



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE
FÍSICA - POLO CAMPO MOURÃO**

MAURÍCIO FUSINATO

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O
ENSINO DE COLISÕES NUMA PERSPECTIVA CTS**

**CAMPO MOURÃO
2018**

MAURÍCIO FUSINATO

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O
ENSINO DE COLISÕES NUMA PERSPECTIVA CTS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) – Polo 32, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Coorientador: Prof. Dr. Gilson Junior Schiavon

CAMPO MOURÃO
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

F993u

Fusinato ,Maurício

Uma proposta de sequência didática para o ensino de colisões numa perspectiva CTS / Mauricio Fusinato – 2018.

148 f : il. ; 30 cm.

Texto em português com resumo em inglês

Orientador: Michel Corci Batista

Coorientador: Gilson Junior Schiavon

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Campo Mourão, 2018.

Inclui bibliografias.

1.Acidentes de trânsito. 2 Aprendizagem. 3 Perspectiva .Ensino de Física - Dissertações. I .Batista, Michel Corsi, orient. II.Schiavon, Gilson Junior, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Título.

CDD: 530.07

Biblioteca Câmpus Medianeira
Marci Lucia Nicodem Fischborn 9/1219

TERMO DE APROVAÇÃO

Titulo da dissertação:

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE COLISÕES NUMA PERSPECTIVA CTS

por

Mauricio Fusinato

Esta dissertação foi apresentada às 15h00min. do dia 10 de dezembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENSINO DE FÍSICA, do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física do Departamento de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campo Mourão - Polo 32 do MNPEF - SBF. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação a banca examinadora considerou o trabalho _____(aprovado ou reprovado).

Michel Corci Batista
Universidade Tecnológica do Paraná

Adriana da Silva Fontes
Universidade Tecnológica do Paraná

Luciano Ferreira
Universidade Estadual do Paraná

Dedico esse trabalho à minha mãe pelo exemplo de vida, dedicação e amor ao que faz, à minha esposa que sempre me dá coragem para enfrentar os desafios, mostrando todo o seu amor por mim e à minha filha pelo seu carinho e afeto, todas elas, à sua maneira, me inspiram à continuar e acreditar que tudo pode ser melhor, basta querermos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, nosso Pai, Criador e Senhor de nossas vidas, em Quem confiamos nossos passos, nossa vida e nosso destino. Sem Ele nada poderíamos.

Ao meu orientador, professor Dr. Michel Corci Batista, pelo empenho e dedicação em sanar minhas dúvidas e incertezas, incentivando-me a prosseguir na carreira profissional, sempre buscando o meu melhor, sou-lhe muito grato.

Ao meu co-orientador, professor Dr. Gilson Júnior Schiavon, que muito contribuiu com suas ideias, opiniões e sugestões, ajudando a nortear de maneira valiosa a realização deste trabalho.

Ao amor de meus pais, Juvenal e Polônia, que apesar de muito terem vivido, ainda encontram forças para incentivar, ouvir, aconselhar e mostrar que sempre há motivos para continuar, mesmo que a jornada seja longa e penosa.

À minha esposa Vera, que ao longo desses anos, por seu amor incondicional e irrestrito, tem me apoiado em todos os momentos, me dando ânimo e coragem para enfrentarmos juntos os entraves da vida, buscando novos horizontes.

À minha filha Bianca, que com sua alegria e juventude é fonte de inspiração para acreditar que aprimorando nosso conhecimento é possível estreitar os laços entre nós e as pessoas com quem convivemos.

Aos professores do curso, que cada um à sua maneira, deixaram além de seu conhecimento, lições de vida que me enriqueceram como pessoa.

Aos colegas por compartilharmos de momentos agradáveis de convivência e do aprendizado constante com as diferentes experiências de vida.

Faça as coisas o mais simples que
você puder, porém não se restrinja
às mais simples.

Albert Einstein

FUSINATO, Maurício. **UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE COLISÕES NUMA PERSPECTIVA CTS**, 2018. 127 fls. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.

RESUMO

O tema proposto “colisões no trânsito” tem como origem a divulgação cotidiana na mídia de acidentes de trânsito, que ceifam vidas ou deixam sequelas irrecuperáveis. O objetivo do presente trabalho foi desenvolver e aplicar uma sequência didática como produto educacional direcionado ao ensino médio sobre colisões no trânsito, identificando conceitos físicos presentes em colisões reais do cotidiano, numa perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS. Utilizou-se no desenvolvimento da sequência textos, experimentos, simulação e testes. Acredita-se que, por meio da estratégia de sequência didática, seja possível avançar na apropriação do conhecimento pelos aprendizes, sobre os conceitos físicos presentes nas colisões de trânsito, dando a eles a oportunidade de manifestar suas dúvidas e acertos, concepções e ideias, de uma forma bastante interativa e que permite ainda ao professor intervenções quando necessárias, criando um ambiente de debates e trocas de experiências construtivo e prazeroso. Durante a aplicação, notou-se um gradativo envolvimento dos alunos, porém, com mais pré-disposição para as atividades experimentais. Ficou claro que quando eles podem manusear e discutir entre si, há uma maior satisfação entre os participantes. A abordagem do tema acidentes de trânsito envolve uma quantidade considerável de conceitos físicos e por isso, entendemos que o tema colisões de trânsito deveria constar no currículo escolar da escola básica, pois seria uma ótima oportunidade educacional para os jovens estudantes tomarem consciência desde cedo, das responsabilidades pessoais de cada cidadão de bem.

Palavras-chave: colisões no trânsito, ensino-aprendizagem, perspectiva CTS.

FUSINATO, Maurício. **A DIDATIC SEQUENCE PROPOSAL FOR THE TEACHING OF COLLISIONS IN A STS PERSPECTIVE, 2018.** 127 fls. Dissertation (Professional Master of Physics Teaching) – Federal Technological University of Paraná, Campo Mourão, 2018.

ABSTRACT

The proposed theme “collisions in traffic” has as an origin the daily dissemination of traffic accidents in the media, which steal lives or leave irrecoverable sequels. The objective of the present work was to develop and apply a didactic sequence as an educational product directed to high school about traffic collisions, identifying the physical concepts that are present in real collisions every day, in a Science Technology and Society - STS perspective. It was used in the development of the sequence some texts, experiments, simulations and tests. It is believed that, through the didactic sequence strategy, it is possible to advance in knowledge appropriation by the learners, about the physical concepts present in traffic collisions, giving them the opportunity of expressing their doubts and hits, conceptions and ideas, in a very interactive way that allows to the teacher some interventions when necessary, creating an environment of debate and exchange of constructive and pleasurable experiences. During the application, it was noted that the students were gradually involving in the project, however with a predisposition to experimental activities. It was clear that when they could handle and discuss with each other, there was a bigger satisfaction among them. The approach of the theme traffic accidents involves a considerable amount of physical concepts, and therefore, we understand that the collisions in traffic theme should be present in the school curriculum of basic school, since it would be a great educational opportunity for young students to become aware of personal responsibilities as good citizens.

Keywords: traffic collisions, teaching – learning, STS perspective.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Causas mais frequentes de mortes no trânsito (Pré-teste)	84
Gráfico 2 - Causas mais frequentes de mortes no trânsito (Pós-teste)	84
Gráfico 3 – Responsabilidade de cada um para um trânsito mais seguro (Pré-teste)	84
Gráfico 4 – Responsabilidade de cada um para um trânsito mais seguro (Pós-teste)	84
Gráfico 5 - Exemplos do que você considera imprudência no trânsito (Pré-teste)	85
Gráfico 6 - Exemplos do que você considera imprudência no trânsito (Pós-teste)	85
Gráfico 7 – O que a Física tem a ver com acidentes de trânsito (Pré-teste)	86
Gráfico 8 – O que a Física tem a ver com acidentes de trânsito (Pós-teste)	86
Gráfico 9 – Os “estragos” são maiores numa colisão com uma árvore, do que num caminhão (Pré-teste)	86
Gráfico 10 – Os “estragos” são maiores numa colisão com uma árvore, do que num caminhão (Pós-teste)	86
Gráfico 11 – O que o cinto de segurança e o air bag ajudam a evitar (Pré-teste)	87
Gráfico 12 – O que o cinto de segurança e o air bag ajudam a evitar (Pós-teste)	87
Gráfico 13 – Porque os freios ABS são mais eficientes que o freio à disco (Pré-teste)	88
Gráfico 14 – Porque os freios ABS são mais eficientes que o freio à disco (Pós-teste)	88
Gráfico 15 – Vítimas de acidente entre um veículo de passeio e uma carreta, com base nas leis de Newton (Pré-teste)	89
Gráfico 16 – Vítimas de acidente entre um veículo de passeio e uma carreta, com base nas leis de Newton (Pós-teste)	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação gráfica da força em função do tempo	37
Figura 2 - Conservação do momento linear entre dois corpos: (a) antes e (b) depois da colisão	39
Figura 3 - Esferas de aço menor massa (a) e maior massa (b)	51
Figura 4 – Dimensões do trilho de alumínio sobre a base de madeira	51
Figura 5 – Pontos de soltura da esfera.....	53
Figura 6 – Posição de apoio da esfera com a régua, antes de soltá-la.....	55
Figura 7 – Registros dos alcances da esfera de menor massa em folha de sulfite	57
Figura 8 – Registros dos alcances da esfera de maior massa em folha de sulfite	58
Figura 9 – Esfera de aço 1 na posição A, antes de colidir com esfera 2, na posição X.....	58
Figura 10 – Debate entre os alunos dos grupos do texto 1	61
Figura 11 – Dimensões do trilho de alumínio sobre a base de madeira.....	62
Figura 12 – Alunos discutindo resultados: experimento com esferas de aço	63
Figura 13.a – Instante da soltura da esfera 1, na posição A, antes da colisão com a esfera 2, no ponto X	65
Figura 13.b – Instante em que a esfera 2 atinge o papel carbono e a posição da esfera 1, após colisão	65
Figura 14.a – Instante da soltura da esfera 1 (maior), na posição A, antes da colisão com a esfera 2 (menor), no ponto X.....	66
Figura 14.b – Instante em que a esfera 2 (menor) atinge o papel carbono e a posição da esfera 1 (maior), após colisão.....	66
Figura 15.a – Instante da soltura da esfera 1 (menor), na posição A, antes da colisão com a esfera 2 (maior), no ponto X	67
Figura 15.b – Instante em que a esfera 2 (maior) atinge o papel carbono e a posição da esfera 1 (menor), após colisão	67
Figura 16.a – Esquema do “canhão de borrachinha”	69
Figura 16.b – Imagem do “canhão de borrachinha”	69
Figura 17 – Discussão dos resultados dos experimentos: esferas de aço e canhãozinho	70
Figura 18 – Tela inicial do simulador “Laboratório de Colisões”, Phet Colorado	72
Figura 19 – Simulação na sala de informática da escola	73

Figura 20 – Colisão perfeitamente elástica entre duas esferas de massas iguais	74
Figura 21 - Ajuste das massas, posições, velocidades iniciais das esferas 1 e 2, do vetor velocidade e da elasticidade de 0 %	76
Figura 22 – Colisão inelástica: massas iguais, metade da velocidade e da quantidade de movimento da esfera 1 é transferida para a esfera 2, após a colisão	77
Figura 23 – Ajuste das massas, posições, velocidades iniciais das esferas 1 e 2, do vetor velocidade e da elasticidade de 50 %	78
Figura 24 - Colisão parcialmente elástica: massas iguais, boa parte (75 %) da velocidade e da quantidade de movimento da esfera 1 é transferida para a esfera 2, após a colisão	79
Figura 25 – Ajuste das massas (diferentes), posições, velocidades iniciais das esferas 1 e 2, do vetor velocidade e da elasticidade de 50 %	81
Figura 26 - Colisão parcialmente elástica: massas diferentes, metade da velocidade e da quantidade de movimento da esfera 1 é transferida para a esfera 2, após a colisão	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estrutura da Sequência Didática	46
Quadro 2 – Alcance médio da esfera 1 (massa menor)	63
Quadro 3 – Alcance médio da esfera 1 (massa maior)	63
Quadro 4 – Quadro comparativo das velocidades médias calculadas, independente de suas massas	64
Quadro 5 – Alcance médio da esfera 2 registrados no sulfite sobre o papel carbono, após sofrer o impacto da esfera 1 (mesma massa), abandonada de três alturas diferentes	66
Quadro 6 – Quadro comparativo do alcance médio da esfera 2 após receber o impacto da colisão com a esfera 1 (massa maior e menor) com ponto de saída em A, a 4 cm de altura	67
Quadro 7 – Alcance da esfera 2 (maior massa) registrados no sulfite sobre o papel carbono, após sofrer o impacto da esfera 1 (menor massa), abandonada das posições A (4 cm) e B (8 cm).....	68
Quadro 8 – Alcance da esfera 2 (menor massa) registrados no sulfite sobre o papel carbono, após sofrer o impacto da esfera 1 (maior massa), abandonada das posições A (4 cm) e B (8 cm).....	68
Quadro 9 – Diferentes tipos de colisões e suas características básicas	71
Quadro 10 – Valores das velocidades inicial e final – colisão perfeitamente elástica	75
Quadro 11 – Valores das velocidades inicial e final – colisão inelástica	77
Quadro 12 – Valores das velocidades inicial e final – colisão parcialmente elástica	80
Quadro 13 – Valores das velocidades inicial e final – colisão parcialmente elástica (massas diferentes)	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	Anti-lock Braking System (Sistema Anti-travamento das Rodas)
ACT	Alfabetização em ciência e tecnologia
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
AS	Aprendizagem Significativa
CTS	Ciência Tecnologia e Sociedade
Denatran	Departamento Nacional de Trânsito
EPA	Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental)
ESP	Electronic Stability Program (Programa Eletrônico de Estabilidade)
IOSTE	International Organization for Science and Technology Education (Organização Internacional para Educação em Ciência e Tecnologia)
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais: orientações complementares aos PCN's
PhET	Physics Education Technology (Tecnologia Educacional Física)
PRF	Polícia Rodoviária Federal
PSS	Processo Seletivo Simplificado
STS	Science Technology and Society
UEM	Universidade Estadual de Maringá - PR
UNESP	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
UNESPAR	Universidade Estadual do Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 INTRODUÇÃO À APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	19
2.1.1 Formas e Tipos de Aprendizagem Significativa	22
2.2 O ENSINO DE FÍSICA E AS RELAÇÕES CTS	24
2.2.1 Origem do Movimento CTS (Ciência Tecnologia e Sociedade)	24
2.2.2 O Lema CTS e o Campo Educacional	26
2.2.3 CTS no Contexto Educacional Brasileiro	27
2.2.4 Educação com enfoque CTS	28
2.3 A UTILIZAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM	29
CAPÍTULO 3 - UMA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS COLISÕES	32
3.1 O QUE SÃO COLISÕES?	35
3.2 MOMENTO LINEAR OU QUANTIDADE DE MOVIMENTO (\vec{p}).....	37
3.3 IMPULSO DE UMA FORÇA CONSTANTE (\vec{I})	37
3.4 IMPULSO DE UMA FORÇA VARIÁVEL	37
3.5 TEOREMA DO IMPULSO	38
3.6 SISTEMA MECANICAMENTE ISOLADO	38
3.7 COLISÕES MECÂNICAS	39
3.8 COLISÕES ELÁSTICAS	39
3.9 COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO	40
3.10 COLISÕES PARCIALMENTE ELÁSTICAS	41
3.11 COLISÕES INELÁSTICAS	41
CAPÍTULO 4 - ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	43
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO TRABALHO	43
4.2 SUJEITOS DA PESQUISA.....	44
4.3 ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	45
4.3.1 Proposta Didática	46
4.3.2 Objetivo Geral da Sequência Didática	47

4.3.3 Objetivos Específicos da Sequência Didática	47
4.3.4 O Papel do Professor nessa Proposta	48
4.3.5 Avaliação	48
4.4 COLETA DE DADOS	48
CAPÍTULO 5 - RELATO DE EXPERIÊNCIA	50
5.1 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	50
5.1.1 Módulo 1 – Colisões Mecânicas no Trânsito	50
5.1.2 Módulo 2 – Conservação da Quantidade de Movimento - Experimento “Atividade das Esferas” (Bolinhas)	51
5.1.3 Módulo 3 – Conservação da Quantidade de Movimento - Experimento “Atividade do Canhãozinho” de Borracha	53
5.1.4 Módulo 4 – Simulador “Laboratório de Colisões” – Phet Colorado .	54
5.2 AÇÕES DESENVOLVIDAS E ANÁLISE	54
5.2.1 Módulo 1 – Pré-Teste, Vídeos – Segurança no trânsito, Texto.....	55
5.2.2 Módulo 2 – Conservação da Quantidade de Movimento - Experimento “Atividade das Esferas (“Bolinhas”)”	61
5.2.3 Módulo 3 – Conservação da Quantidade de Movimento - Experimento “Atividade do Canhãozinho” de Borracha	69
5.2.4 Módulo 4 – Simulador “Laboratório de Colisões” – Phet Colorado .	71
5.2.4.1 Simulação de uma Colisão Elástica entre Duas Esferas de Mesma Massa	73
5.2.4.2 Simulação de uma Colisão Inelástica entre Duas Esferas de Mesma Massa	76
5.2.4.3 Simulação de uma Colisão Parcialmente Elástica entre Duas Esferas de Mesma Massa	78
5.2.4.4 Simulação de uma Colisão Parcialmente Elástica entre Duas Esferas de Massas Diferentes	81
5.2.5 Módulo 4 – Resultados Comparativos do Pré-teste e do Pós-teste	83
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
REFERÊNCIAS	92
APÊNDICES	95
APÊNDICE A: TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL	96
APÊNDICE B: PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE	98
APÊNDICE C: PRODUTO EDUCACIONAL	101

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O ensino de Física, em sua fundamentação, requer uma relação constante entre a teoria e a prática, entre conhecimento científico e senso comum. Para cada área do conhecimento os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNs apresentam propostas pedagógicas de ensino. Segundo esse documento, *“o ensino de Física deve contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais”* (BRASIL, 1999, p. 228). Para tanto, a escola deve promover um conhecimento físico contextualizado e integrado à vida do estudante, considerar o seu mundo vivencial próximo e distante, os fenômenos naturais e os dispositivos tecnológicos com que lida no seu cotidiano, os objetos que despertem a sua curiosidade. A Física deve ser reconhecida como uma construção humana, cuja evolução histórica iniciou-se na Antiguidade até os nossos dias, sendo objeto de contínua transformação.

O Mestrado Profissional na área de Física tem contribuído para que professores que ministram essa disciplina no Ensino Médio, sem formação específica na área, tenham a oportunidade de aprimorar sua qualificação contribuindo ainda com um produto educacional aplicável em sala de aula nesse nível de ensino.

Há mais de três décadas o Brasil conta com uma comunidade científica de pesquisadores e estudiosos, que incansavelmente tem buscado os mais variados recursos de ensino de Física, com o objetivo de proporcionar a cada brasileiro a consciência da imensa gama de possibilidades no campo de conhecimento da Ciência a todos os cidadãos interessados.

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver e aplicar uma sequência didática como produto educacional direcionado a alunos do ensino médio sobre o tema colisões mecânicas em acidentes de trânsito, abordando conceitos físicos como forças, conservação de energia, quantidade de movimento e colisões aplicando-os em situações reais do cotidiano. Visou-se para os alunos,

um momento privilegiado de estudo e para o professor um subsídio importante e interativo de promover o ensino e aprendizagem de Física.

O ensino e aprendizagem serão possíveis, se o aprendiz estiver inserido nas ações propostas para esse fim numa parceria com seu professor atuando como orientador e intermediário nas ações planejadas. Desta forma torna-se possível relacionar a parte teórica e a parte prática com as relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), buscando sempre a participação efetiva do aprendiz nas atividades propostas.

Nota-se, nesse início de século, pouco empenho ou mesmo descrença do estudante em valorizar suas possibilidades, desestimulando-o a participar das atividades em desenvolvimento na sala de aula, levando-o ainda a acreditar mais no imediatismo da mídia do que em seu próprio potencial. Neste sentido, entendemos que planejar sequências didáticas que incluam alunos e professores em ações educativas se constitui em poderosa ferramenta de inclusão quando o estudante participa com naturalidade de atividades em desenvolvimento em sala de aula, descobrindo gradativamente suas tendências e potencial.

No capítulo 2 introduziu-se um estudo fundamentando a aprendizagem significativa, de autoria de David Ausubel, uma abordagem do ensino de Física com enfoque CTS e o porque da utilização de uma sequência didática para o processo de ensino e aprendizagem para tratar do tema “colisões no trânsito”.

No capítulo 3 fez-se um estudo teórico sobre colisões, momento linear ou quantidade de movimento, impulso de uma força, teorema do impulso, colisões mecânicas, tipos de colisões e coeficiente de restituição.

O capítulo 4 é o encaminhamento metodológico caracterizando este trabalho, identificando os sujeitos, a coleta de dados e a estrutura da sequência didática.

No capítulo 5 tratamos da aplicação do produto educacional, das ações desenvolvidas, da análise destas e as considerações finais.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio - PCN's – EM, de 1999, foram discutidos com o objetivo de relacionar a nova proposta curricular elaborada dois anos após (PCN+ 2002), visando a formação de professores e a elaboração do currículo na escola, por meio do seu projeto político pedagógico.

Segundo o PCN-EM (1999) o Ensino Médio deve caracterizar-se como um momento particular do desenvolvimento cognitivo dos jovens e o aprendizado da Física têm características específicas que podem favorecer uma construção rica em abstrações e generalizações, tanto de sentido prático como conceitual. Se levarmos em conta que vivemos em um momento de transformações, promover a autonomia para aprender deve ser a preocupação central na educação, buscando competências que possibilitem a independência de ações e aprendizagens. Mas as habilidades e competências concretizam-se em ações, objetos, assuntos, experiências que envolvem determinado olhar sobre a realidade, podendo ser desenvolvido em tópicos diferentes, tornando-se mais ou menos adequadas dependendo do contexto em que estão sendo desenvolvidas.

De acordo com o PCN-EM (1999, p.24), a competência em Física passa necessariamente pela compreensão de suas leis e princípios, de seus ambientes e limites. A compreensão de teorias físicas deve capacitar para uma leitura de mundo articulada, dotada de potencial de generalização que esses conhecimentos possuem.

Para que de fato possa haver uma aproximação desses conhecimentos, as leis e princípios gerais precisam ser desenvolvidos passo a passo, a partir de elementos próximos, práticos e vivenciais. Por exemplo, o tratamento da Mecânica pode ser o espaço adequado para promover conhecimentos a partir de um sentido prático e vivencial macroscópico, dispensando modelagens mais abstratas do mundo microscópico. Isso significa investigar a relação entre forças e movimentos, a partir de situações práticas, discutindo-se tanto a quantidade de movimento quanto as causas de variação do próprio movimento. É na Mecânica onde mais claramente é explicitada a existência de princípios gerais, expressas nas leis de conservação, tanto da quantidade de movimento quanto de energia, instrumentos conceituais indispensáveis ao desenvolvimento de toda a Física (PCN-EM, 1999, p.25).

Segundo os PCN+ a Física deve ser apresentada como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos (PCN+, 2002, p.2).

2.1 INTRODUÇÃO A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Muitas competências são objetivos comuns a todas as etapas do aprendizado, embora em diferentes níveis, sendo construído ao longo do desenvolvimento dos alunos. Por exemplo, observar, experimentar e investigar o mundo requer competências desenvolvidas na área de Ciências. Utilizar como o eixo organizador do trabalho pedagógico as competências desejadas é manter sempre presente a explicação do objetivo da educação, mas também transforma-se em uma estratégia para a ação de professores.

Diante disso e de acordo com o PCN+ (2002, p.11), *“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”* é importante. Assim:

... a conservação da quantidade de movimento pode ser utilizada para prever possíveis resultados do choque entre dois carros, a trajetória de uma bola após ter batido na parede, o movimento dos planetas e suas velocidades ao redor do Sol ou o equilíbrio de motos e bicicletas.

Muitos psicólogos educativos centraram seus esforços em tentar desenvolver modelos que descrevem a forma como adquirimos conhecimentos. O modelo de David Ausubel sobre aprendizagem significativa é um dos que aplicou com mais sucesso, como ocorre a aprendizagem profunda e não literal. Esta se define como uma aprendizagem construída e relacionada com os conhecimentos prévios, onde o sujeito adquire um papel ativo, reestruturando e organizando a informação.

David Paul Ausubel nasceu no Brooklin, New York, USA em 25/10/1918 e faleceu em 09/10/2008 aos 90 anos. Foi médico, psicólogo, psiquiatra, educador, escritor e professor destas áreas. Filho de judeu, cresceu insatisfeito com a educação que recebeu e dizia que a educação é violenta e a escola, uma prisão. Era contra a aprendizagem mecânica e dedicou-se a encontrar uma educação fundamentada na estrutura cognitiva.

Segundo MOREIRA (2010) Aprendizagem Significativa (AS) é aquela em que as ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-litera, não ao pé da letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas, sim, com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. A este conhecimento, especificamente relevante à nova aprendizagem, o qual pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, David Ausubel (1918-2008) chamava de subsunçor ou ideia-âncora. Para melhor compreender o significado dessas palavras, podemos expressá-las da seguinte forma:

Não-arbitrária: existe uma relação lógica e explícita entre a nova ideia e algumas já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

Não-litera: uma vez aprendido determinado conteúdo desta forma, o indivíduo conseguirá explicá-lo com suas próprias palavras. Assim, um mesmo conceito pode ser expresso em linguagem sinônima e transmitir o mesmo significado.

Arbitrária: as novas ideias não se relacionam de forma lógica e clara com nenhuma ideia já existente na estrutura cognitiva do sujeito, mas são “decoradas”. Não garante flexibilidade no seu uso, nem longevidade.

Literal: o indivíduo não é capaz de expressar o novo conteúdo com linguagem diferente daquela com que este material foi primeiramente aprendido.

Aprendizagem mecânica: a aprendizagem mecânica (AM), é a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma associação a conceitos relevantes na estrutura cognitiva. Não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada.

Estrutura cognitiva: a estrutura cognitiva é o conteúdo total e organizado de ideias de um dado indivíduo, ou no contexto da aprendizagem de certos assuntos, refere-se ao conteúdo e organização de suas ideias naquela área particular de conhecimento.

Subsunçor ou ideia-âncora: de acordo com MOREIRA (2010), subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo

conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles. Ainda de acordo com Moreira (2010, p.3):

... É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela *interação* entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é *não-litera*l e *não-arbitrária*. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.

O armazenamento de informações pelo cérebro é altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual. Experiência cognitiva = processo de interação = ancoragem + modificações + assimilação. Os conceitos subsunçores / inclusores são mutáveis e podem se desenvolver à medida que ocorre aprendizagem significativa. Para que isso aconteça, duas condições são essenciais: a) disposição do aluno para aprender; b) material didático desenvolvido, que deve ser, sobretudo, significativo para o aluno.

Segundo Moreira (2008) os organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si. Contrariamente a sumários que são, de um modo geral, apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e abrangência, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, organizadores são apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade.

Para Ausubel, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deveria saber a fim de que o novo material pudesse ser aprendido de forma significativa. Eles são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como “pontes cognitivas”. Dessa forma:

[...] Os organizadores prévios podem tanto fornecer “ideias âncora” relevantes para a aprendizagem significativa do novo material, quanto estabelecer relações entre ideias, proposições e conceitos já existentes na estrutura cognitiva e aqueles contidos no material de aprendizagem, ou seja, para explicitar a relacionabilidade entre os novos conhecimentos e aqueles que o aprendiz já tem mas não percebe que são relacionáveis aos novos (MOREIRA, 2008, p.2).

De acordo com Moreira (2008), no caso de material totalmente não familiar, um organizador “expositivo”, formulado em termos daquilo que o aprendiz já sabe em outras áreas de conhecimento, deve ser usado para suprir a falta de conceitos, ideias ou proposições relevantes da aprendizagem desse material e servir de “ponto de ancoragem inicial”. No caso da aprendizagem desse material relativamente familiar, um organizador “comparativo” deve ser usado para integrar e discriminar as novas informações e conceitos, ideias ou proposições, basicamente similares, já existentes na estrutura cognitiva.

Destaque-se, no entanto, que organizadores prévios não são simples comparações introdutórias, pois diferentemente destas, os organizadores, devem:

1 – identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;

2 – dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;

3 – prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, prover um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos.

2.1.1 Formas e Tipos de Aprendizagem Significativa

Sobre formas e tipos de aprendizagem significativa, Moreira (2010) enfatiza que pode-se distinguir entre três **formas** de aprendizagem significativa: a) por subordinação, b) por superordenação e c) de modo combinatório. Analogamente, pode-se identificar três **tipos** de aprendizagem significativa: a) representacional (de representações), b) conceitual (de conceitos) e c) proposicional (de proposições).

