)

m = massa - unidade (kg)

v = velocidade - unidade (m/s)

Podemos associar a quantidade de movimento a primeira lei de Newton, a lei da inércia. Quanto maior for a quantidade de movimento de um corpo maior será a força necessária para fazê-lo parar ou diminuir sua velocidade. Por isso o limite de velocidade para caminhões e ônibus é menor do que para carros de passeio.

11. Deduzir com os alunos o teorema do impulso:

O teorema do impulso é a relação entre o impulso e a quantidade de movimento:

Sabemos que:

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{I} = m \cdot \vec{a} \cdot \Delta t$$

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$$\vec{I} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \cdot \Delta t$$

$$\vec{I} = m \cdot \Delta \vec{v}$$

Portanto:

$$\vec{I} = m \cdot (\vec{v} - \vec{v}_0)$$

Como :

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Então:

$$\vec{I} = \vec{p} - \vec{p}_0$$

$$\boxed{\vec{I} = \Delta \vec{p}} \quad \Longrightarrow \quad \text{Teorema do impulso}$$

O impulso transmitido a um corpo é igual à variação da quantidade de movimento desse corpo.

12. Resolver com os alunos os exercícios 1 da página 269 e 2 da página 271 da seção exercícios resolvidos. Lembrar aos alunos para fazerem somente anotações que julgarem importantes, pois a resolução desses exercícios está no livro.

13. **Aula 4** - Pedir que os alunos se dividam em duplas para resolver a lista de exercícios proposta: exercícios 1, 2, 4 da página 270 e exercício 7 da página 271 da seção "Para você pensar e resolver".

14. **Aula 5** - Escrever no quadro:

Conservação da quantidade de movimento - página 274 do livro

Dizer aos alunos: Nas aulas anteriores definimos o que é impulso e quantidade de movimento além da relação que existe entre os dois. Também vimos que para explicarmos a expansão do universo usamos o conceito de que a quantidade de movimento em um sistema se conserva. É sobre esse conceito que trataremos hoje.

15. Para discutirmos o conceito da conservação da quantidade de movimento, podemos usar o exemplo do autor do livro didático, que fala de um asteróide de massa m percorrendo uma região distante do espaço com velocidade $\vec{v}_0$ em relação a um determinado referencial e livre da ação de forças externas, ou seja, em um sistema isolado. Comentar com os alunos que o princípio da conservação da quantidade de movimento só é válido em sistemas isolados. Nessa situação sua quantidade de movimento é:

$$\vec{p}_0 = m \cdot \vec{v}_0$$

Em determinado instante, por algum processo interno, esse corpo celeste explode em três fragmentos de massa m_1 , m_2 e m_3 que passam a se deslocar como velocidades $\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$ e $\vec{v}_3$. Como não há forças externas o conjunto desses três fragmentos continua sendo o mesmo sistema isolado cuja quantidade de movimento é:

$$\vec{p} = m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 + m_3 \cdot \vec{v}_3$$

Pelo princípio da conservação da quantidade de movimento, pode-se afirmar que a quantidade de movimento inicial do asteróide ($\vec{p}_0$) é igual a soma das quantidades de movimento dos seus fragmentos, ou seja:

$$\vec{p} = \vec{p}_0$$

Essa equação matemática significa que: Num sistema isolado, a quantidade de movimento total permanece constante.

16. Dizer aos alunos que mesmo que haja forças externas atuando, o sistema pode ser considerado isolado desde que a resultante dessas forças seja nula.

17. Para darmos um exemplo qualitativo da conservação da quantidade de movimento, podemos usar o Pêndulo de Newton. A discussão proposta no texto "O pendulo múltiplo, a simetria e a Física moderna" da seção "Atividade" da página 278 do livro didático pode ser usada nessa atividade. Os alunos devem ser desafiados a fazer previsões do que ocorrerá em cada situação proposta pelo professor, usando seus conhecimentos sobre conservação da quantidade de movimento.