Formas de aprendizagem significativa:

a) por subordinação: quando os conhecimentos potencialmente significativos adquirem significados para o sujeito que aprende, por um processo de ancoragem cognitiva, interativa, em conhecimentos prévios relevantes mais gerais e inclusivos já existentes em sua estrutura cognitiva.

b) Por superordenação: a aprendizagem *superordenada* envolve processos de abstração, indução, síntese, que levam a novos conhecimentos que passam a subordinar aqueles que lhes deram origem. É um mecanismo fundamental para a aquisição de conceitos.

c) Modo combinatória: é uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, mas não é nem mais inclusiva nem mais específica do que os conhecimentos originais. Tem alguns atributos criteriais, alguns significados comuns a eles, mas não os subordina nem superordena.

Tipos de aprendizagem significativa:

a) representacional: é a que ocorre quando símbolos arbitrários passam a representar, em significado, determinados objetos ou eventos em uma relação unívoca, quer dizer, o símbolo significa apenas o referente que representa.

b) conceitual: ocorre quando o sujeito percebe regularidades em eventos ou objetos, passa a representá-los por determinado símbolo e não mais depende de um referente concreto do evento ou objeto para dar significado a esse símbolo. Trata-se, então, de uma aprendizagem representacional de alto nível.

c) proposicional: implica dar significado a novas ideias expressas na forma de uma proposição. As aprendizagens representacional e conceitual são pré-requisitos para a proposicional, mas o significado de uma proposição não é a soma dos significados dos conceitos e palavras nela envolvidos.

Para que uma aprendizagem ocorra, ela precisa ser vista como a compreensão de significados, relacionando-se às experiências anteriores e vivências pessoais dos alunos, permitindo a formulação de problemas de algum modo desafiantes que incentivem o aprender mais, o estabelecimento de diferentes tipos de relações entre fatos, objetos, acontecimentos, noções e conceitos, desencadeando modificações de comportamentos e contribuindo para a utilização do que é aprendido em diferentes situações.

O processo de aprendizagem significativa exige uma participação ativa do aprendiz, pois se trata de um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a

um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Em outras palavras, os novos conhecimentos que se adquirem relacionam-se com o conhecimento prévio que o aluno possui.

Uma aprendizagem significativa está relacionada à possibilidade dos alunos aprenderem por múltiplos caminhos e formas de inteligência, permitindo a estes, utilizar diversos meios e modos de expressão. Quanto mais clara a aprendizagem se apresentar, maior será a sua funcionalidade, tendo em vista que oferece mais possibilidades de interação com novas situações e conteúdos.

2.2 O ENSINO DE FÍSICA E AS RELAÇÕES CTS

2.2.1 Origem do Movimento CTS (Ciência Tecnologia e Sociedade)

Em meados do século XX o desenvolvimento científico e tecnológico, a degradação ambiental, a repercussão de casos como o Projeto Manhattan (1942-1947), nome dado à grande mobilização de esforços militares e científicos com vistas à construção das primeiras bombas atômicas da história, o lançamento das mesmas em Hiroshima e Nagasaki durante a segunda guerra mundial. A produção de armas químicas e biológicas como o agente laranja e o napalm utilizados na guerra do Vietnã (1959-1975), conflito que contou com intensa participação do exército americano, em que se estima entre 1,5 e 3 milhões de mortos, fizeram com que a sociedade, através de suas organizações (universidades, movimentos sociais), passassem a questionar o papel da ciência e da tecnologia como determinantes do desenvolvimento e bem estar social.

Algumas obras, publicadas em 1962, como *“Silent Spring”* de Rachel Carson, que discutia questões relacionadas ao uso de inseticidas como o DDT e *“A Estrutura das Revoluções Científicas”* de Thomas Kuhn, que questionava a concepção tradicional de Ciência, contribuíram para que houvesse uma mudança da mentalidade e visão sobre Ciência e tecnologia, fazendo com que a sociedade começasse a reivindicar algum controle sobre essa atividade.

Passou-se a questionar e discutir o modelo linear de progresso em que o desenvolvimento científico gera o desenvolvimento tecnológico que, em

consequência, gera o desenvolvimento econômico e o bem estar social. (AULER, 2002).

Exemplos de ação social foram a fundação do *Greenpeace*, com o objetivo de impedir testes nucleares realizados pelos Estados Unidos, e da *Environmental Protection Agency* (EPA, Agência de Proteção Ambiental), uma agência federal americana, encarregada de proteger a saúde humana e o meio ambiente: ar, água e terra (GARCIA *et al.*, 1996). Outro exemplo de ação, de natureza acadêmica, que ocorreu em algumas universidades, foi a preocupação de instruir os estudantes, primeiramente dos cursos de ciências e engenharia, sobre o “verdadeiro” impacto social de seu trabalho, o que implicou em modificações do enfoque das disciplinas. Posteriormente estendeu-se para as áreas de ciências humanas e sociais.

Segundo Garcia *et. al* (1996), as tradições europeia (ou acadêmica) e americana (ou social), entre outros países, foram as que mais se destacaram na busca pela classificação da origem das discussões sobre a relação entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, visando novas maneiras de compreender o desenvolvimento científico-tecnológico.

Na Europa, surgiu como um programa no meio acadêmico, com a participação de cientistas, engenheiros, sociólogos e humanistas, que buscavam investigar as influências da sociedade sobre o desenvolvimento científico e tecnológico, dando ênfase maior na ciência como um processo, procurando explicar a origem e as mudanças das teorias científicas.

Por outro lado, a tradição americana, centrava-se em uma reação de caráter mais prático ou social, dos quais tomaram parte grupos pacifistas, ativistas dos direitos humanos, associações de consumidores e outros grupos que tinham relação com reivindicações sociais. Esses grupos estavam preocupados com as consequências sociais e ambientais dos produtos tecnológicos, dando ênfase maior na tecnologia, que era vista como um produto capaz de influenciar a estrutura e a dinâmica da sociedade.

Para Garcia *et al* (1996) essa divisão foi importante no início das discussões, estando atualmente superada, sendo que hoje os estudos de Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) abrangem uma diversidade de programas

filosóficos, sociológicos e históricos, os quais enfatizam a dimensão social da Ciência e da tecnologia e compartilham certo núcleo comum:

- a não aceitação da imagem de Ciência como atividade pura e neutra;
- a crítica à concepção de tecnologia como ciência aplicada e neutra;
- a promoção da participação pública na tomada de decisão.

Segundo Strieder (2008), os estudos e programas em CTS, desde sua origem, vêm se desenvolvendo em três direções, que, apesar de diferentes, estão relacionadas e influenciam-se no campo da investigação ou campo acadêmico; no campo das políticas públicas e no campo da educação.

De acordo com Auler (2002) a origem do movimento CTS está fortemente ligada ao questionamento do modelo de decisão tecnocrático, reivindicando a participação da sociedade no direcionamento dado à atividade científico-tecnológica, pleiteando decisões mais democráticas.

2.2.2 O Lema CTS e o Campo Educacional

No campo da educação os primeiros a defender a necessidade de os educandos compreenderem a relação entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, estão Jim Gallagher, que em artigo publicado na revista *Science Education*, em 1971, propôs um novo objetivo para o ensino de ciências no qual “compreender a relação entre ciência, tecnologia e sociedade, seria tão importante quanto entender os conceitos e processos da ciência” (GALLAGHER, 1971, p. 337 apud AIKENHED, 2003, p. 115) e Paul Hard que, em 1975, elaborou e descreveu uma estrutura de currículo para o ensino de ciência que contemplava interações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade.

Em 1977, o Projeto Synthesis, criado para traçar um panorama da educação em ciências em escolas de todo o país dos Estados Unidos, a partir de pesquisas e análises feitas por um grupo de educadores em Ciência indicou, em seu relatório final, que dos quatro objetivos para o ensino de ciências apenas a Ciência para formar cientistas estava contemplado, ficando de lado Ciência para a necessidade pessoal, Ciência para resolver questões sociais, Ciência para ajudar na escolha da carreira. A partir dessa constatação os pesquisadores apontavam a necessidade de alcançar as três metas não

contempladas, na direção de um ensino que enfocasse as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (CRUZ, 2001).

Em 1982, conforme Aikenhead (2003), em uma reunião informal durante um simpósio da IOSTE (*Internacional Organization for Science and Technology Education*), com a presença de educadores em Ciência precedentes da Austrália, Canadá, Itália, Holanda e Inglaterra, em que todos vinham desenvolvendo novos currículos científicos influenciados por várias dessas propostas, devido a diversidade de opiniões sobre esse tema, iniciou-se um grupo com o lema CTS.

Também o livro de John Ziman (1980), *Teaching and learning about science and society*, no qual o autor refere-se constantemente à STS (*Science-Technology-Society*), sigla traduzida para o português como CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade), deixando claro que com essa denominação iria se referir a todos os movimentos que buscam uma nova função para a educação científica.

2.2.3 CTS no Contexto Educacional Brasileiro

No Brasil, os currículos de ciências começaram a incorporar as discussões sobre CTS no final da década de 80, quando passou a ser reivindicado um ensino de ciências que contribuísse para a compreensão e uso da tecnologia e para a consolidação da democracia. Nessa época, as discussões sobre o contexto político-econômico mundial, questionavam a hegemonia norte-americana e a revolução tecnológica, passando a repensar o papel que a ciência e a tecnologia exerciam para a manutenção do modelo de desenvolvimento dependente (AMORIN, 1995). Também a crise econômica, a busca por uma etapa de industrialização, informatização e desenvolvimento, e a transição política que passava o Brasil contribuíram para que essas discussões fossem introduzidas no país (KRASILCHICK, 1987).

Somente na década de 90 começam a surgir as pesquisas sobre a temática CTS no ensino de ciências em programas de pós-graduação. De acordo com Lemgruber (2000), ao analisar dissertações e teses na área de ensino de ciências, publicados entre 1972 e 1995, constatou que dentre 288

trabalhos, somente sete caracterizavam-se por apresentarem uma abordagem CTS.

De acordo com Santos (2008) a *Conferência Internacional sobre Ensino de Ciências para o Século XXI: ACT – Alfabetização em ciência e tecnologia*, realizada em 1990, em Brasília e organizada pelo Ministério da Educação, foram apresentados os primeiros trabalhos do movimento CTS no ensino de ciências.

Em 1998 os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) apresentaram recomendações explícitas sobre as relações CTS direcionadas ao ensino de Ciências e suas Tecnologias sugerindo a promoção de competências e habilidades visando o exercício de intervenções e julgamentos práticos, no âmbito do contexto social.

Nos últimos anos observa-se um crescente interesse e preocupações com abordagens CTS, largamente expressas em relatos de trabalhos, comunicações em eventos da área ou artigos em revistas.

2.2.4 Educação com enfoque CTS

Segundo Ziman (1980) o Ensino de Ciências convencional tem como principal objetivo treinar futuros cientistas, pelo fato de priorizar conteúdos que envolvem o estudo do conhecimento acumulado ao longo das gerações de pesquisadores de uma determinada área, produzida dentro dos padrões estabelecidos pela comunidade científica, ciência “válida”, ficando esquecida a maioria daqueles alunos que não irão, de fato, seguir a carreira de cientista.

Na educação básica, o objetivo central do enfoque CTS é favorecer a educação científica e tecnológica dos alunos, auxiliando-os a construir conhecimentos, habilidades e valores essenciais para que possam tomar decisões responsáveis sobre questões de Ciência e Tecnologia.

O currículo tradicional, segundo Aikenhead (1994), é orientado no cientista (formar cientistas) e o conteúdo de ciências é ensinado de forma isolada da tecnologia e da sociedade. A proposta de currículo CTS é orientado no aluno e o conteúdo da Ciência é conectado e integrado ao cotidiano do

aluno, associando a compreensão pessoal de seu ambiente social, tecnológico e natural, passando a encontrar sentido na Ciência em suas experiências diárias.

De acordo com Aikenhead (1994), entre as prioridades do currículo CTS estão modificar a visão negativa que se tem das ciências, tornando-a mais atrativa, especialmente para aqueles alunos mais brilhantes e criativos, e à responsabilidade de cada um na tomada de decisões em assuntos que envolvem ciência e tecnologia, visto que estas estão cada vez mais presentes e influenciando nosso dia-a-dia.

Segundo o mesmo autor o conteúdo num currículo CTS para o ensino médio deve partir das experiências concretas dos estudantes, abordando os temas da ciência, em seus aspectos humanos e sociais, de forma simples, porém “intelectualmente honesta”.

De acordo com Ziman (1994) as diferentes abordagens possíveis numa educação com enfoque CTS são complementares, uma vez que cada uma delas seria designada a estabelecer pontes *“ao longo de determinados setores do fosso que circunda a Ciência ‘válida’”*.

2.3 A UTILIZAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA

Uma sequência didática se caracteriza por um conjunto de atividades, estratégias e intervenções que envolvem diferentes ações previamente planejadas etapa por etapa visando uma interação efetiva na execução dessas ações, pelos atores envolvidos, docentes e discentes (Batista et al. 2018).

O papel do professor é fundamental para o sucesso de uma sequência didática bem planejada. Por meio da discussão, será possível que o professor reconheça o caminho a ser tomado com relação aos conteúdos que serão ensinados, levando sempre em consideração a liberdade intelectual dos alunos. Sua postura em sala de aula *“deve proporcionar a autonomia do aluno, a cooperação entre os grupos, a interação professor-aluno e o debate”* (RESQUETTI, 2013, p. 120).

Segundo ZABALA (1998), RESQUETTI (2013) e BATISTA et al. (2018) uma sequência didática ou sequência de ensino é uma proposta metodológica que deve ser organizada contemplando uma série de atividades ordenadas e articuladas de uma unidade didática. De acordo com os objetivos que o professor pretende alcançar para a aprendizagem de seus alunos, e para que seja válida, é necessário observar se são contempladas atividades que permitam:

- 1) *determinar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos conteúdos de aprendizagem que estão sendo contemplados;*
 - 2) *verificar se os conteúdos abordados são significativos e funcionais para os estudantes;*
 - 3) *que os temas em questão representem um desafio alcançável para os estudantes e que os façam avançar na construção do seu conhecimento, com a ajuda necessária;*
 - 4) *provocar conflitos cognitivos, de forma a estabelecer relações entre os novos conteúdos e os conhecimentos intuitivos dos estudantes;*
 - 5) *promovam atitudes favoráveis do aluno, despertando seu interesse e motivação para o estudo dos conteúdos propostos, estimulando a autoestima do estudante, para que ele sinta que em certo grau aprendeu e que seu esforço valeu a pena.*
- (ZABALA, 1998; RESQUETTI, 2013 e BATISTA et al., 2018)

Entende-se que atuando por meio de uma sequência didática, o docente que tenha alguma fragilidade no conhecimento sobre algum tema, pode ter a oportunidade de reconhecê-la e adquiri-lo enquanto se organiza para lecioná-lo.

A avaliação das atividades propostas em uma sequência didática pode ser realizada de maneira contínua em cada ação proposta, durante todo o desenvolvimento desta sequência didática.

Ao organizar a sequência didática da presente investigação, nossa atenção voltou-se para o tema “*colisões no trânsito*”, por ser um assunto bastante complexo, mas muito preocupante em todo o Brasil, pela dimensão que vem alcançando. Diariamente se tem notícias de acidentes com óbitos e feridos no trânsito urbano ou nas rodovias deixando como consequência um rastro de sequelas na vida dos cidadãos e prejuízos para o país.

Os conceitos de Física que envolvem os acidentes são bastante complexos e variáveis e nem sempre abordados com a necessária

profundidade em escolas de Ensino Básico. Esses conceitos estão estreitamente ligados aos acidentes de trânsito que ceifam tantas vidas ou causam sérias sequelas que interferem na atuação profissional do cidadão e na economia da nação.

Nossa proposta foi direcionada para abordar os conceitos físicos de Velocidade, Movimento, Forças, Leis de Newton, Conservação de Energia Mecânica, Conservação da Quantidade de Movimento, Colisões, e os choques mais comuns no trânsito cotidiano.

Entendemos que um assunto tão sério deva ser discutido nas escolas de educação básica para que nossos jovens tenham consciência da gravidade dos problemas que a imprudência no trânsito tem gerado. Trabalhar em prol da conscientização dos jovens no sentido do cumprimento das Leis de Trânsito no Brasil é uma das formas da escola assumir responsabilidades na educação dos aprendizes, proporcionando aos pais e a população em geral, maior segurança e tranquilidade a respeito de qualquer percurso ou transporte necessário no cotidiano de cada cidadão de nosso país.

CAPÍTULO 3

UMA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS COLISÕES

Para Aristóteles de Estagira o movimento não-natural estava associado à força, e os corpos atingiriam o repouso assim que a força fosse removida. Aristóteles não acreditava na existência do vácuo e, para ele os corpos sempre se moviam em um meio que oferecia resistência ao movimento.

A velocidade no movimento natural era proporcional à força e inversamente proporcional a resistência do meio, pois o velho estagirita acreditava que quanto mais pesado era um corpo tanto mais depressa era sua queda e, inversamente, quanto mais denso um meio, tanto mais lenta a queda. Esse raciocínio poderia ser sistematizado por :

$$v \propto \frac{F}{R}$$

onde v é a velocidade do objeto, α é a letra grega “alfa” que simboliza a proporcionalidade direta da velocidade com a F (força) e inversa com a resistência do meio (R).

Aristóteles enfrentou ainda o seguinte problema: como explicar que o movimento de um projétil se mantém por algum tempo mesmo depois de não haver mais contato com o corpo que o lançou?

Como solução desse problema Aristóteles imaginou que o meio, de alguma forma, forneceria a força necessária para empurrar o objeto, e esse movimento continuaria em frente.

Porém, o meio motor, no caso, o ar, também seria um meio resistente, ou seja, a causa do movimento e seu término.

Assim, para Aristóteles estava aí a prova física de que um vácuo era impossível, pois no vazio não há diferenças e, sendo assim, o movimento seria impossível.

Já para Philopponus (século VI dC) o movimento no vácuo era possível, e para ele não era o ar que mantinha o projétil em movimento por algum tempo, e sim, uma força impressa que eventualmente se esgotava.

$$v \propto F - R,$$

ou seja, a velocidade v é diretamente proporcional à diferença entre a força F e a força de resistência do meio R .

Essa força impressa se consolidou no século XIV com a teoria do *impetus*, desenvolvida por Jean Buridan, que acreditava ser a força impressa a um projétil, permanente, a menos que atuassem outras forças. Ele definiu essa força impressa como sendo proporcional ao peso (entendido aqui como “corpo grave” – corpo com peso ao invés de “leveza”, no sentido aristotélico) e à velocidade.

Tem-se então uma ideia de constância.

René Descartes (1596 – 1650) realizou alguns estudos sobre o impacto dos corpos, e foi conduzido a um princípio de conservação do movimento.

Descartes escreve em 1644 em sua obra *Príncipes de Philosophie*:

“É perfeitamente razoável admitir que Deus, que ao criar a matéria deu diferentes movimentos às suas partes, preserve toda a matéria nas mesmas condições em que a criou, portanto preserve nela a mesma quantidade de movimento” (Projecto Física, p.23, 1978).

O desafio seria como definir essa “quantidade de movimento”. Descartes escolheu o produto da massa e da velocidade de um objeto em movimento. Ele chamou isso de “momentum”.

De acordo com Descartes, se dois objetos (com massa m_1 e m_2 e velocidades v_1 e v_2) colidem, a quantidade

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

é a mesma antes e depois da colisão, mesmo que as velocidades individuais dos objetos tenham sido alteradas.

Segundo Ponczek (2000), em 1686, Leibniz [1646 – 1716], em sua obra *Discurso de Metafísica* estuda mais profundamente a Física dos choques, reformulando os conceitos cartesianos, e chegando a ideia de que a grandeza que mede o movimento é $m.v^2$.

Seu argumento básico é de que um corpo A de massa quatro vezes menor que a de um corpo B, porém caindo de altura quatro vezes maior, ao colidir com o solo, deve ter uma força igual. Galileu e Torricelli já haviam descoberto que as velocidades finais de um corpo em queda livre eram proporcionais à raiz quadrada da altura, e assim o corpo A, quando tocasse o solo, teria uma velocidade apenas duas vezes maior que a do corpo B, o mesmo acontecendo com sua quantidade de movimento. No entanto, a razão entre as velocidades deveria ser de quatro para um, e assim, Leibniz prova que a grandeza que mede o movimento e, portanto a verdadeira medida da força, é a massa vezes o quadrado da velocidade, isto é, $m.v^2$, e não $m.v$, como acreditava Descartes (PONCZEK, 2000, p. 341).

Segundo Neves, 1999, a síntese de Descartes para o sistema de mundo, encontrará na obra de Newton a mecânica necessária para a explicação dos fenômenos terrestres e celestes.

Veja como Sir Isaac Newton definiu a quantidade de movimento, que precedeu os axiomas em seu Principia:

A quantidade de movimento é a medida do mesmo, obtida conjuntamente a partir da velocidade e da quantidade de matéria (NEVES, 1999, p.48).

De acordo com o Projeto Física¹, se buscarmos a definição de Descartes para a quantidade de movimento, produto da massa pelo módulo da velocidade, $m.v$, e a substituímos pela definição de Newton, produto da massa pela velocidade, $m.\vec{v}$, ter-se-á que para todas as colisões, o movimento dos corpos que colidem antes e depois da colisão será dado por:

$$m_1 . \vec{v}_1 + m_2 . \vec{v}_2 = m_1 . \vec{v}'_1 + m_2 . \vec{v}'_2$$

¹ **Projeto Física** de Harvard ou **Projeto** Harvard foi um **projeto** nacional de desenvolvimento curricular para criar um programa educacional de ensino secundário de **Física** nos Estados Unidos, ativo de 1962 a 1972.

em que m_1 e m_2 são as massas dos dois corpos que colidem frontalmente, v_1 e v_2 suas velocidades antes da colisão, e v'_1 e v'_2 são suas velocidades após a colisão.

Em linguagem moderna, dizemos que a velocidade é uma grandeza vetorial. Descartes falhou por não conhecer este conceito.

Pode-se então representar a quantidade de movimento (ou momento linear) de uma partícula como o produto de sua massa pela sua velocidade:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

O momento de uma partícula pode ser imaginado como a medida da dificuldade de levar a partícula ao repouso.

A segunda lei de Newton escrita em termos do momento linear é da forma:

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{Dt} \text{ sendo, } \vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots, \text{ o momento total do sistema.}$$

Como num sistema as forças internas cancelam-se entre si (terceira lei de Newton), esta fica dependente somente das forças externas, que atuam no sistema. Sendo assim, quando não houver forças externas no sistema e/ou quando forem nulas, então o momento linear se conserva,

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = 0 \quad \rightarrow \quad \vec{p} = \text{constante}$$

Esta é a Lei da Conservação de Momento Linear.

3.1 O Que São Colisões?

Um choque ou colisão normalmente acontece num intervalo de tempo muito pequeno. E é durante esse intervalo de tempo que os corpos trocam forças muito intensas, que provocam deformações nos dois corpos. Essas forças recebem o nome de forças impulsivas, que são classificadas como

forças internas em relação ao sistema constituído pelos corpos que realizam o choque.

Mesmo quando existem forças externas agindo durante um choque, os impulsos por elas produzidos são desprezíveis, pois o intervalo de tempo é extremamente pequeno. Podemos, portanto, considerar um choque como sistema isolado de forças externas, apresentando conservação da quantidade de movimento do sistema composto pelos corpos que colidem (CARRON, 2014, p. 221).

Num processo de colisão, raramente as forças externas são nulas, ou estão ausentes, entretanto geralmente elas são muito mais fracas do que as forças de colisão podendo ser desprezadas, ou consideradas ausentes. Isso permite desprezar a variação da quantidade de movimento produzida pelas forças externas, isto é, considerar que, durante o curto intervalo de tempo em que ocorre a colisão, a quantidade de movimento do sistema permanece constante.

$$\vec{p}_{\text{inicial}} = \vec{p}_{\text{final}}$$

Sendo assim, independente de qual tipo de colisão estejamos estudando, a quantidade de movimento (ou momento linear) sempre se conserva.

Durante a colisão entre dois corpos macroscópicos, certa quantidade de energia cinética total dos dois corpos é perdida. Uma parte dessa energia perdida é usada para executar trabalho de deformação dos corpos. Outra parte é transformada em outras modalidades de energia, tais como energia térmica e energia vibratória, a qual produz o som que ouvimos durante a colisão. Em certos casos, porém, essa perda é tão pequena que admitimos que a energia cinética total do sistema se conserva antes e depois da colisão.

Levando em conta a conservação ou não da energia cinética total do sistema, pode-se classificar as colisões em três tipos:

Colisões elásticas: a energia cinética se conserva e os corpos se separam após o choque.

Colisões parcialmente elásticas: a energia cinética não se conserva e os corpos se separam após o choque.

Colisões inelásticas: após o choque os corpos ficam unidos e a energia cinética total após o choque é menor que antes do choque.

3.2 Momento Linear ou Quantidade de Movimento (\vec{p})

Defini-se quantidade de movimento ou momento linear de um corpo, como sendo o produto de sua massa m pela sua velocidade \vec{v} . O momento linear é uma grandeza vetorial que possui a mesma direção e sentido da velocidade, e seu módulo pode ser determinado por:

$$|\vec{p}| = m \cdot |\vec{v}| \quad (1)$$

A unidade do módulo do momento linear no SI é o kg .m/s.

3.3 Impulso de uma Força Constante (\vec{I})

O impulso é uma grandeza vetorial que possui a mesma direção e sentido da força, e seu módulo pode ser determinado por:

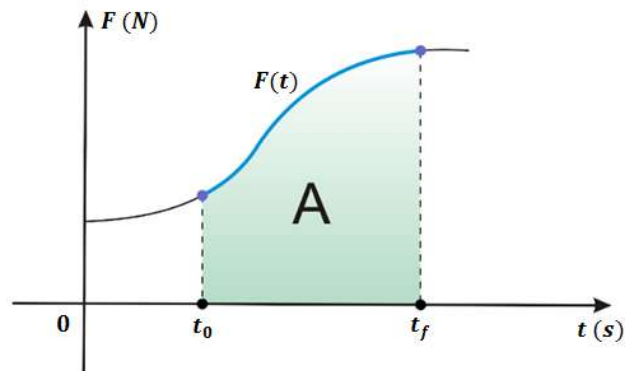
$$|\vec{I}| = |\vec{F}| \cdot \Delta t \quad (2)$$

A unidade de intensidade do impulso no SI é o N.s.

3.4 Impulso de uma Força Variável

Imagine que a força que fazemos sobre um corpo para efetuar um deslocamento não seja mais constante, mas que varie com o tempo. Então sempre que a força variar com tempo podemos calcular o impulso. Essa força variável também pode ser representada por um gráfico, conforme Figura 1.

Figura 1 – Representação gráfica da força em função do tempo.



Fonte: Autores (2018).

O módulo do impulso pode ser determinado por:

$$I = \int_{t_0}^{t_f} F(t) dt = \text{Área}(F \times t) \quad (3)$$

3.5 Teorema do Impulso

Pelo teorema do impulso, podemos relacionar impulso e momento linear e constatar que elas são de mesma dimensão.

$$\vec{I} = \Delta \vec{p} \quad (4)$$

3.6 Sistema Mecanicamente Isolado

Um sistema é isolado quando a força resultante externa aplicada a ele for nula. Neste caso, como a força é nula, o impulso será nulo e a quantidade de movimento se manterá constante (princípio da conservação da quantidade de movimento).

$$\vec{F}_{R \text{ externa}} = 0 \rightarrow \vec{p} = \text{constante}$$

$$\vec{p}_{\text{inicial}} = \vec{p}_{\text{final}}$$

$$m_1 \cdot \vec{v}_{1i} + m_2 \cdot \vec{v}_{2i} = m_1 \cdot \vec{v}_{1f} + m_2 \cdot \vec{v}_{2f} \quad (5)$$

3.7 Colisões Mecânicas

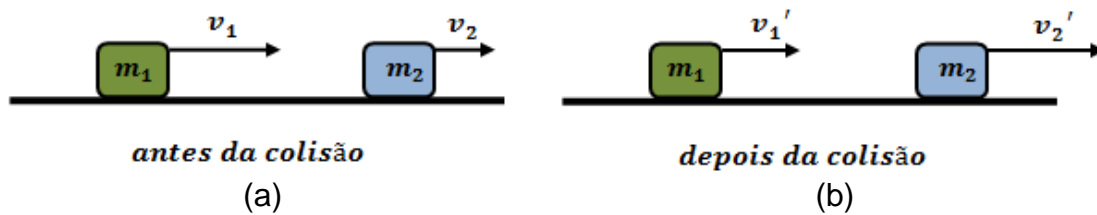
Em física podemos ter três tipos de colisões, as colisões perfeitamente elásticas, as colisões parcialmente elásticas e as colisões inelásticas. Em uma colisão mecânica podemos verificar duas fases distintas: a de deformação e a de restituição. A primeira tem início no instante em que os corpos entram em contato, passando a se deformar mutuamente, e termina quando um corpo para em relação ao outro. Nesse instante, tem início a segunda fase, que por sua vez termina quando os corpos se separam. A diferença entre uma colisão e outra está na fase de restituição, pois, a mesma não ocorre em todas as colisões. A partir de agora estudaremos cada tipo de colisão.

3.8 Colisões Elásticas

Imagine uma colisão frontal simples de dois corpos de massas diferentes. Se a energia cinética do sistema (corpo 1 + corpo 2) se mantiver constante antes e depois da colisão, podemos chamá-la de *colisão elástica*. O momento linear ou quantidade de movimento desse sistema, sempre é conservado em uma colisão, seja a colisão elástica ou não.

Consideremos dois corpos, um de massa m_1 e com velocidade v_1 e outro de massa m_2 com velocidade v_2 , sendo $v_1 > v_2$, movendo-se em linha reta, conforme diagrama apresentado na Figura 2-a. Após um intervalo de tempo os dois corpos irão colidir e esta colisão provocará uma alteração na velocidade dos corpos, passando o corpo 1 a ter velocidade v_1' e o corpo 2, v_2' , conforme diagrama apresentado na Figura 2-b. Consideremos um referencial inercial para as grandezas vetoriais velocidade e momento linear, com o sentido para a direita sendo positivo.

Figura 2: Diagrama representativo da variação das velocidades dos corpos 1 e 2: (a) antes da colisão e (b) depois da colisão.



Fonte: Autores (2018).

Aplicando o princípio da conservação do momento linear para o sistema (corpo 1 + corpo 2) antes da colisão e após a colisão temos:

$$\vec{P}_{\text{inicial}} = \vec{P}_{\text{final}}$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

Se a colisão for elástica, a energia cinética se conserva, logo:

$$K_{\text{inicial}} = K_{\text{final}}$$

$$\frac{1}{2} m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 \cdot v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2'^2$$

3.9 Coeficiente de restituição

Como vimos anteriormente, existem duas fases durante uma colisão: a *deformação* e a *restituição*. Considere os dois corpos 1 e 2 que foram usados de exemplo anteriormente. Observe que antes da colisão existe uma velocidade relativa de aproximação e após temos uma velocidade relativa de afastamento. O coeficiente de restituição é definido como sendo a divisão entre a velocidade de afastamento pela velocidade de aproximação.

$$e = \frac{v_{\text{afastamento}}}{v_{\text{aproximação}}}$$

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

Para a colisão elástica o coeficiente de restituição é máximo, ou seja, $e = 1$.

3.10 Colisões Parcialmente Elásticas

Nas colisões parcialmente elásticas os corpos tem uma velocidade relativa não nula após a colisão, dessa forma o coeficiente de restituição para uma colisão parcialmente elástica admite valores entre 0 e 1.

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

$$0 < e < 1$$

O momento linear é sempre conservado em uma colisão, seja a colisão elástica ou não, assim, aplicando o princípio da conservação do momento linear, temos:

$$\vec{p}_{\text{inicial}} = \vec{p}_{\text{final}}$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

3.11 Colisões Inelásticas

Uma colisão inelástica é aquela na qual a energia cinética do sistema (corpo 1 + corpo 2) não é conservada.

Como a energia cinética não é conservada, parte da energia é transformada, em calor ou energia potencial de deformação. Para a colisão inelástica o coeficiente de restituição é nulo, ou seja, $e = 0$, isso implica que após a colisão os corpos permanecem juntos, a velocidade final é igual para os dois corpos que compõem o sistema.

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

$$0 = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

$$0 \cdot (v_1 - v_2) = v_2' - v_1'$$

$$v_1' = v_2'$$

Aplicando o Princípio da conservação do momento linear, o momento linear antes e depois da colisão pode ser escrito como:

$$\vec{p}_{\text{inicial}} = \vec{p}_{\text{final}}$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2$$

Como $v'_1 = v'_2 = v'$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v'$$

CAPÍTULO 4

ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Este capítulo descreve como foi realizada a investigação, a escolha da abordagem metodológica, o contexto da pesquisa, bem como os sujeitos participantes desta e o local de realização. Descreve também a aplicação de uma Sequência Didática, utilizando para isso de vários recursos de ensino como questionários, textos, vídeos, experimentos e simulador.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Na presente pesquisa, utilizamos a investigação qualitativa, que é pautada por diferentes metodologias, técnicas e ferramentas. Quando estudamos estas diferenças queremos reforçar a especialidade e a eficiência da metodologia escolhida em relação aos objetivos e questões de investigação que queremos responder.

Pesquisa qualitativa é um método de investigação científica que se foca no caráter subjetivo do objeto analisado, estudando as suas particularidades e experiências individuais. Com a pesquisa qualitativa, os entrevistados estão mais livres para apontar os seus pontos de vista sobre determinados assuntos que estejam relacionados com o objeto de estudo. Numa pesquisa qualitativa as respostas não são objetivas, e o propósito não é contabilizar quantidades como resultados, mas, sim, conseguir compreender o comportamento de determinado grupo-alvo.

Bogdan e Biklen (1982) discutem o conceito de pesquisa qualitativa apresentando cinco características básicas que configurariam esse tipo de estudo.

- 1. A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o professor-pesquisador como seu principal instrumento.*
- 2. Os dados coletados são predominantemente descritivos. O material obtido nessas pesquisas é rico em descrição de pessoas, situações, acontecimentos.*
- 3. A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto. O interesse do professor-pesquisador ao estudar um determinado problema é verificar como ele se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas.*
- 4. O "significado" que as pessoas dão as coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo professor-pesquisador.*

Nesses estudos há sempre uma tentativa de capturar a “perspectiva dos participantes”, isto é, a maneira como os informantes encaram as questões que estão sendo focalizadas. 5. A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo. Os professor-pesquisadores não se preocupam em buscar evidências que comprovem hipóteses definidas antes do início dos estudos (BOGDAN E BIKLEN, 1982).

Na investigação qualitativa temos as palavras, o ponto de vista dos participantes, o investigador próximo, as teorias que emergem do processo, a compreensão do contexto, os dados ricos e profundos, o micro, os significados, a conjuntura natural. Costumam-se considerar técnicas qualitativas todas aquelas diferentes à pesquisa estatística e ao experimento científico. Isto é, entrevistas abertas, grupos de discussão ou técnicas de observação de participantes.

4.2 SUJEITOS DA PESQUISA

A sequência didática proposta sobre o tema “colisões no trânsito”, foi aplicada para um grupo de onze (11) alunos, sendo quatro (4) do segundo ano do Ensino Médio regular, três (3) do terceiro ano e quatro (4) do segundo ano do Curso Técnico em Informática. Todos os participantes são alunos do Colégio Estadual Antônio Francisco Lisboa, do município de Sarandi, Núcleo Regional de Educação de Maringá, Paraná. Esses alunos foram selecionados a partir da orientação da vice-diretora Maria e do coordenador do grupo de estudos em preparação para o PAS – UEM. O professor-pesquisador exerce a docência em Física nessa escola, desde março de 2018, na condição de professor substituto (PSS).

A pesquisa foi desenvolvida em quatro encontros que ocorreram às terças e quintas, nos dias 3, 5, 10 e 12 de julho de 2018. Observou-se o interesse dos participantes pela abordagem diferenciada, de um conteúdo muito pouco estudado em sala de aula, com apresentação de atividades diversas como leitura e debate de textos, vídeos, realizações experimentais e simulações.

4.3 ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nossa proposta se pauta numa metodologia de intervenção que prioriza fundamentalmente dois aspectos: a realização de atividades múltiplas e diversas, tais como discussões, leituras, atividades experimentais e de simulações, e o desenvolvimento de um trabalho em equipe que crie condições efetivas para a instauração de um clima de parceria entre os alunos e entre estes e o professor responsável pela pesquisa.

Organizaremos a sequência didática sobre colisões visando inserir esse tema no currículo do ensino médio, para que seja desenvolvida em quatro módulos, prevendo alterações, se necessário.

O método didático-pedagógico de condução das atividades propostas nessa sequência didática considera as representações que os alunos trazem do seu cotidiano e estimula a convivência entre os pares. Entendemos que essas considerações valorizam o processo de desenvolvimento de conteúdos conceituais, de habilidades de pensamento, de valores e de atitudes. Denominamos "atividades práticas" as situações de aprendizagem que envolvem a manipulação de materiais e de objetos, tanto para a elaboração de representações como para a construção de experimentos.

As atividades práticas são estratégias importantes para o processo de ensino e aprendizagem, pois estimulam, entre outras habilidades, as capacidades de elaborar e testar hipóteses, observar e comparar dados, analisar e discutir resultados. Esse tipo de atividade ainda permite ao aluno desenvolver algumas capacidades, tais como, se expressar, questionar, tomar decisões e principalmente organizar a troca de conhecimentos.

Entendemos ainda que a leitura e principalmente a compreensão de texto também são habilidades importantes no desenvolvimento da estratégia proposta nessa sequência didática. No entanto, sabemos que o ensino se torna mais significativo quando se utiliza representações visuais, imagens e vídeos, pois acreditamos que elas podem ampliar a possibilidade de o aluno aprender conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Em nossa proposta procuramos explorar as representações visuais. A estrutura modular de nossa sequência didática sobre colisões está apresentada de maneira detalhada no Quadro 1.

Quadro 1 – Estrutura da Sequência Didática.

ESTRUTURA MODULAR DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA		
MÓDULO	TEMA	Nº DE AULAS
Módulo 1 Colisões mecânicas no trânsito e itens de segurança em veículos automotores.	Pré-teste (educação para o trânsito, Física e as colisões no trânsito ...). Cinto de Segurança, air bag, controle de estabilidade e de tração.	3
Módulo 2 Estudo da quantidade de movimento e colisões de esferas.	Apresentação, em Power Point, do conceito de quantidade de movimento e tipos de colisões. Realização do experimento colisões de duas esferas de aço.	3
Módulo 3 Conservação da quantidade de movimento.	Apresentação, em Power Point, do princípio da conservação da quantidade de movimento. Experimento canhão de borrachinha.	3
Módulo 4 Estudo dos tipos de colisões mecânicas.	Uso de simulador Phet Colorado para análise das características dos tipos de colisões mecânicas. Pós –teste.	3

Fonte: Autores (2018).

4.3.1 Proposta Didática

Acredita-se que, por meio da estratégia de sequência didática, é possível haver um avanço na apropriação do conhecimento pelos aprendizes dos conceitos físicos presentes em acidentes de trânsito, dando a eles a oportunidade de manifestar suas dúvidas e acertos, concepções e ideias, de uma forma bastante interativa e que permite ainda ao professor intervenções quando necessárias, criando um ambiente de debates e trocas de experiências construtivo e prazeroso.

4.3.2 Objetivo Geral da Sequência Didática

O tema proposto “colisões no trânsito” tem como origem a divulgação cotidiana na mídia de acidentes de trânsito, que ceifam vidas ou deixam sequelas irrecuperáveis. Entendemos que esse tema deveria constar no currículo da escola básica para que os aprendizes conheçam a realidade do trânsito brasileiro tomando consciência da responsabilidade de cada cidadão em respeitar as Leis de Trânsito.

Elaborar um material didático pedagógico, em forma de uma Sequência Didática, denominado Produto Educacional, sobre colisões no trânsito, identificando conceitos físicos presentes em colisões reais do cotidiano, a fim de proporcionar aos alunos do ensino médio um momento privilegiado de estudo, e para o professor um subsídio importante e eficiente de promover o ensino e aprendizagem de Ciências.

4.3.3 Objetivos Específicos da Sequência Didática

No desenvolvimento da sequência planejou-se atividades diversas como forma de trabalhar os conceitos físicos presentes nas colisões de trânsito, ou seja:

- promover a interação entre professor e alunos e motivá-los para o estudo de colisões mecânicas no trânsito a partir do debate das causas, como, também, das consequências dos acidentes de trânsito na vida, na saúde das pessoas e na economia do país;
- promover a aprendizagem dos conteúdos conceituais de colisões mecânicas;
- debater sobre os efeitos maléficos do desrespeito às leis de trânsito para o aprendiz e toda a comunidade ao seu entorno;
- discutir a partir da realidade cotidiana no trânsito, os benefícios que o respeito às leis de trânsito pode trazer aos cidadãos em termos de saúde, trabalho e economia para o país;
- contribuir para a formação de cidadãos conscientes de sua responsabilidade e compromisso perante a comunidade em que vivem.

4.3.4 O Papel do Professor

O papel do professor é fundamental para o sucesso de uma sequência didática bem planejada.

Por meio da interação professor-aluno, será possível que o pesquisador reconheça o caminho a ser tomado com relação aos conteúdos em estudo, levando sempre em consideração a liberdade intelectual dos alunos.

Sua postura em sala de aula “deve proporcionar a autonomia do aluno, a cooperação entre os grupos, a interação professor-aluno e o debate” (RESQUETTI, 2013, p. 120).

4.3.5 A Avaliação

A avaliação das atividades propostas nesta sequência didática foi realizada, de maneira contínua em cada ação, durante todo o desenvolvimento da sequência didática, por meio de debates em grupos, participação nas atividades de leituras, realização de experimentos e simulações, como também respostas a questionários.

Entendemos que a complexidade do tema envolve conceitos de Física nem sempre fáceis de compreender e também nem sempre abordados em sala de aula com a necessária profundidade que este tema de Física necessita no ensino médio.

4.4 COLETA DE DADOS

No primeiro encontro iniciou-se a aplicação do módulo 1 da sequência didática programada. Primeiramente o professor-pesquisador apresentou o projeto aos alunos participantes da pesquisa, deixando bem claro os objetivos e expectativas sobre o tema colisões no trânsito, a forma de abordagem por meio de uma sequência didática e os recursos de ensino que seriam utilizados em todo o desenvolvimento do projeto. Foi explicado que haveria quatro encontros onde seriam estudados e debatidos varias atividades explorando os conceitos físicos presentes em acidentes de trânsito, buscando conscientizar

os estudantes sobre as imprudências e a falta de respeito às Leis de Trânsito no Brasil.

Como instrumentos de coleta de dados foi utilizado inicialmente um questionário, o qual denominamos Pré-Teste, contendo questões que envolvem os acidentes de trânsito. Durante a aplicação da sequência didática proposta, foram analisados e discutidos vídeos, textos, experimentos e simulação, desenvolvidos com o objetivo de estabelecer “uma ponte de interação” entre o professor-pesquisador e participantes da pesquisa, originando debates entre os mesmos, sendo anotados em um diário de classe, para posterior análise.

As atividades propostas na sequência didática tinham como enfoque conceitos físicos presentes nas colisões de trânsito como forças, velocidade, conservação de energia mecânica, conservação de quantidade de movimento e tipos de colisões.

No quarto e último encontro aplicou-se novamente o questionário inicial, agora como um Pós-Teste, para coletar a opinião dos participantes, considerando todas as atividades vistas e estudadas durante os quatro encontros realizados.

CAPÍTULO 5

RELATO DE EXPERIÊNCIA

5.1 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A aplicação da sequência didática, foi realizada em quatro encontros, onde foram desenvolvidas todas as atividades planejadas nos quatro módulos propostos na sequência didática, descritas como segue.

5.1.1 Modulo 1 – Colisões Mecânicas no Trânsito

No primeiro encontro o professor apresentou o projeto aos alunos, fazendo uma breve explanação sobre o tema “colisões no trânsito”, relacionado aos conceitos físicos de Mecânica e como seriam abordados.

Após a explanação aplicou-se um questionário em forma de Pré-teste (Apêndice 2), respondido pelos alunos distribuídos em três equipes, cujo objetivo foi verificar as ideias iniciais dos participantes sobre as principais causas e consequências dos acidentes de trânsito urbano e nas rodovias federais, do país e do Paraná. Continha também questões sobre itens de segurança como: cinto, air bag e o freio ABS.

O professor não fez muitas interferências, enfatizando a importância dos alunos escreverem o que sabiam, a partir das observações feitas no dia a dia, mas, percebeu uma certa timidez e receio dos alunos em participar. Alguns alunos manifestaram dúvidas a respeito do funcionamento dos itens de segurança mais recentes, como o freio ABS e o air bag.

Ao terminarem de responder as questões, num segundo momento, foi apresentado o Vídeo 1² “Média de Mortes em Acidentes de Trânsito, que sobe em média, 12 % no fim do ano”, cuja fonte foi o Jornal Nacional do dia 12 de dezembro de 2017, da Rede Globo de Televisão, com duração aproximada de 3 minutos.

² Vídeo 1: Média de mortes em acidentes de trânsito sobe 12% no fim do ano

Fonte: <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2017/12/media-de-mortes-em-acidentes-de-transito-sobe-12-no-fim-do-ano.html>. Acesso em 13.02.2018.

Duração: 03 min 11 seg (Rede Globo – Jornal Nacional 12/12/2017)

Num terceiro momento apresentamos, em Power Point, informações sobre o equipamento de segurança air bag indicando suas localizações e funcionamento dentro de um veículo.

Em um quarto momento, apresentou-se o vídeo 2³ “Renault mostra na prática o funcionamento do freio ABS”, de aproximadamente 4 minutos, sobre o sistema de freios ABS. O vídeo explica, de forma bastante didática, questões à respeito da origem do nome, das suas vantagens em relação ao freio à disco, à frenagem brusca e à estabilidade.

Como última atividade apresentou-se o vídeo 3⁴, com duração aproximada de 4 minutos, sobre a eficiência do sistema de controle de estabilidade para um carro em movimento na frenagem e desvio de um obstáculo.

5.1.2 Módulo 2 – Estudo da Quantidade de Movimento - Experimento “Atividade das Esferas ‘Bolinhas’”

Como os alunos participantes tinham um compromisso para atender o currículo escolar no primeiro encontro (módulo 1), o texto “Um Panorama sobre Acidentes de Trânsito no Brasil” foi aplicado no primeiro momento do módulo 2, com o mesmo sendo projetado no quadro, em Power Point, e cada aluno procedeu a leitura de um parágrafo e, posteriormente, responderam algumas questões sobre o mesmo, em grupo.

No segundo módulo foi orientado o estudo dos conceitos de quantidade de movimento, utilizando para isso um experimento, por nós elaborado, adaptado de uma atividade proposta para crianças pela professora Anna Maria Pessoa de Carvalho da Faculdade de Educação da USP, o qual chamamos de “atividade das bolinhas”.

O experimento consiste em uma base vertical de madeira, com um trilho de alumínio colado na extremidade superior, por onde esferas de aço

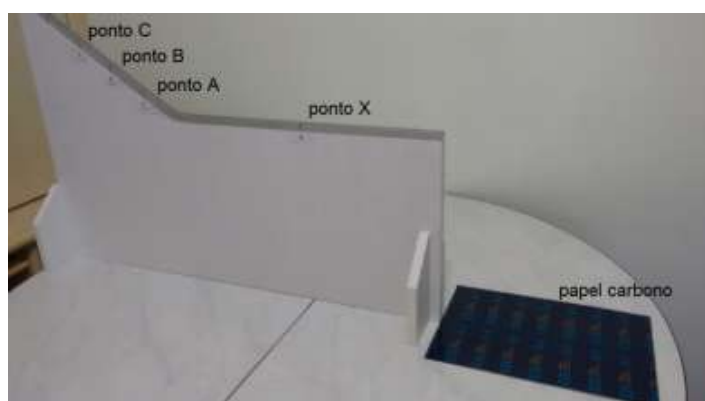
³ Vídeo 2: Renault mostra na prática o funcionamento do freio ABS
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=2ag21iPffeQ>
Duração: 04 min 45 seg Acesso em 23/04/2018

⁴ Vídeo 3: Funcionamento do ESP Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=akiyRph7ubY>
Duração: 04 min 45 seg Acesso em 01/07/2018

abandonadas percorrem o plano inclinado, partindo de pontos A, B e C, em diferentes alturas. Na base de madeira deve ser feita uma marcação no ponto médio da parte horizontal do trilho, ponto X, como mostra a Figura 3.

Também foi necessário uma folha de papel carbono, que foi colocada sobre o papel sulfite, para fazer as marcações dos alcances das bolinhas, ao caírem sobre a mesa.

Figura 3 – Representação do experimento das esferas.



Fonte: Autores (2018).

Para a realização desse experimento utilizou-se esferas metálicas, duas de massas idênticas e menores e uma com massa maior, como mostra a Figura 4. Como sugestão, pode-se utilizar esferas de rolamentos de tratores ou caminhões.

Figura 4: representação das esferas metálicas utilizadas no experimento.



Fonte: Autores (2018).

Para a execução do experimento dividiu-se a turma em grupos com três integrantes, com o objetivo de proporcionar maior interação entre os mesmos e posterior discussão com os demais grupos, bem como o levantamento de hipóteses pelos alunos.

A atividade foi dividida em duas partes, sendo que a primeira previa auxiliar o aluno a compreender que o alcance que a esfera atinge ao deixar o trilho, depende da velocidade com que a mesma sai desse trilho e da altura em que esta foi abandonada. Essa parte foi realizada com o objetivo de relacionar as diferentes massas e pontos de abandono das esferas com o alcance das mesmas.

A segunda parte do experimento teve como objetivo verificar o princípio da conservação da quantidade de movimento na colisão entre duas esferas de aço, uma delas partindo das alturas A, B, C, em três situações diferentes:

- (a) massas iguais – a primeira esfera é solta e colide com a segunda esfera em repouso no ponto X;
- (b) massas diferentes – a esfera maior é solta e colide com a esfera menor em repouso no ponto X
- (c) massas diferentes - a esfera menor é solta e colide com a esfera maior em repouso no ponto X.

5.1.3 Módulo 3 – Conservação da Quantidade de Movimento - Experimento “Atividade do Canhãozinho” de Borracha

Para discutir o tema conservação da quantidade de movimento propomos uma atividade experimental, a qual chamamos de atividade do canhãozinho, extraída e adaptada do Projeto Experimentos de Física com Materiais do dia-a-dia, da UNESP/Bauru-SP.

O experimento foi construído sobre uma base de madeira (leve), com três pregos fixos sobre a mesma, um elástico (borrachinha de dinheiro) preso a esses pregos e esticado, em forma de V, por uma linha de costura amarrada no terceiro prego. Abaixo do dispositivo são colocados lápis cilíndricos para que esse possa deslizar livremente, conforme as Figuras 5.a e 5.b.

Essa atividade teve como objetivo verificar, experimentalmente, o princípio da conservação da quantidade de movimento, por meio da compensação dos movimentos de dois corpos (projétil e canhãozinho).

Figura 5 – Canhãozinho de borracha e projéteis: (a) bola de gude; (b) bola de isopor.



Fonte: Autores (2018).



Fonte: Autores (2018).

5.1.4 Módulo 4 – Simulador “Laboratório de Colisões” – Phet Colorado ⁵

Nesse quarto encontro o professor-pesquisador orientou os alunos sobre o simulador de colisões “Laboratório de colisões”, do PHET – Colorado, cujo objetivo foi investigar os diferentes tipos de colisões, no estudo de quatro situações diferentes: (a) colisão elástica, (b), colisão inelástica, (c) parcialmente elástica para duas esferas (“bolinhas”) de mesma massa e (d) parcialmente elástica para duas esferas (“bolinhas”) de massas diferentes. Utilizou-se para tanto o laboratório de informática da escola, onde inicialmente os grupos receberam orientação sobre o desenvolvimento de cada simulação.

Durante toda a execução da proposta, o professor circulava entre os grupos orientando e respondendo questões sobre as dificuldades encontradas na sequência do desenvolvimento do planejamento. Ao terminar, houve uma breve discussão sobre os resultados.

Após terminarem de executar todas as orientações sobre o simulador “Laboratório de Colisões”, do PHET – Colorado, os grupos responderam o Pós-teste, que continha as mesmas questões do Pré-teste, encerrando assim o quarto encontro e a presente pesquisa.

5.2 AÇÕES DESENVOLVIDAS

Como já descrito na sequência didática, planejou-se várias atividades com o objetivo de relacionar os conceitos físicos envolvidos em acidentes de trânsito. Nessas atividades procurou-se abordar conceitos de velocidade, leis de Newton, conservação de energia mecânica, conservação da quantidade de movimento e os vários tipos de colisões.

⁵ Phet Colorado: fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências.

Ao analisarmos os resultados de cada ação trataremos prioritariamente de cada uma delas conforme o planejamento dos módulos 1, 2, 3 e 4.

5.2.1 Módulo 1 – Pré-Teste, Vídeos – Segurança no trânsito, Texto

Dentre as várias atividades propostas no módulo 1 da sequência didática, aplicamos inicialmente um Pré-teste com questões sobre a opinião das equipes de alunos a respeito de educação no trânsito, como: imprudências, desrespeito às leis de trânsito, as causas mais frequentes de morte, o que a Física tem a ver com colisões no trânsito, sobre os itens de segurança (cinto de segurança, air bag, freios ABS), sobre os conceitos físicos das Leis de Newton envolvidos numa colisão de trânsito.

Como as dúvidas mais frequentes foram sobre os recursos modernos de segurança nos veículos de passeio, optamos por descrever os resultados do Pré-teste somente no final da pesquisa, juntamente com o Pós-teste, pelo fato dos dois apresentarem as mesmas questões, para poder comparar as opiniões dos entrevistados. Pretende-se então, verificar se as dúvidas iniciais puderam ser sanadas após a aplicação e a execução de todas as atividades e ações propostas na sequência didática planejada.

O vídeo 1 apresenta um panorama geral do número de mortes por acidente de trânsito em todo país, evocando a imprudência no cumprimento das leis de trânsito. Segundo a reportagem, *“a evolução da tecnologia da segurança em veículos”* é evidente que, *“o que parece não evoluir é o que fica entre o volante e o banco do carro, ou seja, o motorista”*.

De acordo com a Polícia Rodoviária Federal (PRF), o vídeo 1 mostra que a falha humana é a principal causa da grande maioria dos acidentes de trânsito. Entendemos que o principal objetivo deste vídeo é conscientizar os participantes sobre o respeito devido ao semelhante e às leis de trânsito.

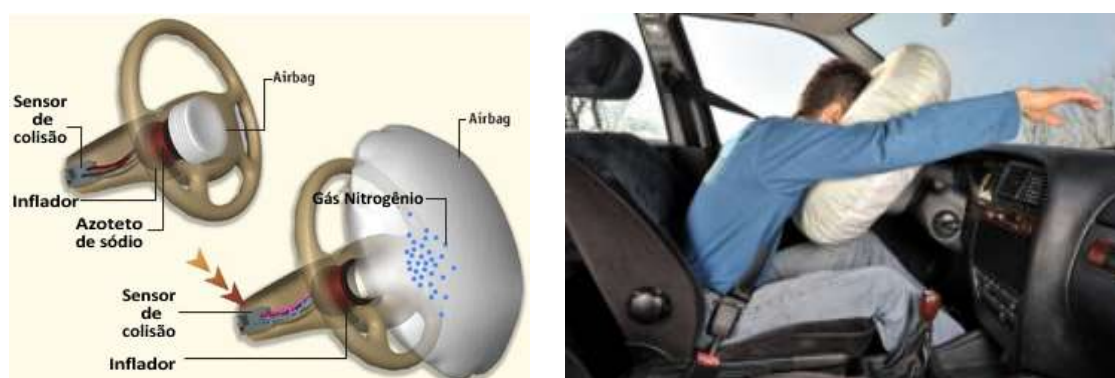
Em relação aos itens de segurança abordamos, inicialmente o air bag. Um sistema individual de air bag possui três componentes: sensor de colisão, inflador e bolsas. O sensor de colisão consiste de um acelerômetro calibrado para deflagrar o dispositivo em caso de desaceleração maior que 20 km/h em um curto espaço de tempo. Em veículos com airbags frontais, eles se

localizam na parte dianteira. Os que possuem air bags laterais e de cortina também são equipados com dois adicionais, um em cada lado.

O inflador consiste de uma substância química chamada azida de sódio, a qual se converte rapidamente em nitrogênio ao receber um centelha elétrica. As bolsas são feitas de nylon e recebem uma camada de talco, com o intuito de evitar que suas dobras grudem e haja prejuízo no funcionamento do sistema.

Quando ocorre um impacto, o sensor gera uma centelha responsável pela ignição do inflador. Este infla as bolsas em um décimo de segundo, a uma velocidade de 300 km/h, rápido o suficiente para que o contato dos ocupantes ocorra primeiro com os air bags, e não com as estruturas do automóvel, gerando a proteção desejada.

Figura 6 – Componentes de um sistema individual de air bags: sensor de colisão, inflador e bolsas (a); air bag de volante, inflado (b).