Outra atividade interessante que pode ser discutida com os alunos nesse momento é "Uma situação intrigante" da página 275, em que o autor cria uma situação problema em que o uso (inadequado) do princípio conservação da quantidade de movimento produz um resultado absurdo. Tal atividade chamará a atenção dos alunos para a necessidade de termos um sistema isolado, ou seja, livre de forças externas para aplicarmos o princípio da conservação da quantidade de movimento.

18. **Aula 6** - Dizer aos alunos: Já aprendemos a resolver alguns problemas qualitativamente usando o princípio da conservação da quantidade de movimento. Antes de resolvermos um exercício do livro, imagine a seguinte situação:

Um casal de patinadores se posicionam um contra o outro sobre o gelo e se empurra. Desconconsideraremos o atrito e a resistência do ar, então podemos dizer que o sistema rapaz-moça é um sistema isolado. Ambos se afastam, mas aquele que apresenta a menor massa (a moça) adquirirá velocidade maior, devido a conservação da quantidade de movimento.

Para sabermos como isso acontece, considere que a moça tenha massa $m = 50 \text{ kg}$ e o rapaz tenha massa $M = 70 \text{ kg}$. Na situação inicial, quando eles estavam parados, a velocidade era zero, logo a quantidade de movimento inicial (p_0) será zero. Depois que se empurram, pela terceira lei de Newton, a força que o rapaz aplica sobre a moça é a mesma que a moça aplica sobre o rapaz em módulo e direção, mas oposta em relação ao sentido. Se considerarmos que a velocidade do rapaz é de 2 m/s , qual será a velocidade da moça?

$$P_0 = P$$

$$M \cdot v_0 + m \cdot v_0 = M \cdot V_r + m \cdot v_m$$

Como $v_0 = 0$, pois estavam parados

$$0 = M \cdot V_r + m \cdot V_m$$

$$- M \cdot V_r = m \cdot V_m$$

$$V_m = \frac{-M \cdot V_r}{m}$$

O sinal negativo indica que a velocidade da moça é contrária à velocidade do rapaz no sentido de neutralizá-la, para que se conserve a quantidade de movimento zero.

19. Resolver com os alunos os exercícios 5 e 6 das páginas 275 e 276 da seção "Exercícios resolvidos".

20. **Aula 7** - Fazer uma revisão muito breve do princípio da conservação da quantidade de movimento.

21. Pedir que os alunos se dividam em duplas para resolver uma lista de exercícios do livro: Da seção "Para você pensar e resolver" da página 277, deve-se resolver os exercícios 11, 12, 15, 16.

AVALIAÇÃO:

Avaliação do conteúdo:

- Questionário do texto "A expansão do universo"
- Resolução dos exercícios e problemas propostos
- Notas de aula

Avaliação do procedimento:

- Participação ativa nas discussões em sala de aula

- Participação ativa nas atividades desenvolvidas em grupo

Avaliação da atitude

- Comprometimento nas atividades propostas
- Respeito e atenção às opiniões dos colegas

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo/BRA: Ática, 2011. v. 1

SUZUKI, A.T.; VASQUES, R.A. **Física**. CPB, 2011. v. 3

A expansão do universo

[Ilton Miyazato](#), com adaptações

Professor de Física do Colégio São Francisco de Assis em São Paulo (SP)

Introdução

Quem somos? De onde viemos? Para onde vamos? Essas questões acompanham a humanidade desde sua origem. Junto com essas perguntas vêm respostas de todos os tipos, para todas as crenças e lógicas existentes. Não é coincidência que quase todas as religiões apresentem explicações sobre a criação e seus propósitos, pois há um relativo conforto na crença da existência de um Ser superior por trás da criação. Porém, para os cientistas mais céticos, a zona de conforto reside na explicação baseada em fatos que possam ser observados ou reproduzidos de alguma forma. A teoria científica para a origem do universo e seus possíveis desdobramentos serão discutidos nesse texto.

Explosões e quantidade de movimento do sistema

Explicar a expansão do universo não é tão complicado quando partimos do pressuposto da famosa Grande Explosão ou Big Bang, no seu nome original. Os fogos de artifício são exemplos claros e bem representativos, principalmente aqueles que deixam rastros brilhantes a partir de sua explosão, formando esferas de pontos luminosos.

Uma explosão nada mais é que uma expansão gasosa repentina que provoca o lançamento de partículas para todos os lados. Impulsionados pela energia liberada na queima instantânea da pólvora, os fogos figuram uma forma de arte pirotécnica com séculos de exibição.

Explosão em sequência de um dos vários tipos de fogos de artifício. Note que a energia liberada é muito intensa no começo e depois vai se definindo junto com sua luminosidade.

A Física por trás das expansões dos fogos ou de qualquer outra explosão é baseada na conservação da quantidade de movimento. Esse mesmo conceito é o que faz um canhão ter um recuo quando lança o projétil à frente. Por esse motivo, esse elemento de artilharia ganhou rodas e depois molas para amenizar o recuo.

A quantidade de movimento por sua vez é embasada na Terceira Lei de Newton: "Toda ação gera uma reação com mesma direção e intensidade, porém em sentido oposto."

Mecanicamente falando, uma explosão obedece a seguinte fórmula:

$$P_{antes} = P_{depois}$$

A quantidade de movimento do sistema antes é igual à quantidade de movimento do sistema depois. Entenda-se sistema como sendo todos os corpos que interagem durante o evento observado.

No caso de uma explosão, para simplificar a análise, se tomarmos a quantidade de movimento do sistema antes como zero (corpo em repouso), significa que após o evento a quantidade de movimento do sistema obrigatoriamente tem de apresentar valor nulo. Por esse motivo que se observarmos uma partícula indo para a direita depois da explosão, outra tem de ir para a esquerda a fim de anular o movimento do sistema.

Claro que no exemplo citado do canhão, o mesmo não adquire valor de velocidade de recuo igual ao do projétil lançado à frente, pois sua massa é muito maior. A velocidade assumida é inversamente proporcional à massa. Esse fato explica e nos leva à relação entre velocidade, massa e quantidade de movimento, para cada corpo isoladamente:

$$p = m.v$$

A quantidade de movimento é o produto da massa pela velocidade de qualquer corpo em movimento. A quantidade de movimento do sistema nada mais é do que a soma dos produtos da massa de cada corpo pela sua velocidade.

Por analogia, o Big Bang segue o mesmo raciocínio, partindo do pressuposto que ele foi uma Grande Explosão. Claro que a questão do aumento da massa após o evento e quem

teria lançado esse rojão não estão sendo tratados como deveriam, pelo simples fato de que ninguém sabe nada a respeito.

Mesmo desconhecendo essas importantes passagens da origem do universo, sabemos que as galáxias estão se afastando e traçando suas rotas a partir de suas supostas trajetórias, grande parte delas se cruzando em um ponto comum. Os cientistas acreditam que essa interseção das possíveis rotas seja o centro do universo, o ponto de partida de tudo que conhecemos, o início de toda história que pode ser contada.

Aceleração e desaceleração do Universo

Uma das propriedades da matéria é a atração gravitacional, fato que deveria ocasionar a desaceleração da expansão do universo. Para entender esse fenômeno, imaginemos uma explosão de uma bomba em um local longínquo do espaço, afastado de qualquer outro astro que possa interferir de alguma forma. Esse evento espalharia partículas para todos os lados de forma quase indefinida porque existe apenas uma força que age no pós-explosão: a força gravitacional. A mesma força que nos mantém na Terra, por exemplo. Por menor que seja a força, ela, por ser única, é capaz de desacelerar as partículas ejetadas e fazer com que todas retornem ao ponto inicial, ou seja, voltem para o ponto da explosão. Isso não significa que elas voltariam a ser uma bomba integralmente - isso seria impossível do ponto de vista químico visto que houve reação na explosão. Mas o fato delas retornarem é plenamente aceitável pelo motivo da propriedade primordial da matéria: massa atrai massa.