Fonte: <http://profvicenteneto.blogspot.com/2013/01/a-quimica-do-airbag-das-reacoes.html>. Acesso em 26.10.18

Fonte: <https://quatorrodas.abril.com.br/auto-servico/oculos-podem-ser-perigosos-em-caso-de-acionamento-dos-airbags/>. Acesso em 26.10.18

Alguns alunos comentaram que o equipamento air bag não é tão seguro e que havia problemas, pois sabiam de acidentes fatais na utilização do mesmo. Nesse momento da aula percebemos os alunos se identificando com a temática que estava sendo apresentada. O professor lembrou que o assunto carecia de uma pesquisa mais aprofundada e sugeriu que os alunos pesquisassem a fim de sanar as dúvidas e trouxessem para discussão no próximo encontro. Lembrou ainda que o nosso enfoque não era sobre os princípios técnicos envolvidos no funcionamento deste item de segurança, mas sobre os benefícios físicos, tais como, evitar um choque (colisão) violento do

passageiro com o volante, com a parte frontal do passageiro da frente, com o joelho ou, com a lateral. Para que o corpo do passageiro não sofra esse impacto violento no momento da colisão do veículo com um obstáculo, seja ele fixo ou não. Salientou, também, a constante evolução do desenvolvimento da tecnologia, nos itens de segurança, principalmente nos carros de fabricação mais recente.

De maneira geral a curiosidade dos alunos foi sobre a eficiência, limitações e o custo do equipamento air bag. Houve um expressivo debate com a participação de todos, sanando dúvidas e emitindo opiniões, nesse sentido percebemos que o ambiente de aula estava diferente do ambiente cotidiano, pois tínhamos alunos mais participativos.

Num quarto momento, com a apresentação do vídeo 2, os alunos mostraram curiosidade e interesse nas discussões sobre o freio ABS, mas houve também quem questionasse o custo desse benefício e também se todos os carros atuais saíam da fábrica com esse equipamento. O professor explicou que a partir de janeiro de 2014, todos os carros teriam que, obrigatoriamente, por lei, saírem de fábrica com dois air bags na parte frontal, sendo um para o motorista e o outro para o passageiro, e também, com freios ABS. Antes disso poucos carros populares tinham esse sistema de freios. Somente os carros de maior padrão (mais caros) tinham esse benefício.

Houve curiosidade, também, à respeito do custo do sistema avulso, separado dos carros. Nas discussões ficou entendido que cada montadora tem seu sistema de freios e que é interessante haver uma pesquisa para verificar se vale à pena investir nisso, principalmente se o carro for mais antigo.

O nome, ABS (Anti-lock Braking System), significa sistema antitravamento das rodas. Este sistema serve para que o motorista, mesmo numa frenagem de emergência, consiga frear o carro ao máximo e ainda desviar de obstáculo, se for necessário. O ABS é composto de uma central eletrônica que monitora continuamente a velocidade das rodas. Numa frenagem de emergência ele regula a pressão do sistema hidráulico, evitando o travamento das rodas, como no freio à disco. Ele faz isso de forma individual, ou seja, travando cada roda. Qualquer situação de piso seco ou molhado, até

mesmo se rodas estiverem em situações diferentes, duas no piso seco, duas no piso molhado, por exemplo. As Figuras 7.a e 7.b mostram ilustrações de situações com e sem freio ABS.

Figura 7 – Frenagem com e sem freio ABS: simulação (a); explicativo (b).



Fonte (a): <http://www.minhasdicas.com.br/3675/diferenca-entre-freios-com-e-sem-sistema-abs/>. Acesso: 26.10.18.

Fonte (b): <https://industriaohje.com.br/como-funcionam-os-freios-abs>. Acesso: 26.10.18.

Um carro sem ABS, numa frenagem de emergência, com piso molhado, por exemplo, tende a continuar na trajetória que ele vinha, ou seja, é impossível para o motorista desviar do obstáculo caso seja necessário.

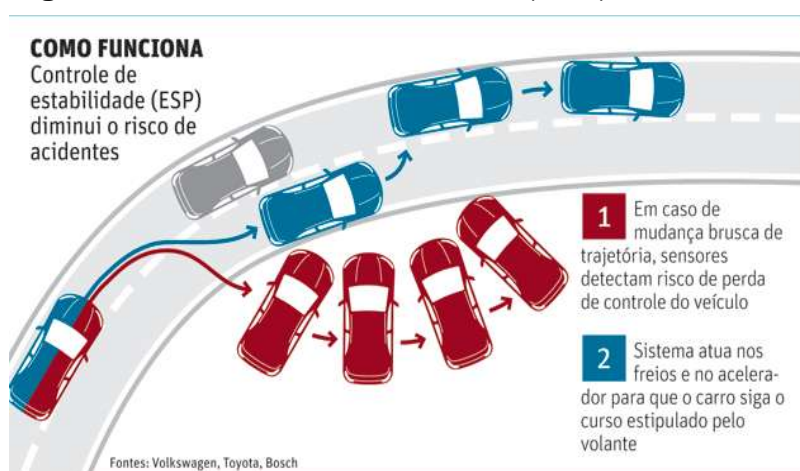
Numa frenagem, em diferentes solos, de um veículo sem ABS as rodas que estão sobre o piso seco tende a travar e as rodas que estão sobre o piso molhado tende a continuar deslizando. Isto faz com que o veículo gire sobre o seu próprio eixo, ou seja, o motorista perde completamente o controle do veículo.

Após toda essa discussão inicial aproveitamos o envolvimento da turma e formalizamos com eles o princípio físico de funcionamento do sistema de freios, buscando alicerce na força de atrito estático e dinâmico. A expressão dos alunos era de surpresos, e um deles ainda inferiu: "eu nem imaginava que o sistema de freios tinha a ver com atrito, achava que o atrito era só dos pneus com o chão". Nessa fala podemos enfatizar o quanto se faz importante o professor-pesquisador associar o ensino de Física com as tecnologias disponíveis, pois esse fato pode ser um elemento motivador para a aula.

Por meio do vídeo 3, como quinta atividade do módulo 1, mostrou-se o funcionamento do controle de estabilidade e de tração e sua eficiência.

O controle de estabilidade, popularmente conhecido por ESP (Electronic Stability Program ou Programa Eletrônico de Estabilidade), é um sistema eletrônico que atua diretamente nos freios e evita que o condutor perca o controle direcional em curvas ou desvios de trajetória, garantindo maior segurança. Observe na Figura 8: (1) o carro sem controle de estabilidade e (2) com controle de estabilidade, numa curva.

Figura 8 – Controle de estabilidade (ESP), como funciona.



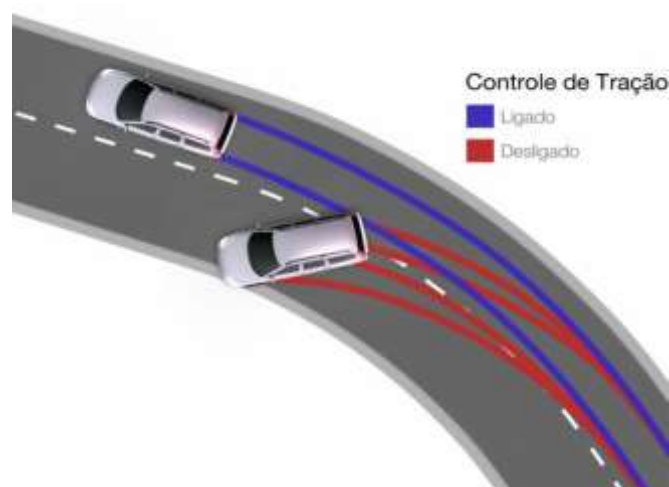
Fonte: <http://classificados.folha.uol.com.br/veiculos/1002964-controle-de-estabilidade-chega-as-picapes.shtml>. Acesso em 26.10.18.

O controle de tração monitora a velocidade das rodas usando os sensores do ABS. Se uma roda está deslizando, o controle de tração reduz a força do motor para recuperar a capacidade de tração. Se necessário o controle de tração também aciona os freios à roda sem tração. Isso ajuda a transferir a força para a outra roda (que agora tem mais “tração”) dependendo das condições da superfície. Observe o esquema da Figura 9.

O texto “Um Panorama sobre Acidentes de Trânsito no Brasil”, encerra as atividades do módulo 1, apresentando algumas estatísticas a respeito dos acidentes de trânsito no Brasil e suas consequências econômicas e sociais, classificado como o quinto colocado entre os países recordistas em mortes no trânsito. Grande parte dessas mortes ocorre em rodovias federais. Entre as consequências dos acidentes de trânsito estão as lesões graves, resultando

em perdas significativas de mão de obra, além das despesas hospitalares e de danos materiais.

Figura 9 – Controle de tração.



Fonte: <http://www.autovema.com.br/blog/2017/07/28/controle-de-estabilidade-e-tracao-por-que-esse-item-virou-fator-decisorio-na-hora-de-compra-um-carro/>. Acesso em 26.10.18.

Entre as causas mais frequentes de acidentes de trânsito estão: a falta de atenção dos motoristas; a condução em velocidade acima do permitido; a ingestão de álcool antes de dirigir; a distância curta entre os veículos; a não obediência à sinalização; as ultrapassagens mal realizadas; o sono.

Entre alguns efeitos e consequências das colisões de trânsito, constata-se que a colisão traseira é a que ocorre com mais frequência e a maioria dos acidentes fatais acontecem com tempo bom, em pistas simples e em retas, sendo que a colisão frontal foi a que mais resultou em mortes.

Ao retomar ao final desta análise, no Pós-teste, todos os dados referentes à acidentes de trânsito serão analisados, considerando a opinião dos participantes a respeito desse tema e as suas particularidades.

Entendemos ainda, que por meio desses dados, algumas providências poderiam ser tomadas para se tentar diminuir as causas dos acidentes de trânsito. Acreditamos que um dos caminhos seria incluir na escola básica esse tema, pois em países onde o índice de educação é elevado, o número de acidentes de trânsito é reduzido.

Esses dados balizaram uma discussão entre a turma principalmente sobre imprudência no trânsito, em que todos participaram desse momento. Acreditamos que esse foi um momento muito rico pois, ao falarem sobre suas experiências estão tendo uma tomada de consciência e refletindo criticamente sobre o assunto, podemos dizer que essa atividade favoreceu o desenvolvimento dos conteúdos atitudinais (Zabala, 1998).

Figura 10 – Debate após a apresentação do texto 1.



Fonte: Autores (2018).

5.2.2 Módulo 2 – Conservação da Quantidade de Movimento - Experimento “Atividade das Esferas ‘Bolinhas’”

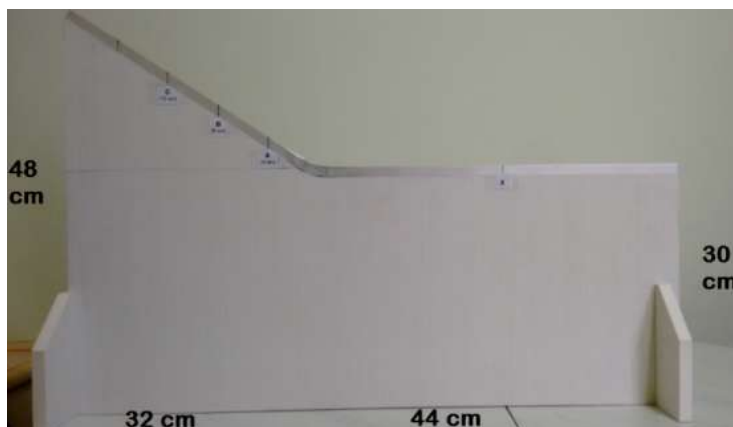
Experimento 1 - Etapa 1 - Alcance da esfera de massa menor após a soltura de diferentes alturas

Na sequência de atividades propostas, introduzimos o tema quantidade de movimento com a realização de alguns experimentos com esferas de aço, com o objetivo de proporcionar um momento de interação no grupo, bem como o levantamento de hipóteses pelos alunos.

O objetivo das etapas 1 e 2 é verificar experimentalmente que a velocidade com que a esfera deixa o trilho na parte horizontal, independe de sua massa e depende da altura que ela é solta em relação a essa horizontal e da ação gravitacional local.

Nas etapas 1 e 2, observamos respectivamente, o alcance de duas esferas de aço, uma de 28,5 gramas e outra de 56,6 gramas de massa. Ao serem soltas dos pontos de altura A (4 cm), B (8 cm) e C (12 cm), em relação à parte horizontal, sobre o trilho, registrou-se os alcances médios das esferas na folha de sulfite sob o papel carbono, conforme Figura 11.

Figura 11 – Dimensões do trilho de alumínio sobre a base de madeira.



Fonte: Autores (2018).

Os participantes, divididos em três equipes, iniciaram a execução do experimento 1, orientados pelo professor-pesquisador, medindo primeiramente o alcance médio de cada uma das esferas de massas diferentes, utilizando o equipamento da Figura 11.

Após a realização da atividade cada equipe apresentou os resultados obtidos lançados no quadro de giz, originando a elaboração dos quadros 2 e 3 e em consequência destes um debate entre os participantes, com orientação do professor-pesquisador.

Os quadros 2 e 3 mostram os alcances médios das esferas de menor e maior massa (28,5 g e 56,6g) soltas das alturas A, B, C. Como se pode observar existem pequenas diferenças entre os resultados obtidos, que podem ser atribuídos a falhas no procedimento. Observou-se maior cuidado nas medições de alguns participantes, ao seguirem as orientações dadas.

Figura 12 – Alunos discutindo resultados: experimento esferas de aço.



Fonte: Autores (2018).

Quadro 2 – Alcance médio da esfera 2 (massa menor).

Altura de soltura da esfera 1	Equipe 1 (cm)	Equipe 2 (cm)	Equipe 3 (cm)	Média aritmética das três medidas
A (4 cm)	16,50	17	16	16,5
B (8 cm)	23,7	24	23	23,57
C (12 cm)	29	29,5	29,2	29,23

Fonte: Autores (2018).

Quadro 3 – Alcance médio da esfera 2 (massa maior).

Altura de soltura da esfera 1	Equipe 1 (cm)	Equipe 2 (cm)	Equipe 3 (cm)	Média aritmética das três medidas
A (4 cm)	18	16,5	16	16,83
B (8 cm)	24	23,8	23,5	23,77
C (12 cm)	29	29,3	29	29,1

Fonte: Autores (2018).

Observa-se nos quadros 2 e 3 que a média aritmética das três medidas dos alcances, entre as três equipes, aumentam de acordo com o ponto de soltura, independente da massa, ou seja, quanto maior a altura de soltura maior é o alcance das esferas. Nesse momento alguns alunos pareciam surpresos pois tinham uma noção intuitiva que a massa influenciaria

consideravelmente no alcance, essa foi percebida na fala de um deles "Nossa! Elas caem quase no mesmo lugar".

Após as discussões dos resultados registrados nos quadros 2 e 3, o professor-pesquisador encaminha uma discussão teórica sobre os mesmos, procurando relacionar a conservação da energia mecânica (E_M) ao experimento realizado, lembrando que a energia potencial (E_p) inicial da esfera nos pontos de soltura (A, B, C) no trilho é convertida em energia cinética (E_c) na parte horizontal do mesmo. Esse é um momento no qual formalizamos de maneira expositiva - dialogada com o auxílio do projetor multimídia alguns conteúdos conceituais, e os alunos nos pequenos grupos se mantiveram atentos.

Matematicamente pode-se demonstrar essa transformação por meio da seguinte lei:

$$E_{M \text{ Antes}} = E_{M \text{ Depois}}$$

$$E_{p \text{ Antes}} + E_{c \text{ Antes}} = E_{p \text{ Após}} + E_{c \text{ Após}},$$

$$m \cdot g \cdot h_A + \frac{m \cdot v_A^2}{2} = m \cdot g \cdot h_X + \frac{m \cdot v_X^2}{2}$$

$$m \cdot g \cdot h_A = \frac{m \cdot v_X^2}{2}$$

$$v_X^2 = 2 \cdot g \cdot h_A$$

$$v_X = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_A}$$

A partir da equação da velocidade acima, calculou-se as velocidades médias para cada altura de abandono da esfera, independente de sua massa, registrados no Quadro 4.

Quadro 4 – Quadro comparativo das velocidades médias calculadas, independente de suas massas.

Ponto de saída da esfera	Velocidade média da esfera, independente da massa (m/s)
A (4 cm)	0,89
B (8 cm)	1,26
C (12 cm)	1,54

Fonte: Autores (2018).

Observando-se os dados do Quadro 4 pode-se concluir que a velocidade média da esfera não depende da massa da esfera, mas depende somente da gravidade local e da altura de soltura desta. Quanto maior a altura de soltura, maior a velocidade com que a esfera abandona o trilho.

Experimento 2 - Etapa 1 - Colisão entre duas esferas de massas iguais

O objetivo do experimento 2, etapa 1, consiste em verificar o princípio da conservação da quantidade de movimento por meio da colisão de duas esferas de aço, de mesma massa (28,5 gramas). A esfera 1, partindo de três pontos de alturas diferentes. A esfera 2, permanecendo inicialmente em repouso, no ponto X, antes de receber o impacto da esfera 1.

Nesta etapa observa-se o alcance médio da esfera 2, em repouso no ponto X, após receber o impacto da esfera 1, solta nos pontos de altura A (4 cm), B (8 cm) e C (12 cm), ambas com a mesma massa.

Figura 13.a – Instante da soltura da esfera 1, na posição A, antes da colisão com a esfera 2, no ponto X.



Fonte: Autores (2018).

Figura 13.b – Instante em que a esfera 2 atinge o papel carbono e a posição da esfera 1, após colisão.



Fonte: Autores (2018).

O Quadro 5, apresenta a média aritmética dos alcances médios para três alturas de abandono diferentes, efetuadas pelas três equipes.

As equipes foram questionadas sobre em qual das três situações houve maior transmissão de quantidade de movimento. Dentre elas, duas equipes entenderam a relação entre a altura de soltura e a velocidade com que a esfera 1 atinge a esfera 2, observando que o alcance da segunda esfera é maior, quanto maior for a altura de soltura.

Quadro 5 – Alcance médio da esfera 2 após a colisão com a esfera 1 (mesma massa), abandonada de três alturas diferentes.

Altura de soltura da esfera 1	Equipe 1 Alcance da esfera 2 1ª medida (cm)	Equipe 2 Alcance da esfera 2 2ª medida (cm)	Equipe 3 Alcance da esfera 2 3ª medida (cm)	Média aritmética das três medidas
A (4 cm)	9,3	9,5	10	9,6
B (8 cm)	13,4	13,5	14	13,63
C (12 cm)	16,5	17,3	16,5	16,77

Fonte: Autores (2018).

Após a análise dos dados obtidos verificou-se que há uma relação direta entre as velocidades da esfera 1, imediatamente antes da colisão, e o alcance da esfera 2, após a colisão. Pode-se concluir que a quantidade de movimento transmitida da esfera 1 para a esfera 2 é diretamente proporcional à velocidade expressa pelo alcance da esfera 2.

Experimento 2 - Etapa 2 - Colisão entre duas esferas de massas diferentes

O objetivo do experimento 2, etapa 2, consiste em verificar o princípio da conservação da quantidade de movimento por meio da colisão de duas esferas de aço, de massas diferentes (28,5 g e 56,6 g), em duas partes distintas.

Figura 14.a – Instante da soltura da esfera 1 (maior), na posição A, antes da colisão com a esfera 2 (menor), no ponto X.



Fonte: Autores (2018).

Figura 14.b – Instante em que a esfera 2 (menor) atinge o papel carbono e a posição da esfera 1 (maior), após colisão.



Fonte: Autores (2018).

Nessa primeira parte abandonaremos a esfera 1, de massa maior ($m = 56,6$ g), da posição A (4 cm) e observaremos o alcance da esfera 2, de menor massa ($m = 28,5$ g), na posição X, após receber o impacto da colisão com a

esfera 1, conforme as Figuras 14.a e 14.b. Os dados serão lançados no Quadro 6.

Nessa segunda parte abandonaremos a esfera 1, de massa menor ($m = 28,5$ g), da posição A (4 cm) e observaremos o alcance da esfera 2, de maior massa ($m = 56,6$ g), na posição X, após receber o impacto da esfera 1, conforme indicado nas Figuras 15.a e 15.b. Os dados serão lançados na Quadro 6.

Figura 15.a – Instante da soltura da esfera 1 (menor), na posição A, antes da colisão com a esfera 2 (maior), no ponto X.



Fonte: Autores (2018).

Figura 15.b – Instante em que a esfera 2 (maior) atinge o papel carbono e a posição da esfera 1 (menor), após colisão.



Fonte: Autores (2018).

Quadro 6 – Quadro comparativo do alcance médio da esfera 2 após receber o impacto da colisão com a esfera 1 (massa maior e menor) com ponto de saída em A, a 4 cm de altura.

Ponto de partida da esfera 1	Alcance médio da esfera 2 (menor), atingida pela esfera 1 (maior)			Alcance médio da esfera 2 (maior), atingida pela esfera 1 (menor)		
	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3
A (4 cm)						
Alcance (cm)	12,4	12,8	12	6,8	7,3	7,5

Fonte: Autores (2018).

O Quadro 6 é um quadro comparativo entre os alcances médios da esfera 2 após ser atingida pela esfera 1. Indica que o alcance da esfera 2 é maior quando a esfera 1, solta da posição A, tem maior massa e é menor quando a esfera 1 tem menor massa, que a esfera 2.

Na primeira situação o efeito do “impacto” da esfera de maior massa é maior porque transferiu maior quantidade de movimento, ou seja, a esfera 1, de

maior massa, atingiu a esfera 2, de menor massa com maior velocidade, por isso transferiu maior quantidade de movimento. Assim o alcance médio foi maior.

É possível neste momento comparar uma situação real como, por exemplo, um caminhão em movimento (esfera maior) e um carro de passeio (esfera menor) em repouso. Quando um caminhão em movimento colide com um carro de passeio parado os efeitos da colisão são mais facilmente percebidos do que quando um carro de passeio em movimento colide com um caminhão parado.

Quadro 7 – Alcance da esfera 2 (maior) registrados no sulfite sob o papel carbono, após sofrer o impacto da esfera 1 (menor), abandonada das posições A e B, a 4 cm e 8 cm de altura.

Altura de soltura da esfera 1	Equipe 1 Alcance da esfera 2 (cm)	Equipe 2 Alcance da esfera 2 (cm)	Equipe 3 Alcance da esfera 2 (cm)	Média aritmética das três medidas
A (4 cm)	6,8	7,3	7,5	7,2
B (8 cm)	9,5	10,3	10	9,93

Fonte: Autores (2018).

Observando os resultados no Quadro 7, verifica-se que quanto maior é a altura de abandono da esfera 1 (menor), maior será a quantidade de movimento transmitida para a esfera 2 (maior). Significa que a primeira esfera atinge a segunda com maior velocidade.

Quadro 8 – Alcance da esfera 2 (menor) registrados no sulfite sobre o papel carbono, após sofrer o impacto da esfera 1 (maior), abandonada das posições A e B, a 4 cm e 8 cm de altura.

Altura de soltura da esfera 1	Equipe 1 Alcance da esfera 2 (cm)	Equipe 2 Alcance da esfera 2 (cm)	Equipe 3 Alcance da esfera 2 (cm)	Média aritmética das três medidas
A (4 cm)	12,4	13	12	12,47
B (8 cm)	20,7	21,3	18	20

Fonte: Autores (2018).

Observando os resultados do Quadro 8, onde a esfera 1 (maior) atinge a esfera 2 (menor), o alcance será maior quanto maior for a altura de soltura da esfera 1. Observa-se também, que em relação ao Quadro 7 o mesmo efeito, porém com um alcance maior devido a esfera 1, de maior massa, atingir a esfera 2 com maior velocidade.

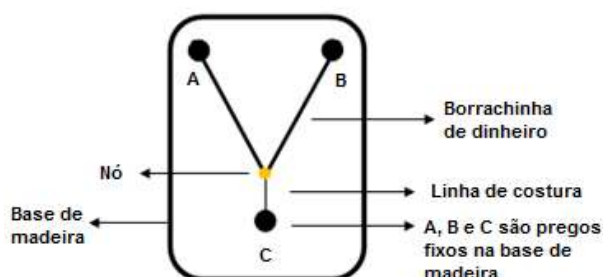
Comparando os quadros 7 e 8 conclui-se que haverá maior transferência de quantidade de movimento da esfera 1 para a esfera 2 quanto maior for a massa e quanto maior for a altura de soltura da esfera 1. Assim, é possível afirmar que a quantidade de movimento transferida é diretamente proporcional à massa e à velocidade com que a esfera 1 atinge a esfera 2.

5.2.3 Módulo 3 – Conservação da Quantidade de Movimento - Experimento “Atividade do Canhãozinho” de Borracha

No terceiro encontro utilizamos um terceiro experimento com o objetivo de verificar o princípio da conservação da quantidade de movimento, por meio da compensação de movimentos.

Depois de o professor-pesquisador explicar ou dar as orientações básicas sobre o funcionamento do dispositivo, os grupos fizeram o experimento levando-se em consideração o esquema e a imagem das Figura 16.a e 16.b, respectivamente.

Figura 16.a – Esquema do “canhão de borrachinha”.



Fonte: Autores (2018).

Figura 16.b – Imagem do “canhão de borrachinha”.



Fonte: Autores (2018).

A ideia do experimento é observar o recuo do sistema madeira/ borracha ao impulsionarem duas massas diferentes. Com o objetivo de diminuir o atrito

entre a tábua e a superfície de apoio (mesa) colocaram-se alguns lápis de formato cilíndrico.

Verifica-se que com a queima da linha que prende a borracha ao ponto C, indicado na Figura 16.a, o impulso recebido pelo projétil de massa maior, a bolinha de gude (7,3 g), ao ser arremessado para frente, a base de madeira terá um recuo em sentido contrário. O mesmo não é observado com a bolinha de isopor, de menor massa (0,5 g), porque o impulso recebido pela base de madeira é pouco perceptível.

O experimento mostra que a quantidade de movimento se conserva pela compensação entre o sentido da base de madeira e da bolinha de gude impulsionada pelo elástico.

O professor-pesquisador citou o exemplo do estilingue em que o impacto maior seria sentido na mão que segura a base do mesmo, quanto maior fosse a massa do objeto a ser arremessado. Que esse impacto seria o recuo da base de madeira de nosso experimento.

Algumas questões foram propostas e discutidas para melhor compreensão do experimento executado, mostrando o princípio da conservação da quantidade de movimento, por meio da compensação de movimentos.

Figura 17 – Discussão dos resultados dos experimentos: esferas de aço e canhãozinho.



Fonte: Autores (2018).

Os alunos questionados a respeito do experimento observaram que: com o projétil de isopor, mais leve, este foi arremessado mais longe do que a bolinha de gude. Em relação à base de madeira esta sofre maior recuo quando o projétil, bolinha de gude, tem maior massa, porque é necessário fazer um esforço maior do que a bolinha de isopor.

Pelo tempo insuficiente para resolução de alguns problemas, esses foram resolvidos coletivamente. Alguns problemas propostos envolviam cálculos da quantidade e da conservação da quantidade de movimento.

5.2.4 Módulo 4 – Simulador “Laboratório de Colisões” – Phet Colorado

Neste módulo o professor-pesquisador deverá resgatar os três tipos de colisões estudadas, bem como suas características expressas no Quadro 9.

Utilizamos o simulador de colisões “Laboratório de Colisões”, do PHET Colorado, para investigar os diferentes tipos de colisões: a elástica; a inelástica e a parcialmente elástica para duas esferas de mesma massa. Para a colisão parcialmente elástica utilizou-se também duas esferas de massas diferentes.

O professor-pesquisador projetou imagem da tela inicial do simulador dando as orientações necessárias para a realização das simulações.

Quadro 9 – Diferentes tipos de colisões e suas características básicas.

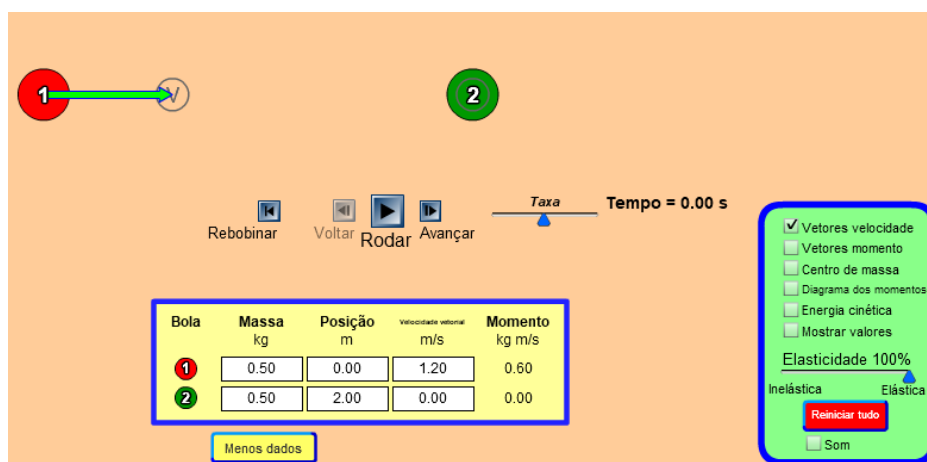
ELÁSTICA	PARCIALMENTE ELÁSTICA	INELÁSTICA
Energia Cinética Se conserva;	Energia Cinética * Não se conserva;	Energia Cinética * Não se conserva; * Máxima perda de energia cinética;
Quantidade de Movimento Se conserva;	Quantidade de Movimento Se conserva;	Quantidade de Movimento Se conserva;
Coeficiente de Restituição $e = 1$	Coeficiente de Restituição $0 < e < 1$	Coeficiente de Restituição $e = 0$

Fonte: Autores (2018).