O que intriga os cientistas é o fato de que há cerca de 5 bilhões de anos os aglomerados celestes iniciaram uma aceleração repentina. Após desacelerarem devido à atração gravitacional como estava ocorrendo, começaram a aumentar a velocidade de afastamento. De acordo com as leis da Física, para que haja tal aceleração tem de haver alguma força associada. Como não encontraram nenhuma explicação para o fenômeno observado, chamaram a causa de energia escura.

Uma discussão enriquecedora que pode se transformar em uma semente para um futuro próximo seria discutir o que faria essas galáxias acelerarem. O máximo que os cientistas conseguiram até agora como explicação é apenas o nome da causa desse mistério (energia escura). Sabe-se também que 70% do universo é composto desse elemento, se é que assim podemos classificá-lo.

(Para você ler o texto integralmente e sem adaptações acesse: <http://revistaescola.abril.com.br/ensino-medio/expansao-universo-720947.shtml>)

Questionário:

1. O que é o Big Bang?
2. Explique o que é e o que ocorre em uma explosão?
3. Qual o conceito físico por trás das explosões? Explique esse conceito.
4. De acordo com o autor, qual a principal evidência de que ocorreu o Big Bang?
5. Por conta do Big Bang, o universo expandiu, mas sofreu uma desaceleração, e essa desaceleração era esperada. A que se deve esse fenômeno?
6. Depois de um período desacelerando, a cinco bilhões de anos o universo voltou a se expandir, aumentando a sua velocidade de afastamento. A que se deve essa aceleração dos aglomerados celestes?

APÊNDICE V – Atividade 22 – A montagem de um modelo.

ATIVIDADE 22 – MONTAGEM DO MODELO	
SÉRIE: 1ª EM	
TEMA: MODELO: O QUE ACONTECERIA SE A TERRA PARASSE?	
DISCIPLINA: FÍSICA	NÚMERO DE AULAS: 4 ha
PERÍODO: MATUTINO	ANO LETIVO: 2015
PROFESSOR: ALVARO	
OBJETIVOS:	
<p>Esperamos que esta atividade ajude os alunos a desenvolverem as seguintes competências:</p> <p>Acompanhar o noticiário relativo à ciência em jornais, revistas e notícias veiculadas pela mídia, identificando a questão em discussão e interpretando, com objetividade, seus significados e implicações para participar do que se passa à sua volta.</p> <p>Descrever relatos de fenômenos ou acontecimentos que envolvam conhecimentos físicos, tais como relatos de viagens, visitas ou entrevistas, apresentando com clareza e objetividade suas considerações e fazendo uso apropriado da linguagem da Física.</p> <p>Elaborar relatórios analíticos, apresentando e discutindo dados e resultados, seja de experimentos ou de avaliações críticas de situações, fazendo uso, sempre que necessário, da linguagem Física apropriada.</p> <p>Expressar-se de forma correta e clara em correspondência para os meios de comunicação ou via internet, apresentando pontos de vista, solicitando informações ou esclarecimentos técnico/científicos.</p> <p>Compreender e emitir juízos próprios sobre notícias com temas relativos à ciência e tecnologia, veiculadas pelas diferentes mídias, de forma analítica e crítica, posicionando-se com argumentação clara.</p> <p>Argumentar claramente sobre seus pontos de vista, apresentando razões e justificativas claras e consistentes,</p> <p>Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso.</p> <p>Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa e efeito, para ser capaz de estabelecer previsões.</p> <p>Identificar regularidades, associando fenômenos que ocorrem em situações semelhantes, para utilizar as leis que expressam essas regularidades, na análise e previsões de situações do dia-a-dia.</p> <p>Reconhecer a existência de invariantes que impõe condições sobre o que pode e o que não pode acontecer, em processos naturais, para fazer uso desses invariantes na análise de</p>	

situações cotidianas.

Fazer estimativas de ordens de grandeza para poder fazer previsões.

Conhecer modelos físicos microscópicos, para adquirir uma compreensão mais profunda dos fenômenos e utilizá-los na análise de situações -problema.

Interpretar e fazer uso de modelos explicativos, reconhecendo suas condições de aplicação.

Elaborar modelos simplificados de determinadas situações, a partir dos quais seja possível levantar hipóteses e fazer previsões.

Construir uma visão sistematizada dos diversos tipos de interação e das diferentes naturezas de fenômenos da Física, para poder fazer uso desse conhecimento de forma integrada e articulada.

CONTEÚDOS:

A mecânica newtoniana.

METODOLOGIA, RECURSOS E ESTRATÉGIAS:

1. O professor deve reapresentar a questão geral: Nós sabemos que a Terra se movimenta, o que aconteceria se ela parasse?
Em seguida deve dividir a turma em grupos ou propor que toda a turma trabalhe como um único grupo para criar um modelo que responda a essa pergunta.
2. Os alunos devem ser informados que têm total liberdade para a construção do modelo. Eles podem fazer uma simulação computacional, uma apresentação tradicional, uma dramatização ou um filme, tendo cuidado em respeitar as características de um modelo científico.
3. O professor deve discutir com os alunos o conceito de modelo, lembrando-os da atividade com a caixa preta (apêndice C). É importante que questões como a construção do conhecimento, a incerteza, a interconexão entre todos os conteúdos abordados sejam também discutidos.
4. Durante as reuniões para a construção do modelo, o professor precisa estar atento para orientar os alunos e intervir nas discussões quando julgar necessário.
5. Depois que o modelo estiver construído, os alunos devem apresentá-lo e responder às perguntas do professor, que deve fazê-los vislumbrar os limites de seu trabalho.
6. Durante a discussão que se seguirá a apresentação, o professor deve pedir uma auto avaliação para os alunos, e pedir que eles justifiquem a nota que se deram.

AValiação:

Avaliação do conteúdo:

--

Avaliação do procedimento:

- Participação ativa nas discussões para a construção do modelo.
- Participação ativa na construção do modelo.

Avaliação da atitude

- Comprometimento nas atividades propostas
- Respeito e atenção às opiniões dos colegas

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio - Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

APÊNDICE X – Questionário apresentado ao professores para que opinassem sobre nossa proposta de ensino

Prezado professor. Este questionário é parte de uma pesquisa que visa avaliar a proposta de atividades e metodologias para o Ensino de Ciências da Natureza no Ensino Médio. Solicitamos a gentileza de responder a essas questões expressando seu nível de acordo ou desacordo com cada uma delas. Não é necessário sua identificação. Comunico que ao responder este questionário você estará consentido que suas respostas sejam publicadas numa dissertação de mestrado. Esclareço ainda que nenhum tipo de identificação de sua identidade será informada na pesquisa.

1 – Eu estou inteiramente satisfeito com minha maneira de lecionar. Acho que ela atinge plenamente meus alunos.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

2 – Já tinha ouvido falar de Edgar Morin e conhecia bem suas ideias.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

3 – Na primeira parte do curso, quando foi apresentado a Teoria de Morin sobre o Pensamento Complexo eu achei possível de ser aplicado em sala de aula, levando em conta as condições específicas da disciplina que ministro e da escola onde leciono.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

4 – Na segunda parte do curso, onde nos foi apresentado as atividades levando em conta a Teoria de Morin sobre o Pensamento Complexo eu achei a proposta muito interessante acho possível implementá-la em minha escola, levando em conta as especificidades da disciplina que leciono.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

5 – Com a proposta apresentada acho possível implementar ações interdisciplinares em minha escola..

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

6 – Acho que minhas aulas seriam mais significativas para os alunos se adotasse essa abordagem proposta no ensino de minha disciplina.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

7 – Acho que se adotasse essa proposta os alunos seriam prejudicados em termos de conteúdos de conhecimento específico.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

8 – Acho que essa proposta poderia ser sensivelmente melhorada e, dessa forma, ser mais significativa para os alunos.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

9 – Acho que essa proposta poderia ser adequada para atingir os objetivos propostos pela Secretaria do Estado de São Paulo.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

10 – Nessa questão você pode colocar sua opinião sobre o curso apresentado e a proposta de como utilizar o pensamento de Morin no Ensino de Ciências da Natureza no Ensino Médio.