A Figura 18 mostra as grandezas físicas a serem trabalhadas, ou seja, as massas, as posições, as velocidades iniciais e os momentos lineares das duas esferas, além dos vetores velocidade e da elasticidade. Com esses dados são realizados três simulações onde somente a elasticidade terá seu valor numérico variando, para observarmos os três tipos de colisões. Na quarta simulação, haverá alteração da massa 1 (1 kg) e da elasticidade (50 %).

O professor-pesquisador, antes de pedir aos alunos que executassem a simulação, lembrou aos mesmos que as colisões das esferas de aço nos experimentos reais na rampa com trilho de alumínio, levaram em conta a influência das massas das esferas, de suas posições no trilho e em consequência disso as velocidades adquiridas pelas esferas nas diferentes situações, e a transferência da quantidade de movimento de uma esfera para outra.

Figura 18 – Tela inicial do simulador “Laboratório de Colisões”, Phet Colorado⁶, com indicação das massas, posições, velocidades iniciais, momento, vetores velocidade.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/collision-lab

Agora seria possível “visualizar” de forma simulada, através dos vetores, as velocidades das esferas antes e depois das colisões, variando as massas, as velocidades iniciais em função das condições de elasticidade e verificar, através de cálculos, o tipo de colisão.

⁶ Phet Colorado, página inicial: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/collision-lab

5.2.4.1 Simulação de uma Colisão Elástica entre Duas Esferas de Mesma Massa

O objetivo dessa primeira simulação é verificarmos se houve ou não conservação da quantidade de movimento e da energia cinética e o valor do coeficiente de restituição, a partir dos dados fornecidos e observados na simulação, para, neste caso, confirmarmos uma colisão elástica entre duas esferas de massas iguais.

Adotou-se para as esferas 1 e 2: massas iguais a 0,5 kg cada esfera, posições 0 e 2 metros, velocidades iniciais 1,2 m/s e 0 m/s, respectivamente. Portanto, as massas das esferas são iguais, a distância entre elas é de 2 metros, a velocidade da esfera 1 é constante e de 1,2 m/s e a esfera 2 se encontra em repouso, semelhante ao nosso experimento das esferas de aço.

Na Figura 18, tela inicial do simulador, regulou-se os vetores velocidade, clicando no quadrinho menor para que o vetor velocidade aparecesse junto a cada esfera e ajustou-se a elasticidade em 100 % para esta primeira simulação.

Figura 19 – Simulação na sala de informática da escola.



Fonte: Autores (2018).

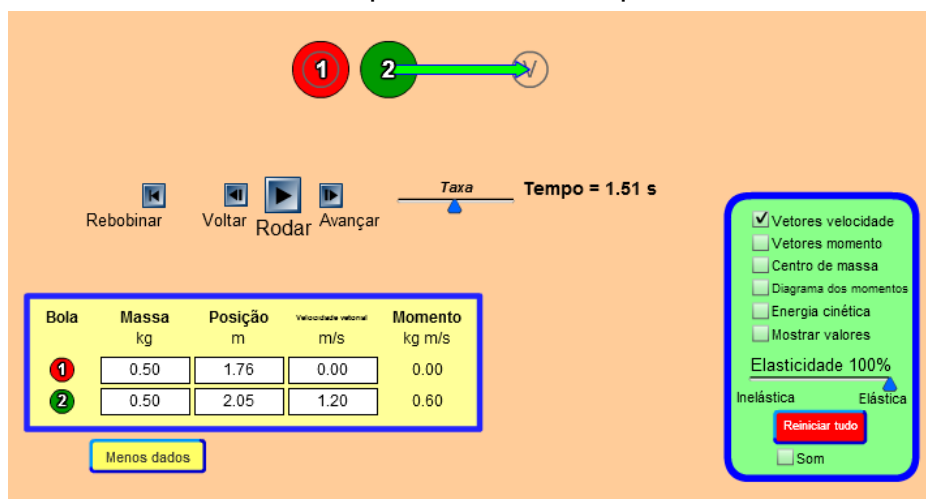
O professor-pesquisador orientou os alunos a observarem e anotarem no Quadro 10 os valores das velocidades iniciais das duas esferas v_1 e v_2 , antes da colisão e velocidades finais v'_1 e v'_2 , após a colisão. Em seguida,

solicitou à eles que respondessem a seis questões sobre o experimento que confirmariam o tipo de colisão em função dessas variações de velocidade.

Para que a colisão acontecesse era necessário clicar no botão “rodar” e logo após a colisão clicar em “pausar”. Foi possível visualizar os valores das velocidades tanto através do vetor (“flecha”) indicativo da intensidade da velocidade, quanto no quadro abaixo onde se lê 0 m/s (esfera 1) e 1,2 m/s (esfera 2), antes da colisão.

Assim, os alunos verificaram visualmente, conforme indicam as Figuras 18 e 20, que houve conservação da quantidade de movimento ou momento, pois a quantidade de movimento antes da colisão de 0,6 kg.m/s manteve-se após a colisão. Observa-se também que a esfera 1 com velocidade inicial de 1,2 m/s, antes da colisão, transferiu 1,2 m/s desta para a esfera 2, após a colisão.

Figura 20 – Colisão perfeitamente elástica entre duas “bolas” de massas iguais: a velocidade e a quantidade de movimento da esfera 1 é transferida para a esfera 2, após a colisão.



Fonte: Autores (2018).

Na sequência o professor-pesquisador orientou os alunos que discutissem, em suas respectivas equipes, e respondessem às questões a partir dos dados coletados no simulador, antes e depois da colisão, descritos nos itens a seguir:

a) Leitura da velocidade no simulador, no Quadro 10

O Quadro 10 mostra as velocidades das duas esferas, antes e após a colisão, registradas no simulador, observando-se que houve conservação das velocidades, e em consequência a energia cinética do sistema.

Quadro 10 – Valores das velocidades inicial e final numa simulação de uma colisão perfeitamente elástica entre duas bolas de mesma massa.

Esfera	Velocidade inicial (v)	Velocidade final (v')
1	$v_1 = 1,2 \text{ m/s}$	$v_1' = 0 \text{ m/s}$
2	$v_2 = 0 \text{ m/s}$	$v_2' = 1,2 \text{ m/s}$

Fonte: Autores (2018).

b) Leitura da quantidade de movimento, conforme as Figuras 18 e 20

Antes da colisão: $Q_1 = 0,6 \text{ kg.m/s}$, $Q_2 = 0,0 \text{ kg.m/s}$

Após a colisão: $Q_1' = 0,0 \text{ kg.m/s}$, $Q_2' = 0,6 \text{ kg.m/s}$

c) Cálculo da quantidade de movimento

$$Q_{\text{antes}} = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 \quad \rightarrow \quad Q_{\text{antes}} = 0,6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$Q_{\text{após}} = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2' \quad \rightarrow \quad Q_{\text{após}} = 0,6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

d) Cálculo do coeficiente de restituição a partir das velocidades

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2} \quad \rightarrow \quad e = 1,0$$

e) Classificação do tipo de colisão a partir do Quadro 9.

Com os dados obtidos nos itens a, c e d, verificou-se que a quantidade de movimento antes e depois da colisão é a mesma, indicando que houve conservação da quantidade de movimento. De acordo com o Quadro 9, o coeficiente de restituição calculado é igual a 1, concluindo assim que é uma colisão elástica.

Numa simulação temos uma situação controlada, ideal, sem atrito, sem os possíveis erros de procedimento, de observação, podendo aproximarmos do experimento realizado.

5.2.4.2 Simulação de uma Colisão Inelástica entre Duas Esferas de Mesma Massa

O objetivo dessa segunda simulação é verificarmos se houve ou não conservação da quantidade de movimento e da energia cinética e o valor do coeficiente de restituição, a partir dos dados fornecidos e observados nesta simulação, para confirmarmos uma colisão inelástica entre duas esferas de massas iguais.

A Figura 21 indica que se mantiveram os mesmos valores das massas, posições, velocidades iniciais, a indicação dos vetores velocidade das duas esferas como na primeira simulação. Porém, ajustou-se a elasticidade em 0 % para analisarmos as características de uma colisão inelástica.

Figura 21 – Ajuste das massas, posições, velocidades iniciais, vetores velocidade, antes de uma colisão inelástica (elasticidade de 0 %) entre duas “bolas” de mesma massa.

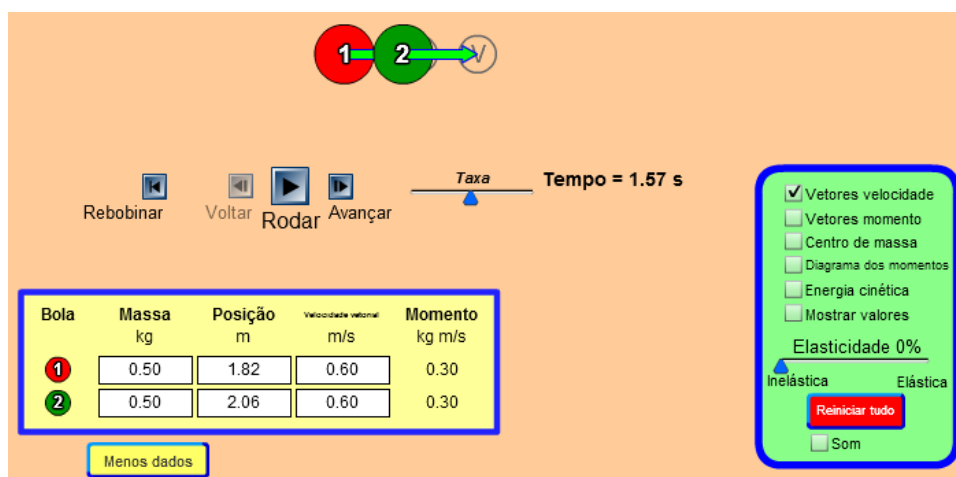


Fonte: Autores (2018).

Para que a colisão aconteça é necessário seguir os mesmos procedimentos da simulação anterior. O professor-pesquisador orientou os alunos a observarem e anotarem no Quadro 11 os valores das velocidades iniciais das duas esferas v_1 e v_2 , antes da colisão, e velocidade final v'_1 e v'_2 , após a colisão.

Assim, foi possível verificar visualmente, conforme indicam as Figuras 21 e 22, que houve conservação da quantidade de movimento ou momento, pois a quantidade de movimento antes da colisão de 0,6 kg.m/s manteve-se após a colisão. Observa-se também que a esfera 1 com velocidade inicial de 1,2 m/s, antes da colisão, transferiu 0,6 m/s para a esfera 2, após a colisão.

Figura 22 – Colisão inelástica entre duas “bolas” de massas iguais: metade da velocidade e da quantidade de movimento da esfera 1 é transferida para a esfera 2, após a colisão.



Fonte: Autores (2018).

Na sequência o professor-pesquisador orientou os alunos que discutissem, em suas respectivas equipes, e respondessem às questões a partir dos dados coletados no simulador, antes e depois da colisão, descritos nos itens a seguir:

- a) Leitura da velocidade no simulador, no Quadro 11.

O Quadro 11 mostra as velocidades das duas esferas, antes e após a colisão, registradas no simulador observando-se que não houve conservação das velocidades, e em consequência da energia cinética do sistema.

Quadro 11 – Valores das velocidades inicial e final – colisão inelástica.

Esfera	Velocidade inicial (v)	Velocidade final (v')
1	$v_1 = 1,2 \text{ m/s}$	$v'_1 = 0,60 \text{ m/s}$
2	$v_2 = 0 \text{ m/s}$	$v'_2 = 0,60 \text{ m/s}$

Fonte: Autores (2018).

a) Leitura da quantidade de movimento, conforme as Figuras 21 e 22

Antes da colisão: $Q_1 = 0,6 \text{ kg.m/s}$, $Q_2 = 0,0 \text{ kg.m/s}$

Após a colisão: $Q_1' = 0,3 \text{ kg.m/s}$, $Q_2' = 0,3 \text{ kg.m/s}$

b) Cálculo da quantidade de movimento

$$Q_{\text{antes}} = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 \quad \rightarrow \quad Q_{\text{antes}} = 0,6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$Q_{\text{após}} = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2' \quad \rightarrow \quad Q_{\text{após}} = 0,6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

c) Cálculo do coeficiente de restituição a partir das velocidades

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2} \quad \rightarrow \quad e = 0,0$$

d) Classificação do tipo de colisão a partir do Quadro 9.

Com os dados obtidos nos itens a, c e d, verificou-se que a quantidade de movimento antes e depois da colisão é a mesma, indicando que houve conservação da quantidade de movimento. E, de acordo com os valores do Quadro 11, o coeficiente de restituição calculado no item c, é igual a 0, concluindo que é uma colisão inelástica.

5.2.4.3 Simulação de uma Colisão Parcialmente Elástica entre Duas Esferas de Mesma Massa

O objetivo dessa terceira simulação é verificarmos se houve ou não conservação da quantidade de movimento e da energia cinética e o valor do coeficiente de restituição, a partir dos dados fornecidos e observados nesta simulação, para confirmarmos uma colisão inelástica entre duas esferas de massas iguais.

A Figura 23 indica que se mantiveram os mesmos valores das massas, posições, velocidades iniciais, a indicação dos vetores velocidade das duas esferas como na primeira simulação. Porém, ajustou-se a elasticidade em 50 % para analisarmos as características de uma colisão parcialmente elástica.

Figura 23 – Ajuste das massas, posições, velocidades iniciais das esferas 1 e 2, do vetor velocidade e da elasticidade de 50 %.



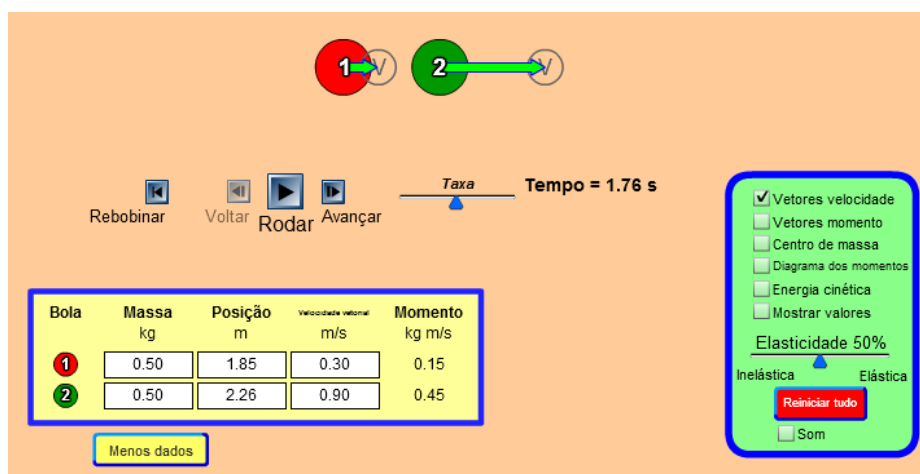
Fonte: Autores (2018).

Seguiram-se os mesmos procedimentos anteriores para acionar o simulador. Os alunos foram orientados a observarem e anotarem no Quadro 12 os valores das velocidades inicial e final das duas esferas.

Assim, foi possível verificar visualmente, conforme as Figuras 23 e 24, que houve conservação da quantidade de movimento ou momento, pois a quantidade de movimento antes da colisão de 0,6 kg.m/s manteve-se após a colisão. Observa-se também que a esfera 1 com velocidade inicial de 1,2 m/s, antes da colisão, transferiu 0,9 m/s para a esfera 2, após a colisão.

Figura 24 – Colisão parcialmente elástica: massas iguais, boa parte (75 %) da velocidade e da quantidade de movimento da esfera 1 é transferida para a esfera 2, após a colisão.

Fonte:



Autores (2018).

Os alunos, orientados pelo professor-pesquisador, discutiram, em suas respectivas equipes e responderam às questões a partir dos dados coletados no simulador, antes e depois da colisão, descritos nos itens a seguir:

a) Leitura da velocidade no simulador, no Quadro 12.

O Quadro 12 mostra as velocidades das duas esferas antes e após a colisão, registradas no simulador. Observe-se que não houve conservação das velocidades, e em consequência da energia cinética do sistema.

Quadro 12 – Valores das velocidades inicial e final - colisão parcialmente elástica.

Esfera	Velocidade inicial (v)	Velocidade final (v')
1	$v_1 = 1,2 \text{ m/s}$	$v_1' = 0,30 \text{ m/s}$
2	$v_2 = 0 \text{ m/s}$	$v_2' = 0,90 \text{ m/s}$

Fonte: Autores (2018).

b) Leitura da quantidade de movimento, conforme as figuras 23 e 24

Antes da colisão: $Q_1 = 0,6 \text{ kg.m/s}$, $Q_2 = 0,0 \text{ kg.m/s}$

Após a colisão: $Q_1' = 0,15 \text{ kg.m/s}$, $Q_2' = 0,45 \text{ kg.m/s}$

c) Cálculo da quantidade de movimento

$$Q_{\text{antes}} = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 \quad \rightarrow \quad Q_{\text{antes}} = 0,6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$Q_{\text{após}} = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2' \quad \rightarrow \quad Q_{\text{após}} = 0,6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

d) Cálculo do coeficiente de restituição a partir das velocidades

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2} \quad \rightarrow \quad e = 0,5$$

e) Classificação do tipo de colisão a partir da Quadro 9.

Com os dados obtidos nos itens a, c e d, verificou-se que a quantidade de movimento antes e depois da colisão é a mesma, indicando que houve conservação da quantidade de movimento. De acordo com o Quadro 9, o

coeficiente de restituição calculado é igual a 0,5, ou seja, maior do que zero e menor do que um, concluindo-se que é uma colisão parcialmente elástica.

5.2.4.4 Simulação de uma Colisão Parcialmente Elástica entre Duas Esferas de Massas Diferentes

O objetivo dessa quarta simulação é verificarmos (professor-pesquisador e alunos) se houve ou não conservação da quantidade de movimento e da energia cinética e o valor do coeficiente de restituição, a partir dos dados fornecidos e observados nesta simulação, para confirmarmos uma colisão inelástica entre duas esferas de massas diferentes.

A Figura 25 indica que se mantiveram os mesmos valores das posições e velocidades iniciais. Foram ajustadas, para essa simulação as massas das esferas 1 (1 kg) e 2 (0,5 kg) e a elasticidade em 50 % para analisarmos as características de uma colisão parcialmente elástica.

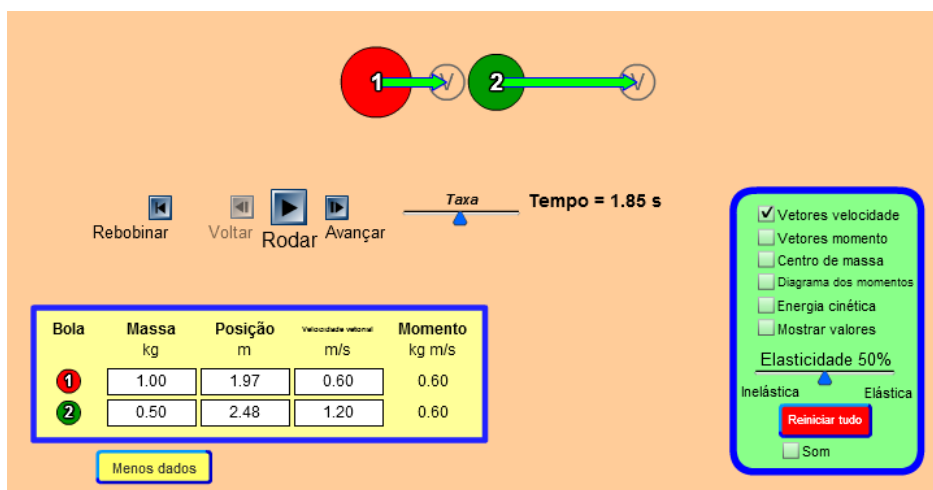
Figura 25 – Ajuste das massas (diferentes), posições, velocidades iniciais das esferas, do vetor velocidade e da elasticidade de 50 %.



Fonte: Autores (2018).

Seguiram-se os mesmos procedimentos anteriores para acionar o simulador. Os alunos foram orientados a observarem e anotarem no Quadro 13 os valores das velocidades inicial e final das duas esferas.

Figura 26 – Colisão parcialmente elástica: massas diferentes, metade da velocidade e da quantidade de movimento da esfera 1 é transferida para a esfera 2, após a colisão.



Fonte: Autores (2018).

Assim, foi possível verificar visualmente, na tela do simulador, conforme as Figuras 25 e 26, que houve conservação da quantidade de movimento ou momento, pois a quantidade de movimento antes da colisão de 0,6 kg.m/s manteve-se após a colisão. Observa-se também que a esfera 1 com velocidade inicial de 1,2 m/s, antes da colisão, transferiu 0,9 m/s para a esfera 2, após a colisão.

Os alunos, orientados pelo professor-pesquisador, discutiram, em suas respectivas equipes e responderam às questões a partir dos dados coletados no simulador, antes e depois da colisão, descritos nos itens a seguir:

a) Leitura da velocidade no simulador, na Quadro 13

O Quadro 13 mostra as velocidades das duas esferas antes e após a colisão, registradas no simulador. Observa-se que não houve conservação das velocidades, e em consequência da energia cinética do sistema.

Quadro 13 – Valores das velocidades inicial e final numa colisão parcialmente elástica.

Esfera	Velocidade inicial (v)	Velocidade final (v')
1	$v_1 = 1,2 \text{ m/s}$	$v_1' = 0,60 \text{ m/s}$
2	$v_2 = 0 \text{ m/s}$	$v_2' = 1,20 \text{ m/s}$

Fonte: Autores (2018).

b) Leitura da quantidade de movimento, conforme as Figuras 25 e 26

Antes da colisão: $Q_1 = 1,2 \text{ kg.m/s}$, $Q_2 = 0,0 \text{ kg.m/s}$

Após a colisão: $Q_1' = 0,6 \text{ kg.m/s}$, $Q_2' = 0,6 \text{ kg.m/s}$

c) Cálculo da quantidade de movimento

$$Q_{\text{antes}} = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 \rightarrow Q_{\text{antes}} = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$Q_{\text{após}} = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2' \rightarrow Q_{\text{após}} = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

d) Cálculo do coeficiente de restituição a partir das velocidades

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2} \rightarrow e = 0,42$$

e) Classificação do tipo de colisão a partir do Quadro 9.

Com os dados obtidos nos itens a, c e d, verifica-se que a quantidade de movimento antes e depois da colisão é a mesma, indicando que houve conservação da quantidade de movimento. De acordo com o Quadro 9, o coeficiente de restituição calculado é igual a 0,42, ou seja, maior do que zero e menor do que um, concluindo-se que é uma colisão parcialmente elástica.

5.2.5 Módulo 4 – Resultados Comparativos do Pré-teste e do Pós-teste

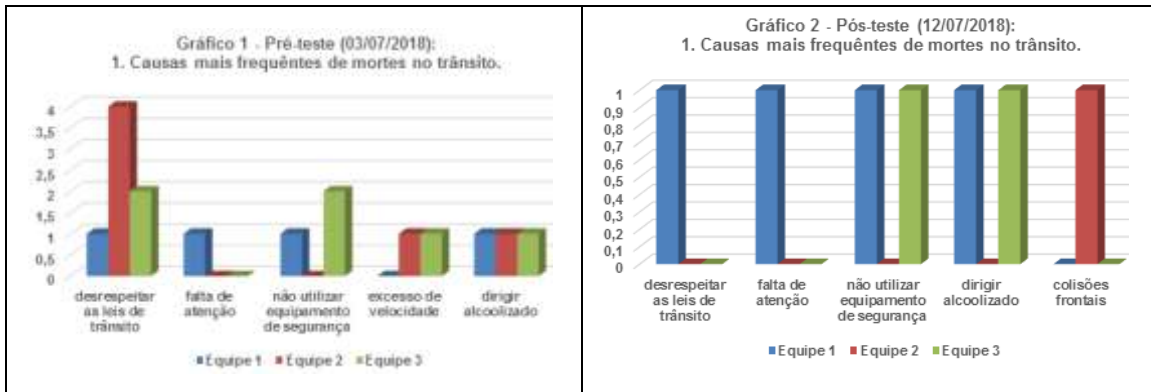
Como já mencionado anteriormente, organizamos para o final da análise da sequência didática retomar a discussão sobre o Pré-teste juntamente com os resultados do Pós-teste, com o objetivo de comparar a opinião dos alunos sobre as principais causas e efeitos das colisões mecânicas nos acidentes de trânsito.

O Pré-teste foi aplicado no primeiro encontro da sequência didática planejada, antes da realização das atividades propostas e o Pós-teste, no final do último encontro.

Os testes consistiam em 8 questões das quais a primeira é: “dentre as causas de mortes em acidentes de trânsito, quais são as mais frequentes?”

Gráfico 1 – Pré-teste (03/07/18)

Gráfico 2 – Pós-teste (12/07/18)



Fonte: Autores (2018).

De maneira geral, todas as três equipes descrevem no Pré-teste, de acordo com o Gráfico 1, como causas mais frequentes de mortes no trânsito o desrespeito às leis de trânsito, ou seja: excesso de velocidade, ultrapassagem arriscada, atravessar a via em locais proibidos, furar o sinal vermelho, a falta de atenção devido ao uso do celular ao dirigir, embriaguez ao volante, o sono, além do não uso de equipamentos de segurança como capacete, cinto de segurança.

No quarto encontro, no Pós-teste, conforme indica o Gráfico 2, após realizados experimentos e abordados os temas como leis de Newton, conservação da energia mecânica e conservação da quantidade de movimento e colisões, as causas das mortes no trânsito apresentados pelas equipes ficaram mais restritos, se resumindo na falta de atenção pelo uso do celular e/ou álcool ao volante, o não uso do cinto de segurança e exclusivamente às colisões frontais, da equipe 2.

Gráfico 3 – Pré-teste (03/07/18)

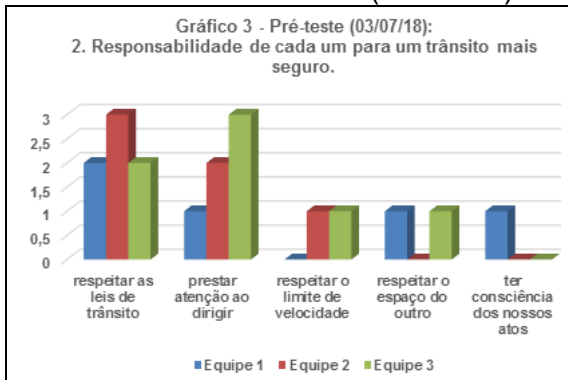
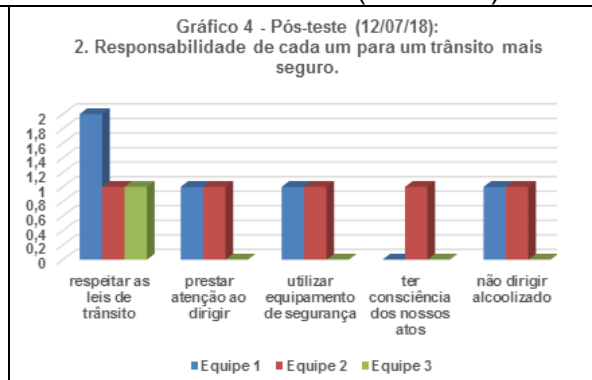


Gráfico 4 – Pós-teste (12/07/18)



Fonte: Autores (2018).

Sobre a responsabilidade de cada um de nós como cidadãos para um trânsito mais seguro (segunda questão) destaca-se no Pré-teste, Gráfico 3, a consciência dos nossos atos, o respeito ao espaço do outro e o se colocar no lugar do outro, entre os citados como atitudes práticas de responsabilidade no trânsito.

Ao final dessa pesquisa, no pós-teste, Gráfico 4, todas as equipes foram unânimes em citar como principal responsabilidade o respeito às leis de trânsito. As equipes 1 e 2 destacaram atenção ao dirigir, não dirigir alcoolizado, usar cinto de segurança como atitudes práticas para a segurança no trânsito. A equipe 2 foi a única a lembrar que ao tomarmos consciência dos nossos atos, deve-se mudar de atitudes perante situações críticas de irresponsabilidade e imprudência tão presentes em acidentes de trânsito.

Gráfico 5 – Pré-teste (03/07/18)

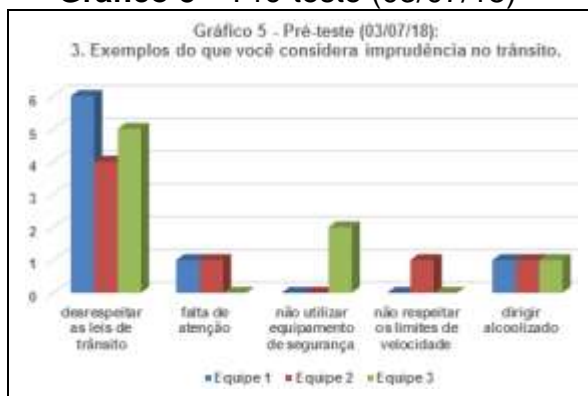
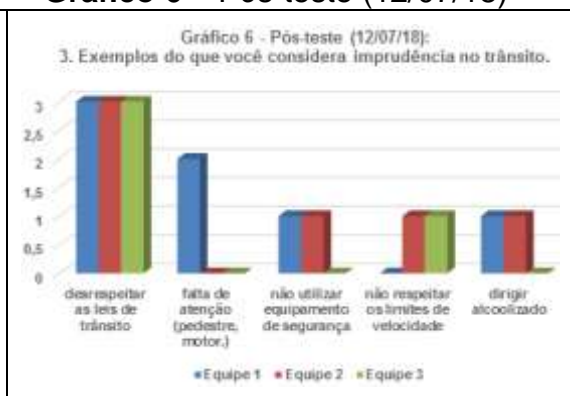


Gráfico 6 – Pós-teste (12/07/18)



Fonte: Autores (2018).

Os exemplos do que os alunos consideram imprudência no trânsito (questão 3), no Pré-teste e descritos no Gráfico 5, são muitos: fazer ultrapassagens perigosas, usar o celular ao dirigir, furar o sinal vermelho, não respeitar a faixa do pedestre, dirigir sem carteira, não prestar socorro à vítima, pedestre não utilizar a calçada. Também foram citados a velocidade acima do permitido, a falta de atenção ao dirigir causada pelo consumo de álcool, não utilizar cinto de segurança ou capacete, e o descompromisso com o outro motorista ou pedestre.

O Gráfico 6, mostra que todas as equipes destacam o desrespeito às leis de trânsito e a equipe 1 a falta de atenção, seja do pedestre ou do motorista. Não utilizar equipamentos de segurança e dirigir alcoolizado são

destacados pelas equipes 1 e 2. Não respeitar os limites de velocidade também foram destacados pelas equipes 2 e 3.

Gráfico 7 – Pré-teste (03/07/18)

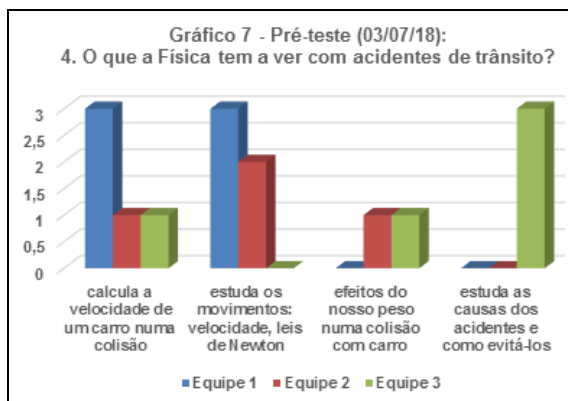
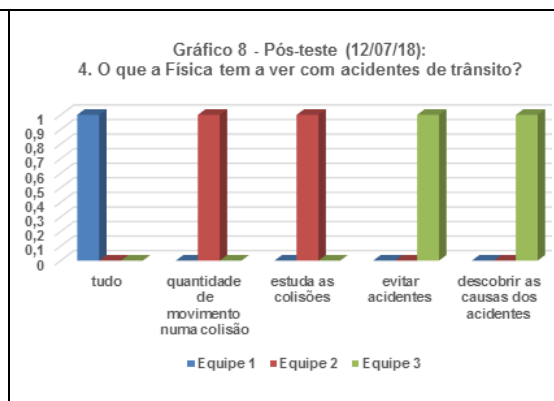


Gráfico 8 – Pós-teste (12/07/18)



Fonte: Autores (2018).

Sobre a relação da Física com os acidentes de trânsito, no Pré-teste, o Gráfico 7 mostra que todas as equipes falaram em cálculo da velocidade em um acidente de trânsito, as equipes 1 e 2 em velocidade final, inicial e leis de Newton e as equipes 2 e 3 sobre os efeitos do nosso peso numa colisão de carro.

No Pós-teste, Gráfico 8, verifica-se que a equipe 2 destacou os temas quantidade de movimento numa colisão e o estudo das colisões. A equipe 3, manteve nas duas etapas de aplicação do teste uma visão da Física como uma ciência que pesquisa as causas e os efeitos dos acidentes de trânsito e como preveni-los, tendo aí uma visão do “para que estudar Física”.

Gráfico 9 – Pré-teste (03/07/18)

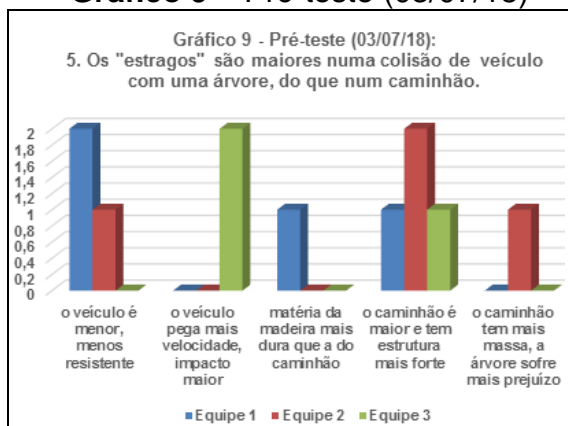
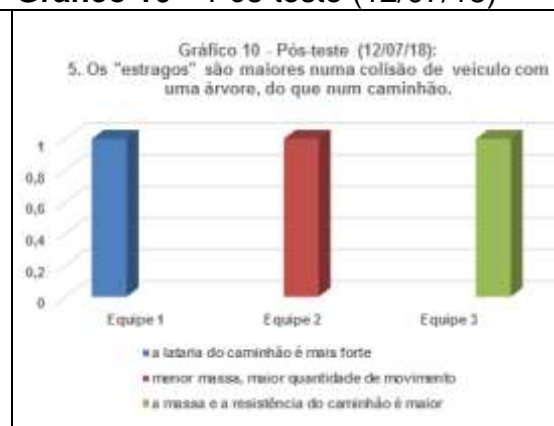


Gráfico 10 – Pós-teste (12/07/18)



Fonte: Autores (2018).

Sobre o porque dos “estragos” serem maiores numa colisão de um veículo de passeio com uma árvore do que de um caminhão com a mesma árvore. No pré-teste, Gráfico 9, as equipes partiram do princípio de que o veículo é menor e menos resistente que o caminhão. A equipe 2 falou que o caminhão tem mais massa do que a árvore e por isso a árvore sofre maior prejuízo. A equipe 3 destacou que o veículo é menor, tem menos massa e adquire mais velocidade, por isso o veículo exerce uma força de impacto muito maior na árvore.

No Pós-teste, Gráfico 10, a equipe 2 faz relação entre massa, velocidade e quantidade de movimento. Entretanto, nas equipes 1 e 3 as respostas dadas não indicam que eles conseguiram compreender essas relações. Como era atividade final não houve mais contato com os participantes para um debate sobre esses conceitos.

Gráfico 11 – Pré-teste (03/07/18)

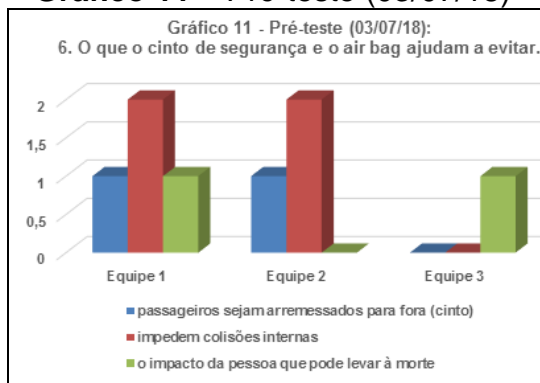
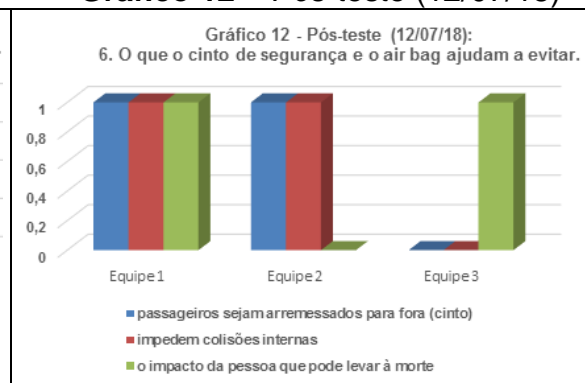


Gráfico 12 – Pós-teste (12/07/18)



Fonte: Autores (2018).

A sexta questão questiona sobre o que os dispositivos de segurança em um veículo ajudam a evitar. Observando os Gráficos 11 e 12, percebe-se que todas as equipes entenderam ou tem consciência da necessidade e da importância do uso do cinto de segurança que pode amenizar os efeitos físicos da colisão de um veículo sobre o condutor e os passageiros. Porém, o air bag ainda é um item de segurança caro e que não é utilizado na maioria dos carros populares brasileiros. A equipe 3, fala nas duas etapas da importância do cinto de segurança e do air bag para a integridade física dos passageiros pelo fato de evitar o impacto no corpo da pessoa no caso de um acidente de trânsito. O que parece aproximar mais do conceito físico de força aplicada sobre a pessoa na hora de uma batida súbita.

Percebeu-se no Pós-teste uma maior familiarização dos participantes a respeito de proteger a vida, valorizando os dispositivos de segurança. Notamos a falta de conhecimento sobre o funcionamento do air bag e dos freios ABS, sendo fornecido pelo professor-pesquisador os subsídios necessários para sanar as dúvidas.

Gráfico 13 – Pré-teste (03/07/18)

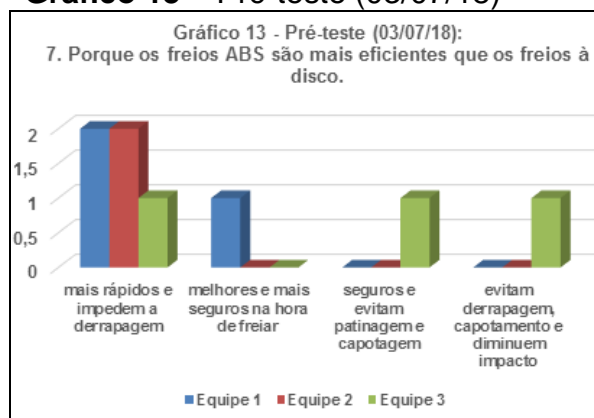
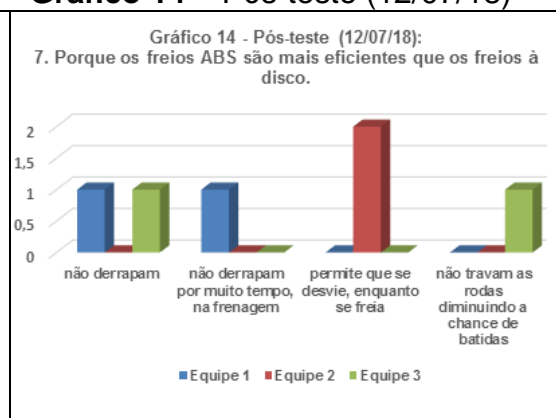


Gráfico 14 – Pós-teste (12/07/18)



Fonte: Autores (2018).

Em relação a eficiência dos freios ABS comparada com os freios à disco, na sétima questão, todas as equipes entenderam que o freio ABS é mais eficiente que o freio à disco pois evita o risco de derrapagem. No momento do pré-teste, muitos alunos não sabiam o que era um freio ABS e muito menos de sua eficiência em relação ao freio à disco, solicitando explicação para o professor-pesquisador. As respostas, indicadas no Gráfico 13, refletem isso.

No Pós-teste, Gráfico 14, a equipe 3 fez a ligação da eficiência do freio ABS com o fato do não travamento das rodas e a diminuição das chances de batidas. A equipe 2 destacou o fato da possibilidade de desviar do obstáculo no momento da frenagem com o freio ABS. A equipe 1 disse que o freio ABS permite a frenagem por menos tempo do que o freio à disco.

Sobre as consequências de um acidente de trânsito entre um caminhão e um veículo de passeio com vítimas (uma fatal, duas machucadas), mencionadas na oitava e última questão, indicam que as equipes 1 e 3 entenderam o princípio da ação e reação, ou terceira lei de Newton, aplicadas à conservação da quantidade de movimento. Os efeitos do impacto dos dois veículos em função de suas massas e de suas velocidades foi maior no veículo de passeio.

Gráfico 15: Pré-teste (03/07/18)



Gráfico 16: Pós-teste (12/07/18)



Fonte: Autores (2018).

Supondo que as velocidades dos dois veículos fossem iguais e que colidissem frontalmente, o veículo menor sentiria o impacto maior em função da massa do caminhão, mesmo que no instante da batida a força que o caminhão faz no veículo é a mesma que o veículo faz no caminhão. A transferência de quantidade de movimento do caminhão para o veículo é muito maior do que do veículo para o caminhão.

As consequências desses efeitos são sentidos pelos três passageiros do veículo menor, principalmente aquele que não estava protegido por cinto de segurança ou air bag, podendo o mesmo chegar a morrer, como aconteceu.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso trabalho objetivou desenvolver e implementar uma sequência didática sobre o conteúdo conceitual colisões, numa perspectiva CTS, para isso partimos da temática colisões no trânsito, identificando conceitos físicos presentes em colisões reais do cotidiano. Para a elaboração da mesma utilizamos os pressupostos teóricos de Zabala (1998) e buscamos diferentes recursos de ensino para compor a mesma, nos alicerçando numa pluralidade metodológica.

Com a implementação da sequência didática notamos um maior envolvimento e participação dos alunos nas aulas de Física, visto que o número de faltas durante a implementação foi extremamente pequeno. Com relação aos diferentes recursos utilizados na sequência verificamos uma maior pré-disposição dos alunos para as atividades experimentais. Ficou claro que quando eles manusearam e discutiram entre si, nos pequenos grupos, houve uma maior satisfação entre os participantes, sem contar que foi possível perceber a questão da liderança de alguns alunos frente ao seu grupo, bem como respeito e comprometimento nos desenrolar das atividades propostas. Entendemos que essas competências e habilidades desenvolvidas com a sequência são fundamentais para a formação de um cidadão.

Nas primeiras atividades experimentais observamos erros de medidas por falta de prática com esse tipo de atividade. No entanto, nas últimas atividades experimentais tais erros não foram mais identificados, com isso podemos inferir que a sequência didática também contribuiu para o desenvolvimento de habilidades de manuseio, bem como com o desenvolvimento de conteúdos procedimentais.

No simulador há uma precisão maior na obtenção dos dados considerando uma situação mais ideal, porém notamos um menor envolvimento dos participantes, talvez porque tinham vindo de uma sequência de atividades experimentais de manuseio.

A abordagem do tema acidentes de trânsito envolve uma quantidade considerável de conceitos físicos, e em nossa prática docente verificamos que muitos deles não são abordados no cotidiano da sala de aula, em especial no primeiro ano do ensino médio.

Entendemos que o tema colisões de trânsito deveria constar no currículo escolar da escola básica, pois seria uma ótima oportunidade educacional para os jovens estudantes tomar consciência das responsabilidades pessoais de cada cidadão de bem.

Na aplicação do pré-teste e pós-teste podemos perceber que o tema acidente de trânsito trouxe uma extensa gama de informações, dificultando, às vezes, o entendimento das propostas devido a disponibilidade de tempo e a pré-disposição de alguns participantes. Apesar disso houve uma conscientização da necessidade de se apropriar do conhecimento que esse tema proporciona. Nossos resultados revelam que os alunos que participaram da implementação da proposta apresentaram uma maturidade e criticidade com relação a temática discutida.

Por fim, não podemos garantir que os alunos participantes aprenderam o conteúdo de Física trabalhado, colisões, visto que tal investigação não era foco desse trabalho, apesar de termos evidenciado indícios de aprendizagem dos conceitos de momento e colisões. No entanto, podemos dizer que a sequência didática implemetada apresenta um grande potencial pedagógico, visto que proporcionou aos alunos um ambiente de aprendizagem diferente do tradicional, favorecendo o desenvolvimento dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais como evidenciados nos resultados.

Notamos ainda que o tempo programado para a sequência didática não foi suficiente para melhores resultados, considerando-se que os participantes tinham um horário pré-determinado pela escola e pelos pais, não permitindo estender o horário previsto. Nesse sentido sugerimos que em aplicações futuras a quantidade de aulas seja repensada.

REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G. **STS Education: A Rose by Any Other Name**. In: CROSS, R. (Ed.): *A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J. Fensham*, p. 59-75. New York: Routledge Falmer, 2003.

AIKENHEAD, G. **What is STS science teaching?** In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. *STS education: international perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, 1994. p. 47-59.

AMORIM, A. C. **O Ensino de Biologia e as Relações entre CTS: o que dizem os professores e o currículo do Ensino Médio?** Dissertação de Mestrado. Campinas: FE/UNICAMP, 1995.

AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências**. Tese de Doutorado. Florianópolis: CED/UFSC, 2002.

AUSUBEL, D. P. ; NOVAK, J.D.; HANESIAN, J. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro, Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J. D. e ANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Tradução ao português, de Eva Nick et al. , da segunda edição de EDUCATIONAL PSYCHOLOGY: A COGNITIVE VIEW 623 p. Rio de Janeiro, Interamericana, 1980.

BATISTA,M.C., CONEGLIAN, D. R., ROCHA, D.R., Interdisciplinaridade no ambiente escolar: uma possibilidade para formação integral no Ensino Fundamental. **Revista Pontes**, Paranaíba, v. 1, nº 1, 2018 p. 107-122.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Qualitative Research for Education**. An introduction to theory and methods, Boston: Allyn and Bacon, 1982.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1999.

CARSON, R. **Silent Spring**. Boston: Houghton Mifflin Company, 1962.

CRUZ, S. M. S. **Aprendizagem centrada em eventos: uma experiência com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino Fundamental**. Tese de Doutorado. Florianópolis: CED/UFSC, 2001.

DESCARTES, R. **Principes de la Philosophie**. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin, 1971.

GALEGHER, J.J. A broader base for science education. **Science Education**, v.

55, p. 329-338, 1971.

GARCÍA, M. I. G.; CERESO, J. A.L. & LUJÁN, J. L. **Ciência, tecnologia y sociedad. Uma introducción al stúdio social de la ciência y la tecnologia.** Madrid: Tecnos, 1996.

KRASILCHIK, M. **Professor e o currículo das ciências.** São Paulo: EPU/EDUSP, 1987.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas.** 5 ed. São Paulo: Perspectiva, 1995.

LEIBNIZ, G. W. “Discurso de Metafísica”, in: **Os Pensadores “Newton-Leibniz”**. Trad. Marilena de Souza Chauí. 2ª edição. São Paulo : Ed. Abril, 1980.

LEMGRUBER, M. S. Um panorama da Educação em Ciências, **Educação em Foco**, v. 5, n. 1, p. 13-28, 2000.

MOREIRA, M. A. “O Que é Afinal Aprendizagem Significativa?” Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, **Qurriculum, La Laguna**, Espanha, 2012.

MOREIRA, M. A. Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, ISSN 0717- 9618, Vol. 7, N° 2, 2008, pp. 23-30. Revisado em 2012.

MOREIRA, M.A. & MASINI, E.A.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo: Centauro, 2006. 2ª ed.

MOREIRA, M.A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula.** Brasília, Editora da UnB, 2011.

NEVES, M. C. D. **Memórias do invisível: uma reflexão sobre a história do ensino de Física e a ética da ciência.** Maringá: LCV/ Liv. Bom livro, 1999.

PONCZEK, R.L. A polêmica entre Leibniz e os cartesianos: mv ou mv^2 ? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, vol. 3, 2000, p. 336-347.

RESQUETTI, S. O. **Uma sequência didática para o ensino da radioatividade no nível médio, com enfoque na história e filosofia da ciência e no movimento CTS.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Centro de Ciências Exatas. Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2013.

ROEHRIG, S. A. G.; CAMARGO, S. Educação com enfoque CTS em documentos curriculares regionais: o caso das diretrizes curriculares de física do estado do Paraná. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 20, n. 4, p. 871-887, 2014.

SANTOS, W. L. P., Educação Científica Humanística em uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. **Alexandria Revista de**

Educação em Ciência e Tecnologia, v. 1, n. 1, Mar, p. 109-131, 2008.

STRIEDER, Roseline Beatriz. **Abordagem CTS e ensino médio**: espaços de articulação. Dissertação de Mestrado. Instituto de Física – Departamento de Física Experimental. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZIMAN, J. **Teaching and learning about science and society**. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.

APÊNDICES

APÊNDICE A

TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL



TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL

Local, data, mês, ano.

Ilustríssimo (a) Senhor (a) _____, diretor (a) auxiliar do Colégio _____.

Eu, Mauricio Fusinato, aluno do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, polo de Campo Mourão, venho pelo presente, solicitar vossa autorização para realizar um curso direcionado a alunos do ensino médio, para o trabalho de pesquisa sob o título **Uma proposta de sequência didática para o ensino de colisões mecânicas numa perspectiva CTPS**, orientado pelo Professor Dr. Michel Corci Batista.

Este projeto de pesquisa, atendendo o disposto na Resolução CNS 196 de 10 de Outubro de 1996, tem como objetivo abordar um repertório de conhecimentos sobre os conceitos físicos presentes em colisões no trânsito, baseado na investigação de saberes de um grupo de alunos (as) do ensino médio da cidade de _____ – Paraná. Este projeto pretende realizar um curso sobre colisões mecânicas, teórica e prática, visando realizar uma coleta de dados a fim de podermos investigar por meio das ações e falas desses alunos, onde e como os conceitos físicos sobre conservações da energia mecânica e da quantidade de movimento estão presentes nas colisões no trânsito, bem como uma tomada de consciência sobre ações no trânsito.

Esta atividade apresenta riscos mínimos visto que os participantes podem eventualmente sentirem-se desconfortáveis com o fato de estarem participando de uma pesquisa, no entanto, fica claro que ele poderá solicitar esclarecimentos ou mesmo desistir de participar à qualquer momento.

O curso de colisões no trânsito está previsto para acontecer em quatro encontros de três horas, totalizando doze horas, nos dias 3, 5, 10 e 12 de julho de 2018.

Qualquer informação adicional poderá ser obtida junto ao professor-pesquisador Mauricio Fusinato (email: mauriciofusinato@gmail.com - fone: (44) 99106 - 2263).

A qualquer momento vossa senhoria poderá solicitar esclarecimentos sobre o desenvolvimento do projeto em andamento e, caso haja motivos, poderá retirar sua autorização. Os professor-pesquisadores estão aptos a esclarecer estes pontos e, em caso de necessidade, poderão buscar soluções para contornar qualquer mal entendido que possa surgir em decorrência da pesquisa.

Os dados obtidos nesta pesquisa serão utilizados na publicação de um Produto Educacional direcionado ao ensino médio. Nesse sentido, assumimos a total responsabilidade de não publicar qualquer dado que comprometa o sigilo da participação dos integrantes de vossa instituição como nome, endereço e outras informações pessoais, não serão em hipótese alguma publicados. A participação será voluntária, não fornecendo por ela qualquer tipo de pagamento. Ao final do curso disponibilizaremos um certificado, aos participantes, emitido pela instituição UTFPr – Campo Mourão.

Autorização Institucional

Eu, _____, diretor(a) e responsável pelo Colégio _____ declaro que fui informado (a) dos objetivos da pesquisa acima, e concordo em autorizar a execução da mesma nesta instituição. Caso necessário, a qualquer momento, como instituição CO-PARTICIPANTE desta pesquisa, poderemos revogar esta autorização, se comprovada atividades que causem algum prejuízo à esta instituição ou ainda, a qualquer dado que comprometa o sigilo da participação dos integrantes desta instituição. Declaro também, que não haverá qualquer recompensa monetária por esta autorização, bem como os participantes também não receberão qualquer tipo de pagamento.

Prof. Mauricio Fusinato - professor-pesquisador

Responsável pela Instituição

APÊNDICE B: PRÉ E PÓS-TESTE



Nome: _____ Turma: _____

Data: ___/___/2018

PRÉ E PÓS – TESTE

1. Dentre as causas de mortes em acidentes de trânsito, quais são as mais frequentes?

R: _____

2. Qual a responsabilidade de cada um de nós como cidadãos para um trânsito mais seguro?

R: _____

3. O que você considera imprudência no trânsito? Cite alguns exemplos.

R: _____

4. O que a Física tem a ver com acidentes de trânsito?

R: _____

5. Por que numa colisão com uma árvore, os “estragos” num veículo de passeio são maiores do que num caminhão?

R: _____

6. O cinto de segurança e o air bag são dispositivos de segurança obrigatórios, tanto na cidade quanto na estrada. O que eles ajudam a evitar?

R: _____

7. Os freios ABS são considerados como mais eficientes que os freios à disco. Por que?

R: _____

8. No início da noite desta quarta-feira (18), um grave acidente na PR 317 envolvendo um veículo GM Astra com placas de Campo Mourão, e uma carreta Volvo 340, de transporte especial com placas de Maringá, deixou uma pessoa morta e duas feridas. As vítimas estavam no Astra, o motorista do caminhão nada sofreu. O acidente aconteceu três quilômetros da ponte do Rio Ivaí, no sentido Campo Mourão para Maringá e deixou o trânsito lento no local por mais de duas horas.

Dados:

Massa do carro = 800 kg

Massa da carreta = 8000 kg

Tomando como base as leis de Newton e a notícia acima apresentada, assinale o que for correto:

a) No ato da colisão o carro fica mais destruído que a carreta porque a força que a carreta exerce sobre o carro é maior que a força que o carro exerce sobre a carreta;

b) No ato da colisão a carreta fica mais destruída que o carro porque a força que o carro exerce sobre a carreta é maior que a força que a carreta exerce sobre o carro.

c) Se momentos antes da colisão os dois móveis mantinham velocidades constantes, podemos afirmar que a inércia do carro era maior que a da carreta;

d) Mesmo que o carro tenha sofrido um estrago muito maior que a carreta, podemos afirmar que a força exercida pelo carro sobre a carreta foi igual à força exercida pela carreta sobre o carro;

e) A primeira lei de Newton garante que na ausência de forças externas é impossível um corpo estar em movimento.

<http://www.portalovale.com.br/lernoticia.asp?mat=3016>

APÊNDICE C

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - CAMPO MOURÃO

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Produto Educacional

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE COLISÕES NUMA
PERSPECTIVA CTS

Mauricio Fusinato

Michel Corci Batista

Gilson Junior Schiavon

Campo Mourão
2018

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MAURICIO FUSINATO

Produto Educacional

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE COLISÕES NUMA
PERSPECTIVA CTS**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Polo 32 MNPEF), campus Campo Mourão, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Coorientador: Prof. Dr. Gilson Junior Schiavon

Campo Mourão
2018

1. INTRODUÇÃO

O produto educacional desenvolvido é uma sequência didática cujo objetivo é permitir ao professor tornar a aula mais dinâmica, atrativa e de fácil ensino/aprendizagem, pois, por meio desta é possível relacionar a parte teórica com a parte prática numa perspectiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), deixando de lado parte do sistema tradicional de ensino.

A sequência didática produzida discute os conceitos de quantidade de movimento e colisões mecânicas aplicando-os em situações reais cotidianas de acidentes de trânsito, buscando sempre promover uma consciência crítica nos educandos.

2. UMA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS COLISÕES

Para Aristóteles de Estagira o movimento não-natural estava associado à força, e os corpos atingiriam o repouso assim que a força fosse removida. Aristóteles não acreditava na existência do vácuo para ele os corpos sempre se moviam em um meio que oferecia resistência ao movimento.

A velocidade no movimento natural era proporcional à força e inversamente proporcional a resistência do meio, pois o velho estagirita acreditava que quanto mais pesado era um corpo tanto mais depressa era sua queda e, inversamente, quanto mais denso um meio, tanto mais lenta a queda. Esse raciocínio poderia ser sistematizado por :

$$v \propto \frac{F}{R}$$

v : velocidade do objeto; α : proporcional; F: força; R: resistência do meio

Aristóteles enfrentou ainda o seguinte problema: como explicar que o movimento de um projétil se mantém por algum tempo mesmo depois de não haver mais contato com o corpo que o lançou?

Como solução à esse problema Aristóteles imaginou que o meio, de alguma forma, forneceria a força necessária para empurrar o objeto, e esse movimento avante.

Porém, o meio motor, no caso, o ar, também seria um meio resistente, ou seja, a causa do movimento e seu término.

Assim, para Aristóteles estava aí a prova física de que um vácuo era impossível, pois no vazio não há diferenças e, sendo assim, o movimento seria impossível.

Já para Philopponus (século VI dC) o movimento no vácuo era possível, e para ele não era o ar que mantinha o projétil em movimento por algum tempo, e sim, uma força impressa que eventualmente se esgotava.

$$v \propto F - R$$

Essa força impressa se consolidou no século XIV com a teoria do *impetus*, desenvolvida por Jean Buridan, que acreditava ser a força impressa a um projétil, permanente, a menos que atuassem outras forças. Ele definiu essa força impressa como sendo proporcional ao peso (entendido aqui como “corpo grave” – corpo com peso ao invés de “leveza”, no sentido aristotélico) e à velocidade.

Tem-se então uma ideia de constância.

René Descartes (1596 – 1650) realizou alguns estudos sobre o impacto dos corpos, e foi conduzido a um princípio de conservação do movimento.

Descartes escreve, em 1644, em sua obra *Príncipes de Philosophie*:

“É perfeitamente razoável admitir que Deus, que ao criar a matéria deu diferentes movimentos às suas partes, preserve toda a matéria nas mesmas condições em que a criou, portanto preserve nela a mesma quantidade de movimento” (Projeto Física, 1978, p.23).

O desafio seria como definir essa “quantidade de movimento”. Descartes escolheu o produto da massa e da velocidade de um objeto em movimento. Ele chamou isso de “momentum”.

De acordo com Descartes, se dois objetos (com massa m_1 e m_2 e velocidades v_1 e v_2) colidem, a quantidade

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

é a mesma antes e depois da colisão, mesmo que as velocidades individuais dos objetos tenham sido alteradas.

Segundo Ponczek (2000), em 1686, Leibniz [1646 – 1716], em sua obra *Discurso de Metafísica* estuda mais profundamente a Física dos choques, reformulando os conceitos cartesianos, e chegando a ideia de que a grandeza que mede o movimento é $m.v^2$.

Seu argumento básico é de que um corpo A de massa quatro vezes menor que a de um corpo B, porém caindo de altura quatro vezes maior, ao colidir com o solo, deve ter uma força igual. Galileu e Torricelli já haviam descoberto que as velocidades finais de um corpo em queda livre eram proporcionais à raiz quadrada da altura, e assim o corpo A, quando tocasse o solo, teria uma velocidade apenas duas vezes maior que a do corpo B, o mesmo acontecendo com sua quantidade de movimento. No entanto, a razão entre as velocidades deveria ser de quatro para um, e assim, Leibniz prova que a grandeza que mede o movimento e, portanto a verdadeira medida da força, é a massa vezes o quadrado da velocidade, isto é, $m.v^2$, e não $m.v$, como acreditava Descartes (PONCZEK, 2000, p. 341).

Segundo Neves, síntese de Descartes para o sistema de mundo encontrará na obra de Newton a mecânica necessária para a explicação dos fenômenos terrestres e celestes.

Veja como Sir Isaac Newton a definição de quantidade de movimento que precedeu os axiomas em seu Principia:

A quantidade de movimento é a medida do mesmo, obtida conjuntamente a partir da velocidade e da quantidade de matéria (NEVES, 1999, p.48).

De acordo com o Projecto Física (1978), se buscarmos a definição de Descartes para a quantidade de movimento, produto da massa pelo módulo da velocidade, $m.V$, e a substituirmos pela definição de Newton, produto da massa pela velocidade, $m.\vec{V}$, ter-se-á que para todas as colisões, o movimento dos corpos que colidem antes e depois da colisão será dado por:

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = m_1 \cdot \vec{v}'_1 + m_2 \cdot \vec{v}'_2$$

Em que m_1 e m_2 são as massas dos dois corpos que colidem frontalmente, v_1 e v_2 suas velocidades antes da colisão, e V_1 e V_2 são suas velocidades após a colisão.

Em linguagem moderna, dizemos que a velocidade é uma grandeza vetorial. Descartes falhou por não conhecer este conceito.

Pode-se então representar a quantidade de movimento (ou momento linear) de uma partícula como o produto de sua massa pela sua velocidade:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

O momento de uma partícula pode ser imaginado como a medida da dificuldade de levar a partícula ao repouso.

A segunda lei de Newton escrita em termos do momento linear é da forma:

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \text{ sendo, } \vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots, \text{ o momento total do sistema.}$$

Como num sistema as forças internas cancelam-se entre si (terceira lei de Newton), esta fica dependente somente das forças externas, que atuam no sistema. Sendo assim, quando não houver forças externas no sistema e/ou quando forem nulas, então o momento linear se conserva,

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = 0 \quad \rightarrow \quad \vec{p} = \text{constante}$$

Esta é a Lei de Conservação de Momento Linear.

O que são colisões?

Um choque ou colisão normalmente acontece num intervalo de tempo muito pequeno. E é durante esse intervalo de tempo que os corpos trocam forças muito intensas, que provocam deformações nos dois corpos. Essas forças recebem o nome de forças impulsivas, que são classificadas como

forças internas em relação ao sistema constituído pelos corpos que realizam o choque.

Mesmo quando existem forças externas agindo durante um choque, os impulsos por elas produzidos são desprezíveis, pois o intervalo de tempo é extremamente pequeno. Podemos, portanto, considerar um choque como sistema isolado de forças externas, apresentando conservação da quantidade de movimento do sistema composto pelos corpos que colidem (CARRON, 2014, p. 221).

Num processo de colisão, raramente as forças externas são nulas, ou estão ausentes, entretanto geralmente elas são muito mais fracas do que as forças de colisão podendo ser desprezadas, ou consideradas ausentes. Isso permite desprezar a variação da quantidade de movimento produzida pelas forças externas, isto é, considerar que, durante o curto intervalo de tempo em que ocorre a colisão, a quantidade de movimento do sistema permanece constante.

$$\vec{p}_{\text{inicial}} = \vec{p}_{\text{final}}$$

Sendo assim, independente de qual tipo de colisão estejamos estudando, a quantidade de movimento (ou momento linear) sempre se conserva.

Durante a colisão entre dois corpos macroscópicos, certa quantidade de energia cinética total dos dois corpos é perdida. Uma parte dessa energia perdida é usada para executar trabalho de deformação dos corpos. Outra parte é transformada em outras modalidades de energia, tais como, energia térmica e energia vibratória, a qual produz o som que ouvimos durante o choque. Em certos casos, porém, essa perda é tão pequena que admitimos que a energia cinética total do sistema se conserva antes e depois da colisão.

Levando em conta a conservação ou não da energia cinética total do sistema, pode-se classificar as colisões em dois tipos:

- **Colisões elásticas:** a energia cinética se conserva e os corpos se separam após o choque.

- **Colisões parcialmente elásticas:** a energia cinética não se conserva e os corpos se separam após o choque.
- **Colisões inelásticas:** após o choque os corpos ficam unidos e a energia cinética total após o choque é menor que antes do choque.

Momento Linear ou Quantidade de Movimento (\vec{p})

Defini-se quantidade de movimento ou momento linear de um corpo, como sendo o produto de sua massa m pela sua velocidade \vec{v} . O momento linear é uma grandeza vetorial que possui a mesma direção e sentido da velocidade, e seu módulo pode ser determinado por:

$$|\vec{p}| = m \cdot |\vec{v}|$$

A unidade do módulo do momento linear no SI é o kg .m/s.

Impulso de uma força constante (\vec{I})

É uma grandeza vetorial que possui a mesma direção e sentido da força, e seu módulo pode ser determinado por:

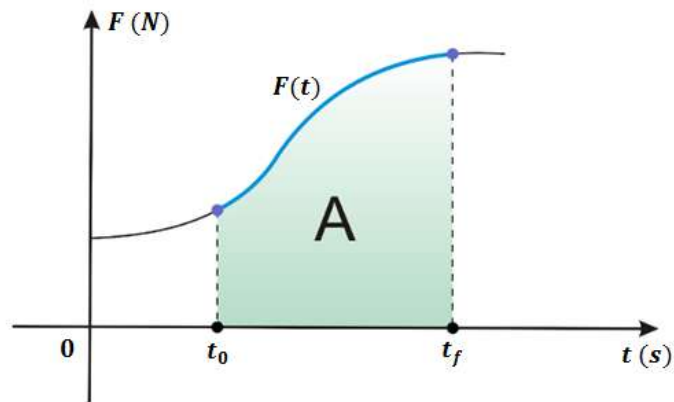
$$|\vec{I}| = |\vec{F}| \cdot \Delta t$$

A unidade de intensidade do impulso no SI é o N.s.

Impulso de uma força variável

Imagine que a força que fazemos sobre um corpo para efetuar um deslocamento não seja mais constante, mas que varie com o tempo. Então sempre que a força variar com tempo podemos calcular o impulso. Essa força variável também pode ser representada por um gráfico, Figura 1.

Figura 1: Representação gráfica da força em função do tempo.



Fonte: Autores (2018).

O módulo do impulso pode ser determinado por:

$$I = \int_{t_0}^{t_f} F(t) dt = \text{Área} (F \times t)$$

Teorema do Impulso

Pelo teorema do impulso, podemos relacionar impulso e momento linear e constatar que elas são de mesma dimensão.

$$\vec{I} = \Delta \vec{p}$$

Sistema mecanicamente isolado

Um sistema é isolado quando a força resultante externa aplicada a ele for nula. Neste caso, como a força é nula, o impulso será nulo e a quantidade de movimento se manterá constante (princípio da conservação da quantidade de movimento).

$$\vec{F}_{R \text{ externa}} = 0 \rightarrow \vec{p} = \text{constante}$$

$$\rightarrow \quad \rightarrow$$

$$P_{\text{inicial}} = P_{\text{final}}$$

$$\overset{\rightarrow}{m_1} \cdot \overset{\rightarrow}{v_{1i}} + \overset{\rightarrow}{m_2} \cdot \overset{\rightarrow}{v_{2i}} = \overset{\rightarrow}{m_1} \cdot \overset{\rightarrow}{v_{1f}} + \overset{\rightarrow}{m_2} \cdot \overset{\rightarrow}{v_{2f}}$$

Colisões Mecânicas

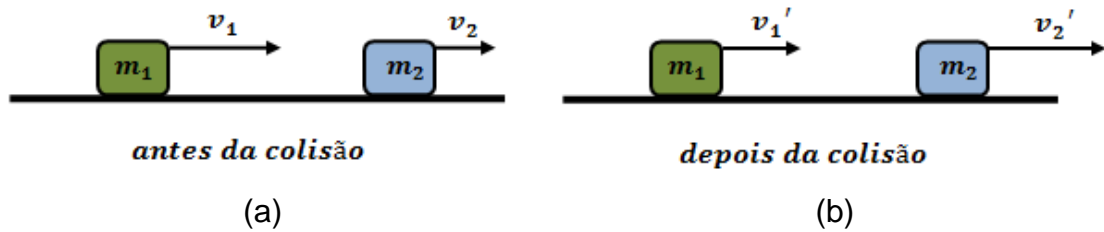
Em Física podemos ter três tipos de colisões, as colisões perfeitamente elásticas, as colisões parcialmente elásticas e as colisões inelásticas. Em uma colisão mecânica podemos verificar duas fases distintas: a de deformação e a de restituição. A primeira tem início no instante em que os corpos entram em contato, passando a se deformar mutuamente, e termina quando um corpo pára em relação ao outro. Nesse instante, tem início a segunda fase, que por sua vez termina quando os corpos se separam. A diferença entre uma colisão e outra está na fase de restituição, pois, a mesma não ocorre em todas as colisões. A partir de agora estudaremos cada tipo de colisão.

Colisões elásticas

Imagine uma colisão frontal simples de dois corpos de massas diferentes. Se a energia cinética do sistema (corpo 1 + corpo 2) se mantiver constante antes e depois da colisão, podemos chamar esta colisão de *colisão elástica*. O Momento Linear desse sistema é sempre conservado em uma colisão, seja a colisão elástica ou não.

Consideremos dois corpos, um de massa m_1 e com velocidade v_1 e outro de massa m_2 com velocidade v_2 , sendo $v_1 > v_2$, movendo-se em linha reta, conforme diagrama apresentado na Figura 2-a. Após um intervalo de tempo os dois corpos irão colidir e esta colisão provocará uma alteração na velocidade dos corpos, passando o corpo 1 a ter velocidade v_1' e o corpo 2, v_2' , conforme diagrama apresentado na figura abaixo 2-b. Consideremos um referencial inercial para as grandezas vetoriais velocidade e momento linear, com o sentido para a direita sendo positivo.

Figura 2: Diagrama representativo da variação das velocidades dos corpos 1 e 2: (a) antes da colisão e (b) depois da colisão.



Fonte: Autores (2018).

Aplicando o princípio da conservação do momento linear para o sistema (corpo 1 + corpo 2) antes da colisão e após a colisão temos:

$$\vec{p}_{\text{inicial}} = \vec{p}_{\text{final}}$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

Se a colisão for elástica, a energia cinética se conserva, logo:

$$K_{\text{inicial}} = K_{\text{final}}$$

$$\frac{1}{2} m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 \cdot v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2'^2$$

Coeficiente de restituição

Como vimos anteriormente, existem duas fases durante uma colisão: a *deformação* e a *restituição*. Considere os dois corpos 1 e 2 que foram usados de exemplo anteriormente. Observe que antes da colisão existe uma velocidade relativa de aproximação e após temos uma velocidade relativa de afastamento. O coeficiente de restituição é definido como sendo a divisão entre a velocidade de afastamento pela velocidade de aproximação.

$$e = \frac{v_{\text{afastamento}}}{v_{\text{aproximação}}}$$

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

$$v_1 - v_2$$

Para a colisão elástica o coeficiente de restituição é máximo $e = 1$

Colisões parcialmente elásticas

Nas colisões parcialmente elásticas os corpos tem uma velocidade relativa não nula após a colisão, dessa forma o coeficiente de restituição para uma colisão parcialmente elástica admite valores entre 0 e 1.

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

$$0 < e < 1$$

O momento linear é sempre conservado em uma colisão, seja a colisão elástica ou não, assim, aplicando o princípio da conservação do momento linear, temos:

$$\vec{p}_{\text{inicial}} = \vec{p}_{\text{final}}$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

Colisões inelásticas

Uma colisão inelástica é aquela na qual a energia cinética do sistema (corpo 1 + corpo 2) não é conservada.

Como a energia cinética não é conservada, parte da energia é transformada, em calor ou energia potencial de deformação. Para a colisão elástica o coeficiente de restituição $e = 0$, isso implica que após a colisão os corpos permanecem juntos, ou seja, a velocidade final é igual para os dois corpos que compõem o sistema.

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

$$0 = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

$$0 \cdot (v_1 - v_2) = v_2' - v_1'$$

$$v_1' = v_2'$$

Aplicando o Princípio da conservação do momento linear, o momento linear antes e depois da colisão pode ser escrito como:

$$\vec{p}_{\text{inicial}} = \vec{p}_{\text{final}}$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

Como $v_1' = v_2' = v'$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v'$$

3. APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nossa proposta se pauta numa metodologia de intervenção que prioriza fundamentalmente dois aspectos: a realização de atividades múltiplas e diversas, tais como discussões, leituras, atividades práticas (experimentais e de simulações), etc, e o desenvolvimento de um trabalho em equipe que crie condições efetivas para a instauração de um clima de parceria entre os alunos e entre estes e o professor responsável (Batista et al. 2018).

Organizarmos esta sequência didática de colisões para inserção no ensino médio, para que seja desenvolvida em quatro módulos. O número de aulas previsto é de onze aulas, mas esse número pode ser alterado caso haja necessidade.

O método didático-pedagógico de condução das atividades propostas nessa sequência didática considera as representações que os alunos trazem do seu cotidiano e estimula a convivência entre os alunos. Entendemos que essas considerações valorizam o processo de desenvolvimento de conteúdos conceituais, de habilidades de pensamento, de valores e de atitudes.

Em nossa proposta denominamos "atividades práticas" as situações de aprendizagem que envolvem a manipulação de materiais e de objetos, tanto para a elaboração de representações como para a construção de experimentos.

As atividades práticas são estratégias importantes para o processo de ensino e aprendizagem, pois estimulam, entre outras habilidades, as capacidades de elaborar e testar hipóteses, observar e comparar dados, analisar e discutir resultados. Esse tipo de atividade ainda permite ao aluno desenvolver algumas capacidades, tais como, se expressar, questionar, tomar decisões e principalmente organizar a troca de conhecimentos.

Consideramos ainda que a leitura e principalmente a compreensão de texto também são habilidades importantes no desenvolvimento da estratégia proposta nessa sequência didática. No entanto entendemos que o ensino se torna mais significativo quando utiliza representações visuais, imagens e vídeos, pois acreditamos que elas podem ampliar a possibilidade de o aluno aprender conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Em nossa proposta procuramos explorar as representações visuais. A estrutura geral de nossa sequência didática sobre colisões está apresentada de maneira detalhada no Quadro 1.

Quadro 1 – Estrutura geral da sequência didática.

DISCIPLINA: Física	SÉRIE: 2ª E.M.	
TEMA: Mecânica	ASSUNTO: Colisões	DURAÇÃO: 11 aulas
<p>PRÉ-REQUISITOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Noções de força; • Leis Newton e suas aplicações; • Energia Mecânica; • Conservação da Energia Mecânica 		
<p>OBJETIVOS: Permitir ao professor tornar uma aula de Física sobre a temática colisões mais dinâmica, atrativa e de fácil ensino e aprendizagem, pois através desta é possível relacionar a parte teórica com a parte prática com as relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), deixando de lado parte do sistema tradicional de ensino.</p> <p>Constituem-se ainda como objetivos dessa proposta de ensino :</p> <ul style="list-style-type: none"> • promover a interação entre professor e alunos, bem como a interação entre os próprios alunos e alunas; • motivar os alunos para o estudo das colisões; 		

- promover condições de aprendizagem dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de colisões;
- contribuir para a formação de cidadãos;

CONTEÚDOS

Conceitual	Procedimental	Atitudinal
Interpretar e relacionar os conhecimentos sobre quantidade de movimento e colisões mecânicas.	Observar e identificar os principais tipos de colisões por meio de recursos didáticos que favoreçam o aprendizado dos alunos.	Utilizar dos conceitos físicos discutidos a partir de uma perspectiva CTS para um melhor comportamento no trânsito.

O PAPEL DO PROFESSOR: O papel do professor é fundamental para o sucesso de uma sequência didática bem planejada. Por meio da interação professor-aluno, será possível que o professor reconheça o caminho a ser tomado com relação aos conteúdos em estudo, levando sempre em consideração a liberdade intelectual dos alunos. Sua postura em sala de aula “deve proporcionar a autonomia do aluno, a cooperação entre os grupos, a interação professor-aluno e o debate” (RESQUETTI, 2013, p. 120).

Ainda segundo RESQUETTI (2013) uma sequência didática é uma proposta metodológica determinada por diversas atividades ordenadas e articuladas de uma unidade didática e para que seja válida é preciso observar se são contempladas atividades que permitam: 1) determinar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos conteúdos de aprendizagem que estão sendo contemplados; 2) verificar se os conteúdos abordados são significativos e funcionais para os estudantes; 3) que os temas em questão representem um desafio alcançável para os estudantes e que os façam avançar na construção do seu conhecimento, com a ajuda necessária; 4) provocar conflitos cognitivos, de forma a estabelecer relações entre os novos conteúdos e os conhecimentos intuitivos dos estudantes; 5) promovam atitudes favoráveis do aluno, despertando seu interesse e motivação para o estudo dos conteúdos propostos, estimulando a autoestima do estudante, para que ele sinta que em certo grau aprendeu e que seu esforço valeu a pena.

O QUE SE ESPERA: Acredita-se que, por meio da estratégia de sequência didática, é possível haver um avanço na apropriação do conhecimento pelos aprendizes, dando a eles a oportunidade de manifestar suas dúvidas e acertos, concepções e ideias, de uma forma bastante interativa e que permite ainda ao professor

intervenções quando necessárias, criando um ambiente de debates e trocas de experiências construtivo e prazeroso.

RECURSOS DIDÁTICOS

- Texto para discussão em grupo
- Vídeo
- Experimentos
- Imagens
- Projetor multimídia

AVALIAÇÃO: A avaliação das atividades propostas nesta sequência didática será realizada de maneira contínua em cada ação proposta, durante todo o desenvolvimento desta sequência didática.

Entendemos que a complexidade do tema envolve conceitos de Física bastante complexos e nem sempre abordados com a necessária profundidade em aulas de Física no ensino médio. Esses conceitos estão estreitamente ligados aos acidentes de trânsito que ceifam ou interferem em tantas vidas causando prejuízos incalculáveis à nação.

ESTRUTURA MODULAR DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

MÓDULO	TEMA	Nº DE AULAS
<p>Módulo 1 Colisões mecânicas no trânsito e itens de segurança em veículos automotores.</p>	<p>Pré-teste (educação para o trânsito, Física e as colisões no trânsito ...). Cinto de Segurança, Air bag, Controle de Estabilidade e de Tração.</p>	3
<p>Módulo 2 Estudo da quantidade de movimento e colisões de esferas.</p>	<p>Apresentação, em Power Point, do Conceito de quantidade de movimento e tipos de colisões. Realização do experimento colisões de duas esferas de aço.</p>	3
<p>Módulo 3 Conservação da quantidade de movimento.</p>	<p>Apresentação, em Power Point, do princípio da conservação da quantidade de movimento. Experimento Canhão de Borrachinha.</p>	3
<p>Módulo 4 Estudo dos tipos de colisões mecânicas.</p>	<p>Uso de simulador Phet Colorado para análise das características dos tipos de colisões mecânicas. Pós –teste.</p>	3

Fonte: Autores (2018).

4. ENCAMINHAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

MÓDULO 1

No primeiro encontro da sequência, o professor apresenta o projeto aos alunos, deixando bem claro os seus objetivos e expectativas com a aplicação do produto. Em seguida, o professor deve separar a turma em pequenos grupos com 4 ou 5 alunos e conduzir uma aula expositiva dialogada sobre a temática: acidentes no trânsito e dispositivos de segurança de um veículo automotor. Para a melhor compreensão desta etapa o professor poderá utilizar-se de dois vídeos, o primeiro: Média de mortes em acidentes de trânsito⁷, com duração de aproximadamente 3 minutos tem por objetivo promover uma reflexão sobre o assunto. No segundo vídeo, a Renault mostra na prática o funcionamento do freio ABS⁸, este tem aproximadamente 4 minutos e tem por objetivo promover uma discussão sobre um dos dispositivos de segurança de um veículo automotor, buscando estabelecer relações com alguns conhecimentos físicos.

Ao final deste primeiro Módulo deve ser aplicado a atividade 1 para os alunos, esta é composta por um texto que apresenta um panorama sobre os acidentes de trânsito no Brasil e por algumas questões que os alunos deverão discutir nos pequenos grupos e responder.

ATIVIDADE 1

UM PANORAMA SOBRE ACIDENTES DE TRÂNSITO NO BRASIL

Uma pesquisa realizada em 2015 pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, mostra que os acidentes de trânsito no Brasil matam cerca de 45 mil pessoas por ano e deixam mais de 300 mil com lesões graves. Numa estimativa conservadora, observou-se que os acidentes em rodovias custam à sociedade brasileira cerca de R\$ 40 bilhões por ano e deixam mais de 160 mil pessoas com lesões graves. Grande parte dessas mortes ocorrem nas rodovias federais brasileiras. No ano de 2014 foram registrados cerca de 170 mil acidentes com mais de 8 mil mortes e 26 mil feridos graves.

⁷ Fonte: <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2017/12/media-de-mortes-em-acidentes-de-transito-sobe-12-no-fim-do-ano.html> - Acesso em 13.02.2018.

⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=2ag21iPffeQ> - Acesso em 23/04/2018

O Brasil aparece em quinto lugar entre os países recordistas em mortes no trânsito, precedido por Índia, China, EUA e Rússia e seguido por Irã, México, Indonésia, África do Sul e Egito. Juntas, essas dez nações são responsáveis por 62% das mortes por acidente no trânsito.

Em termos de custos, os acidentes nas rodovias federais significaram uma perda superior a R\$ 12 bilhões para a sociedade, sendo que o custo relativo à perda de produção, responde pela maior fatia desse valor, seguido pelos custos dos veículos e hospitalares. Considerando toda a malha rodoviária brasileira, estes custos beiram a R\$40 bilhões por ano.

O quadro se agravou bastante nos últimos anos, pelo aumento vertiginoso da frota de veículos automotores, apesar dos avanços nos procedimentos de fiscalização por parte da Polícia Rodoviária Federal – PRF, que intensificou as operações nos trechos mais críticos de acidentes.

A PRF aponta as “presumíveis” causas de acidentes:

- a) falta de atenção dos motoristas;
- b) A condução em velocidade acima do permitido;
- c) a ingestão de álcool antes de dirigir;
- d) Distância curta entre os veículos;
- e) Não obediência à sinalização;
- f) Ultrapassagens mal realizadas;
- g) Sono.

Quanto ao tipo de acidente de trânsito com maior ocorrência, foi constatada a “colisão na traseira”. Das ocorrências, 65% foram registradas com o “tempo bom”, 55% em plena luz do dia, 70% em pistas simples e 70% na reta. O mais triste e vergonhoso é que mais de 90% dos acidentes tiveram como causa principal a falha humana.

O número de acidentes causados pela imprudência dos motoristas que batem na traseira do veículo adiante é tão grande que a jurisprudência considera quem bate atrás como culpado. A mídia está repleta de depoimentos de motoristas causadores de acidentes que afirmam que os freios de seu veículo não funcionaram a tempo de evitá-los.

Através desses dados, algumas providências poderiam ser tomadas para se tentar diminuir esse quadro. Acreditamos que o caminho correto poderia ser através de uma melhor educação. Nos países onde o índice de educação é elevado, o número de acidentes de trânsito é reduzido.

Para refletir no grupo (Pré-Teste)

1. Dentre as causas de mortes em acidentes de trânsito, quais são as mais frequentes?
2. Qual a responsabilidade de cada um de nós como cidadãos para um trânsito mais seguro?
3. O que você considera imprudência no trânsito? Cite alguns exemplos.
4. O que a Física tem a ver com acidentes de trânsito?
5. Por que numa colisão com uma árvore, os “estragos” num veículo de passeio são maiores que num caminhão?
6. O cinto de segurança e o air bag são dispositivos de segurança obrigatórios, tanto na cidade quanto na estrada. O que eles tem a ver com a Física?
7. Os freios ABS são classificados como mais eficientes que os freios à disco. Por quê?
8. No início da noite desta quarta-feira (18), um grave acidente na PR 317 envolvendo um veículo GM Astra com placas de Campo Mourão, e uma carreta Volvo 340, de transporte especial com placas de Maringá, deixou uma pessoa morta e duas feridas. As vítimas estavam no Astra o motorista do caminhão nada sofreu. O acidente aconteceu três quilômetros da ponte do Rio Ivaí, no sentido Campo Mourão para Maringá e deixou o trânsito lento no local por mais de duas horas.

<http://www.portalovale.com.br/lernoticia.asp?mat=3016>

Dados:

Massa do carro = 800kg

Massa da carreta = 8000kg

Tomando como base as Leis de Newton e a notícia acima apresentada, assinale o que for correto:

- a) No ato da colisão o carro fica mais destruído que a carreta por que a força que a carreta exerce sobre o carro é maior que a força que o carro exerce sobre a carreta;
- b) No ato da colisão a carreta fica mais destruída que o carro por que a força que o carro exerce sobre a carreta é maior que a força que a carreta exerce sobre o carro;
- c) Se momentos antes da colisão os dois móveis mantinham velocidades constantes, podemos afirmar que a inércia do carro era maior que a da carreta;
- d) Mesmo que o carro tenha sofrido um estrago muito maior que a carreta, podemos afirmar que a força exercida pelo carro sobre a carreta foi igual à força exercida pela carreta sobre o carro;

e) A primeira lei de Newton garante que na ausência de forças externas é impossível um corpo estar em movimento.

MÓDULO 2

O segundo módulo abordará o assunto quantidade de movimento e, para introduzir o tema o professor deverá conduzir uma atividade experimental, aqui chamada de atividade das bolinhas. Essa atividade foi adaptada de uma atividade proposta para crianças pela professora Anna Maria Pessoa de Carvalho da Faculdade de Educação da USP.

Para a realização da atividade os alunos deverão ser divididos em pequenos grupos com quatro ou cinco integrantes. O experimento deverá proporcionar um momento de interação no grupo, bem como o levantamento de hipóteses pelos alunos.

O experimento consiste em uma base vertical de madeira, com um trilho de alumínio na extremidade superior, como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Imagem do trilho de alumínio sobre base de madeira, com indicação das posições A, B, C e X.



Fonte: Autores (2018).

Na base de madeira deve ser feita quatro marcações, uma no ponto médio da parte horizontal do trilho (ponto X) e outras três espaçadas igualmente na parte inclinada do trilho (pontos A, B e C), como mostrado na figura 3. Para a realização desse experimento também será necessário três esferas metálicas, duas de massas idênticas e uma com massa maior, como mostra a figura 4, sugestão: podem ser esferas de rolamentos de caminhões.

Figura 4: representação das esferas metálicas utilizadas no experimento.



Fonte: Autores (2018).

Também será necessário uma folha de papel carbono, para fazer as marcações das posições das bolinhas.

A atividade deverá ser dividida em duas partes, a primeira parte ajudará o aluno perceber que o alcance que a esfera atinge ao deixar o trilho depende da velocidade com que a esfera deixa o trilho, e essa conseqüentemente depende da posição inicial de onde é deixada cair na parte inclinada do trilho (chamamos de altura), ou seja, a energia potencial gravitacional se transforma em energia cinética (conceitos já estudados pelos alunos).

PARTE 1 – ALCANCE DE UMA ESFERA DE AÇO VARIA CONFORME A ALTURA DE ABANDONO E A GRAVIDADE LOCAL

O objetivo dessa atividade é verificar experimentalmente que a velocidade com que a esfera deixa o trilho na parte horizontal depende da altura que ela é solta em relação a essa horizontal.

MATERIAL

- base para o experimento das bolinhas;
- duas esferas metálicas de mesma massa;
- uma esfera metálica de massa maior;
- uma folha de sulfite;
- uma folha de papel carbono;
- fita adesiva.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL DA PRIMEIRA PARTE

Escolha uma esfera, inicialmente a de massa menor, utilize o aparato experimental construído, fixe o papel carbono sobre uma folha de sulfite, como mostra a figura 3.

Figura 5 – Soltura da esfera 1 da posição A.



Fonte: Autores (2018)

1. Solte a esfera da parte inclinada do trilho de alumínio, do ponto A, conforme a figura 5 e, em seguida, do ponto B e por fim do ponto C. Registre com seu grupo os alcances obtidos nas três situações. Discuta com seu grupo em qual das situações o alcance atingido pela esfera foi maior, e justifiquem essa resposta.

Após a realização da atividade o professor solicita que cada grupo apresente para os outros grupos o que respondeu e em seguida encaminha uma discussão teórica sobre o que acontece, procurando relembrar o fenômeno estudado da conservação da energia mecânica, no qual a energia potencial inicial da esfera é convertida em energia cinética na parte horizontal do trilho, considerando este como o nosso referencial, assim podemos dizer que a velocidade da esfera ao deixar o trilho depende da altura do ponto A, B e C.

$$E_{MA} = E_{MX}$$

$$E_{pA} + E_{cA} = E_{pX} + E_{cX}$$

$$m \cdot g \cdot h_A + \frac{m \cdot v_A^2}{2} = m \cdot g \cdot h_X + \frac{m \cdot v_X^2}{2}$$

$$m \cdot g \cdot h_A = \frac{m \cdot v_X^2}{2}$$

$$v_x^2 = 2 \cdot g \cdot h_A$$

$$v_x = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_A}$$

Após essa discussão o professor pede que os grupos determinem a velocidade com que a esfera deixa o trilho na parte horizontal quando solta das posições A, B e C e anote esses valores no Quadro 1.

Quadro 1 – Velocidade da esfera ao deixar o trilho conforme a altura de abandono .

Posição	Altura (m)	Velocidade (m/s)
A		
B		
C		

Fonte: Autores (2018).

Com esses conceitos bem estabelecidos o professor encaminha a segunda parte do experimento, agora visando discutir o conceito de quantidade de movimento.

PARTE 2 - CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO NA COLISÃO ENTRE DUAS ESFERAS DE AÇO

O objetivo dessa atividade é verificar experimentalmente quais são as grandezas que determinam a quantidade de movimento de um corpo.

MATERIAL

- base para o experimento das bolinhas;
- duas esferas metálicas de mesma massa;
- uma esfera metálica de massa maior;
- uma folha de sulfite;
- uma folha de papel carbono;
- fita adesiva;
- uma régua.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL DA SEGUNDA PARTE

Sabemos que quando um corpo (A) que está em movimento com uma determinada velocidade colide com um corpo parado (B), imediatamente após a colisão o corpo que estava parado (B) entra em movimento. Isso acontece porque durante a colisão o corpo A transfere "algo" para o corpo B, esse "algo" chamaremos aqui de quantidade de movimento.

1. UTILIZANDO AS ESFERAS DE MESMA MASSA.

Monte o aparato experimental de acordo com a figura 6.

Figura 6 – Soltura da esfera 1, da posição A, antes de colidir com a esfera 2, na posição X.



Fonte: Autores (2018).

- Coloque uma **esfera (2)** na **posição X**, ponto médio da parte horizontal do trilho, conforme a figura 6;
- Coloque a outra **esfera (1)** na **posição A** (4 cm de altura em relação a horizontal), apoiando-a com uma régua. Solte essa esfera da posição indicada para que se movimente em direção à esfera 2. Registre o alcance obtido utilizando a marca na folha de sulfite.

- Repita o procedimento colocando a **esfera (1)** na **posição B** (8 cm de altura em relação a horizontal), apoiando-a com uma régua. Solte essa esfera da posição indicada para que se movimente em direção à esfera 8. Registre o alcance obtido utilizando a marca na folha de sulfite.

- Repita o procedimento colocando a **esfera (1)** na **posição C** (12 cm de altura em relação a horizontal), apoiando-a com uma régua. Solte essa esfera da posição indicada para que se movimente em direção à esfera 9. Registre o alcance obtido utilizando a marca na folha de sulfite.

Registre no Quadro 2 os alcances obtidos:

Quadro 2 – Alcance médio da esfera 2 após sofrer impacto da esfera 1, ambas com a mesma massa.

Ponto de saída da esfera 1	Alcance médio da esfera 2 (cm)	Alcance médio da esfera 2 (m)
A (4 cm)		
B (8 cm)		
C (12 cm)		

Fonte: Autores (2018).

Vamos discutir no grupo

1. Qual a relação entre o ponto de partida da bolinha 1 (posições A, B e C) e a velocidade com que ela colide com a bolinha 2?

2. A esfera 2 está inicialmente em repouso em todas as situações, quando ela é atingida pela esfera 1 entra em movimento, isso acontece porque a esfera 1 ao colidir transfere algo para ela (quantidade de movimento). Em qual das três situações estudadas a esfera 1 transmitiu maior quantidade de movimento? Justifique.

2. UTILIZANDO AS ESFERAS DE MASSAS DIFERENTES

- Coloque uma **esfera 2** (de massa menor - m) na **posição X**, ponto médio da parte horizontal do trilho, conforme a figura 7;
- Coloque a **esfera 1** (de massa maior - M) na **posição A** (4 cm de altura em relação a horizontal), apoiando-a com uma régua. Solte essa esfera da posição indicada para que se movimente em direção à esfera 2, conforme figura 7.

Figura 7 – Posições das esferas 1 – maior massa e 2 – menor massa, antes da colisão.

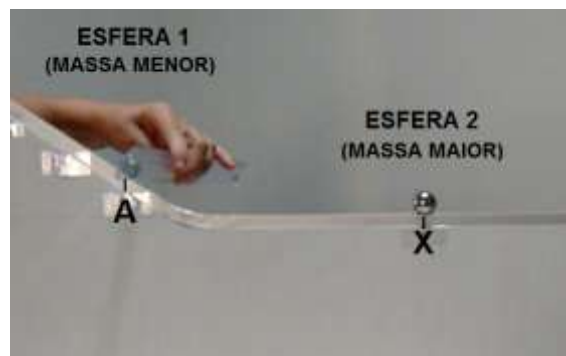


Fonte: Autores (2018).

Registre o alcance obtido utilizando a marca na folha de sulfite.

- Coloque uma **esfera 2** (de massa maior - M) na **posição X**, ponto médio da parte horizontal do trilho, conforme a figura 8;
- Coloque a **esfera 1** (de massa menor - m) na **posição A** (4 cm de altura em relação a horizontal), apoiando-a com uma régua. Solte essa esfera da posição indicada para que se movimente em direção à esfera 2, conforme figura 8.

Figura 8 – Posições das esferas 1 – menor massa e 2 – maior massa, antes da colisão.



Fonte: Autores (2018).

Registre o alcance obtido utilizando a marca na folha de sulfite.

Registre no Quadro 3 o alcance obtido:

Quadro 3: Alcance médio da esfera 2 após ser atingida pela esfera 1.

	Ponto de saída da bolinha 1 A (4 cm)
Alcance médio da esfera 2, quando atingida pela esfera 1 de menor massa (m)	
Alcance médio da esfera 2, quando atingida pela	

esfera 1 de maior massa (M)	
-----------------------------	--

Fonte: Autores (2018).

Vamos discutir no grupo

3. A esfera 2 está inicialmente em repouso, quando ela é atingida pela esfera 1 entra em movimento, isso acontece porque a esfera 1 ao colidir transfere algo para ela (quantidade de movimento). Em qual das duas situações apresentadas na tabela 3 (esfera 1 com massa m e esfera 1 com massa M) a esfera 1 transmitiu maior quantidade de movimento? Justifique.

4. Se a esfera de maior massa M for colocada no ponto médio da parte horizontal do trilho e a esfera de menor massa m , for abandonada do repouso de uma altura h_1 (ponto A), na parte inclinada do trilho, o que acontecerá com a esfera de massa M ?

5. E, se a esfera de massa m for abandonada do repouso, agora de uma altura h_2 , maior que h_1 , ou seja, do ponto B, o que acontecerá com a esfera de massa M ? Por quê?

6. Agora, se a esfera de massa m estiver no ponto x e a esfera de massa M for abandonada do repouso da mesma altura h_1 (ponto A). O que acontece com a esfera de massa m ? Por quê?

7. Por fim, se a esfera de massa **M** for abandonada do repouso da mesma altura **h_2** (ponto B). O que acontecerá com a esfera de massa **m**?

8. Qual a importância de se respeitar o limite de velocidade no trânsito?

9. Fale sobre a relação entre quantidade de movimento e acidentes de trânsito.

10. O *air-bag*, equipamento utilizado em veículos para aumentar a segurança dos seus ocupantes em uma colisão, é constituído por um saco de material plástico que se infla rapidamente quando ocorre uma desaceleração violenta do veículo, interpondo-se entre o motorista, ou o passageiro, e a estrutura do veículo. Consideremos, por exemplo, as colisões frontais de dois veículos iguais, a uma mesma velocidade, contra um mesmo obstáculo rígido, um com *air-bag* e outro sem *air-bag*, e com motoristas de mesma massa. Os dois motoristas sofrerão, durante a colisão, a mesma variação de velocidade e a mesma variação da quantidade de movimento. Entretanto, a colisão do motorista contra o *air-bag* tem uma duração maior do que a colisão do motorista diretamente contra a estrutura do veículo. De forma simples, o *air-bag* aumenta o tempo de colisão do motorista do veículo, isto é, o intervalo de tempo transcorrido desde o instante imediatamente antes da colisão até a sua completa imobilização. Em consequência, a força média exercida sobre o motorista no veículo com *air-bag* é muito menor, durante a colisão.

Considerando o texto acima, assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

- (01) A colisão do motorista contra o *air-bag* tem uma duração maior do que a colisão do motorista diretamente contra a estrutura do veículo.
- (02) A variação da quantidade de movimento do motorista do veículo é a mesma, em uma colisão, com ou sem a proteção do *air-bag*.
- (04) O impulso exercido pela estrutura do veículo sobre o motorista é igual à variação da quantidade de movimento do motorista.
- (08) O impulso exercido sobre o motorista é o mesmo, em uma colisão, com *air-bag* ou sem *air-bag*.
- (16) A variação da quantidade de movimento do motorista é igual à variação da quantidade de movimento do veículo.
- (32) A grande vantagem do *air-bag* é aumentar o tempo de colisão e, assim, diminuir a força média atuante sobre o motorista.

Gabarito: 01;02;04;08;32.

MÓDULO 3

O terceiro módulo abordará o assunto conservação da quantidade de movimento.

"O Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento diz que "todo sistema sempre conserva constante a sua quantidade de movimento linear", esta podendo ser inicialmente nula ou não".

Para discutir o tema o professor deverá conduzir uma atividade experimental, aqui chamada de atividade do canhãozinho. Essa atividade foi extraída e adaptada do Projeto Experimentos de Física com Materiais do dia-a-dia - UNESP/Bauru Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/>.

Para a realização da atividade os alunos deverão ser divididos em pequenos grupos com quatro ou cinco integrantes. O experimento deverá proporcionar um momento de interação no grupo, bem como o levantamento de hipóteses pelos alunos.

EXPERIMENTO

MATERIAL

- Uma base de madeira(leve) ou uma capa dura de caderno de 10 x 15 cm
- Três parafusos ou pregos pequenos.
- Um elástico de dinheiro
- Linha de costura
- Fósforos
- Projétil - Pode ser qualquer coisa passível de ser atirada pela borracha: um apontador de lápis, uma borracha de apagar lápis, dessas que têm uma capa plástica de proteção (só a borracha ofereceria muito atrito), etc....
- 10 Lápis - Pode ser lápis preto ou lápis colorido, cilíndricos.

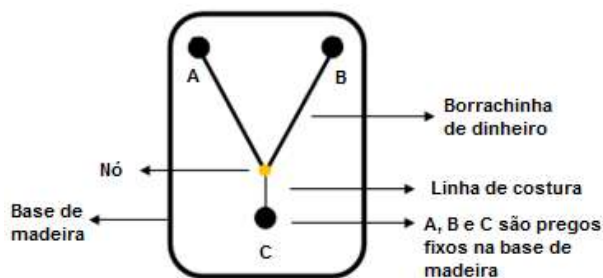
OBJETIVO

Verificar experimentalmente o princípio da conservação da quantidade de movimento, por meio da compensação de movimentos.

PROCEDIMENTO

O experimento consiste em construir um canhãozinho utilizando uma borrachinha de dinheiro. Esta deve ser disposta sobre a base de madeira formando um V, como se fosse uma atiradeira que está prestes a impulsionar o projétil (veja as figuras 9.a e 9.b), para isso utilizamos três pregos pequenos (ou parafusos) formando um triângulo.

Figura 9.a – Esquema do “canhão de borrachinha”.



Fonte: Autores (2018).

Figura 9.b – Imagem do “canhão de borrachinha”.



Fonte: Autores (2018).

A linha de costura deve ser amarrada no centro da borrachinha de dinheiro e no prego fixo na posição C, de forma a esticar a borrachinha, formando um V. No momento certo a linha deve ser queimada com palito de fósforo para disparar o "tiro" com a menor interferência possível.

A sugestão de como prender a borrachinha ao terceiro prego (ponto C) e a vista lateral do canhãozinho de borracha são apresentados nas figuras 10.a e 10.b, respectivamente.

Figura 10.a – Prendendo a borrachinha pela linha ao terceiro prego;



Fonte: Autores (2018).

Figura 10.b – Vista lateral do canhãozinho de borracha.



Fonte: Autores (2018).

Depois de armado o sistema, dispara-se o "tiro" simplesmente queimando a linha de costura que mantém a borrachinha esticada. O que se observa é que enquanto o projétil é lançado num sentido, o resto do sistema se move noutro sentido, ou seja, recua.

A ideia é a de explorar a compensação de quantidades de movimentos bastante visível que ocorre neste experimento. O projétil, mais leve, se desloca com velocidade maior; o resto do sistema, mais pesado, se desloca noutro sentido com velocidade menor.

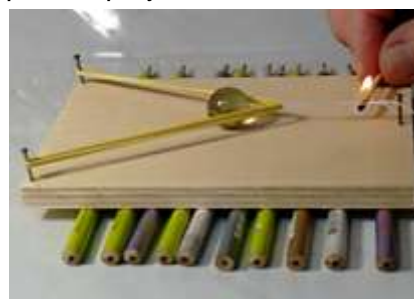
Com o experimento montado, coloque o projétil no centro do V formado pela borrachinha de dinheiro, como mostra a figura 13. Agora com o fósforo queime a linha, figura 11, e registre o que aconteceu.

Figura 11 – Posição do projétil til antes de ser arremessado.



Fonte: Autores (2018).

Figura 11 – Queimando a linha para o projétil ser arremessado.



Fonte: Autores (2018).

OBSERVAÇÃO IMPORTANTE: o peso do canhão é importante para se observar um bom recuo. Portanto, escolha bem a madeira que vai servir de base para o canhão.

Vamos discutir no grupo

1. Quando a linha queima o que acontece com o projétil?

2. Quando a linha queima o que acontece com a base de madeira? Justifique o fenômeno observado.

Vamos aplicar

3. Um corpo de massa igual a 8Kg desloca-se sem atritos, sobre uma superfície plana e horizontal, com velocidade escalar constante e igual a 15m/s. Qual é o módulo da quantidade de movimento do corpo?

4. Numa experiência uma força F constante desloca o corpo ao longo de uma reta durante t segundos. Com apenas esses dois dados, o único resultado experimental a ser avaliado é a:

- a) variação da energia cinética.
- b) aceleração
- c) variação da quantidade de movimento.
- d) velocidade final.
- e) potencia fornecida por F .

5. Sobre a grandeza física quantidade de movimento, analise as afirmativas abaixo:

- I) A quantidade de movimento de um corpo é uma grandeza vetorial.
- II) Vetor quantidade de movimento e vetor velocidade tem sempre a mesma direção e o mesmo sentido.
- III) A unidade da quantidade de movimento no sistema internacional é Kg.m/s.

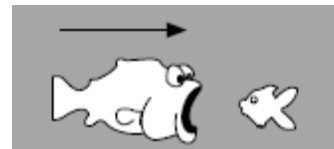
Responda de acordo com o código:

- a) Apenas a afirmativa I é correta.
- b) Apenas a afirmativa II é correta.
- c) Apenas as afirmativas II e III são corretas.
- d) Apenas as afirmativas I e II são corretas.

e) Todas as afirmativas são corretas.

6. Um garoto de massa $m_1 = 60 \text{ Kg}$ sobre *skate*, mas em repouso, empurra seu amigo de massa $m_2 = 45 \text{ Kg}$, que também está em repouso e sobre *skate*. Sabendo que o amigo adquire uma velocidade $v = 10 \text{ m/s}$, qual a velocidade de recuo do garoto?

7. Um peixe de 4 kg , nadando com velocidade de $1,0 \text{ m/s}$, no sentido indicado pela figura, engole um peixe de 1 kg , que estava em repouso, e continua nadando no mesmo sentido. A velocidade, em m/s , do peixe maior, imediatamente após a ingestão, é igual a:



MÓDULO 4

Neste módulo o professor deverá resgatar os três tipos de colisões estudadas, bem como suas características, conforme descritas no Quadro 4.

Quadro 4: Diferentes tipos de colisões e suas características básicas.

ELÁSTICA	PARCIALMENTE ELÁSTICA	INELÁSTICA
Energia Cinética Se conserva;	Energia Cinética * Não se conserva;	Energia Cinética * Não se conserva; * Máxima perda de energia cinética;
Quantidade de Movimento Se conserva;	Quantidade de Movimento Se conserva;	Quantidade de Movimento Se conserva;
Coeficiente de Restituição $e = 1$	Coeficiente de Restituição $0 < e < 1$	Coeficiente de Restituição $e = 0$

Fonte: Autores (2018).

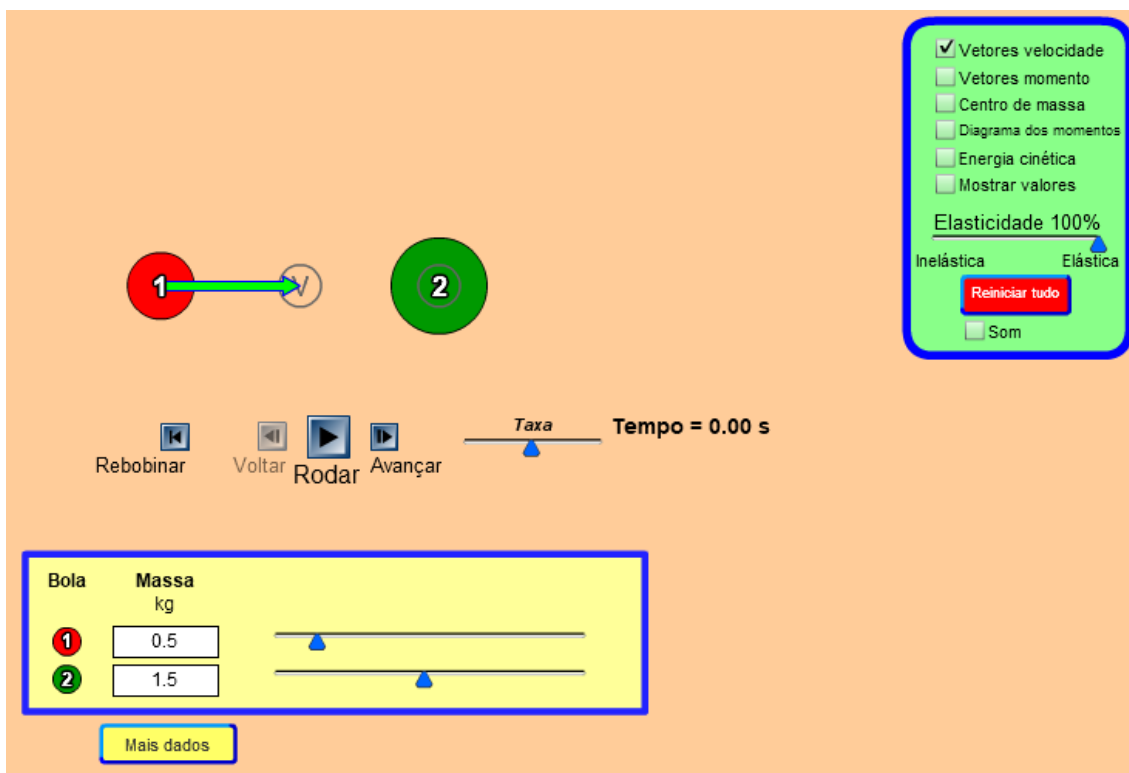
Agora o professor deverá conduzir uma atividade experimental em um ambiente virtual, ou seja, os alunos terão contato com um simulador, conhecido como Laboratório de colisões, do PHET - Colorado. Caso a instituição não tenha disponível um laboratório de informática o professor pode adaptar e, utilizar um único computador com o auxílio de um projetor, e conduzir uma atividade experimental demonstrativa investigativa.

ROTEIRO DE ATIVIDADE

Acesse o site: https://phet.colorado.edu/sims/collision-lab/collision-lab_pt_BR.html

Clique na simulação. Você verá a tela apresentada na Figura 12:

Figura 12: Tela inicial do “Laboratório de Colisões”, Phet Colorado.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/collision-lab/collision-lab_pt_BR.html.

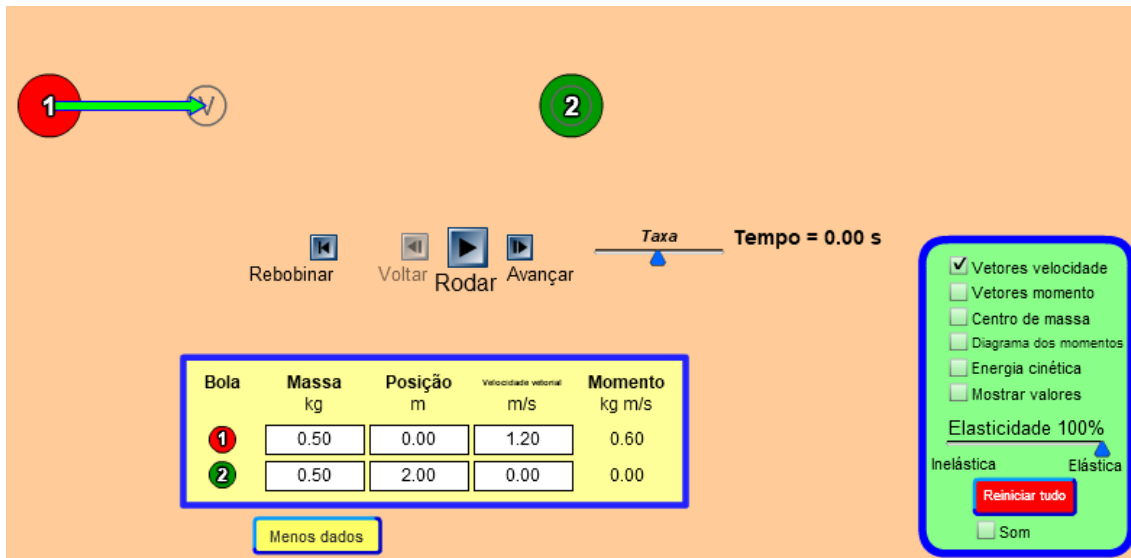
ATIVIDADE 1: Colisões elásticas (ou com elasticidade de 100%)

PROCEDIMENTO

- Na tela inicial regule as massas para 0.5kg;
- Clique no botão mais dados, localizado abaixo do valor das massas;
- Ajuste a posição da esfera 1 (bola 1) para a posição 0.00;
- Ajuste a posição da esfera 2 (bola 2) para a posição 2.00;
- Ajuste a velocidade da esfera 1 (bola 1) para 1,2 m/s, e mantenha a esfera 2 em repouso (velocidade zero), esses são respectivamente os valores iniciais das velocidades, registre esses valores no Quadro 5;
- O quadro verde ao lado do experimento você consegue movê-lo, clicando na margem azul e arrastando.
- Com o cursor regule a elasticidade para 100% no quadro verde.

Observe na figura 13 os valores das massas, posições iniciais, velocidades iniciais e momentos lineares das esferas 1 e 2, antes da colisão. E a regulagem da elasticidade (100 %).

Figura 13: Tela para simulação de uma colisão perfeitamente elástica entre duas esferas de massas iguais, nas condições iniciais sugeridas.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/collision-lab/collision-lab_pt_BR.html.

- Clique no botão rodar. Espere a colisão acontecer e em seguida clique em pausar;
- Registre no Quadro 5 os valores das velocidades após a colisão da esfera 1 e da esfera 2.

Quadro 5: Valores das velocidades inicial e final – colisão perfeitamente elástica entre duas esferas de massas iguais.

Esfera	Velocidade inicial (v)	Velocidade final (v')
1	1.2 m/s	
2	0 m/s	

Fonte: Autores (2018).

Discuta em grupo

1. O que aconteceu com os valores das velocidades?

2. Calcule a quantidade de movimento do sistema antes da colisão, ou seja a quantidade de movimento inicial.

$$p_{inicial} = p_1 + p_2$$
$$p_{inicial} = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

3. Calcule a quantidade de movimento do sistema após da colisão, ou seja, a quantidade de movimento final.

$$p_{final} = p_1 + p_2$$
$$p_{final} = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

4. Compare os valores obtidos nas questões 2 e 3.

5. Calcule o coeficiente de restituição (e) dessa colisão:

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

6. Com o coeficiente de restituição calculado classifique a colisão em:

- a) perfeitamente elástica;
- b) parcialmente elástica;
- c) inelástica.

ATIVIDADE 2: Colisões inelásticas (ou com elasticidade de 0%)

- Na tela inicial regule as massas para 0.5kg;
- Clique no botão mais dados, localizado abaixo do valor das massas;
- Ajuste a posição da esfera 1 (bola 1) para a posição 0.00;
- Ajuste a posição da esfera 2 (bola 2) para a posição 2.00;
- Ajuste a velocidade da esfera 1 (bola 1) para 1.2m/s, e mantenha a esfera 2 em repouso (velocidade zero), esses são respectivamente os valores iniciais das velocidades, registre esses valores na tabela 5;
- O quadro verde ao lado do experimento você consegue movê-lo, clicando na margem azul e arrastando;
- Com o cursor regule a elasticidade para 0% no quadro verde;
- Clique no botão rodar. Espere a colisão acontecer e em seguida clique em pausar;
- Registre no Quadro 6 os valores das velocidades após a colisão da esfera 1 e da esfera 2.
-

Quadro 6: Valores das velocidades inicial e final – colisão inelástica entre duas esferas de massas iguais.

Esfera	Velocidade inicial (v)	Velocidade final (v')
1	1.2 m/s	
2	0 m/s	

Fonte: Autores (2018).

Discuta em grupo

1. O que aconteceu com os valores das velocidades?

2. Calcule a quantidade de movimento do sistema antes da colisão, ou seja, a quantidade de movimento inicial.

$$p_{inicial} = p_1 + p_2$$
$$p_{inicial} = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

3. Calcule a quantidade de movimento do sistema após da colisão, ou seja, a quantidade de movimento final.

$$p_{final} = p_1 + p_2$$
$$p_{final} = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

4. Compare os valores obtidos nas questões 2 e 3.

5. Calcule o coeficiente de restituição (e) dessa colisão:

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

6. Com o coeficiente de restituição calculado classifique a colisão em:

- a) perfeitamente elástica;
- b) parcialmente elástica;
- c) inelástica.

ATIVIDADE 3: Colisões parcialmente elásticas (ou com elasticidade de 50%).

- Na tela inicial regule as massas para 0.5kg;
- Clique no botão mais dados, localizado abaixo do valor das massas;
- Ajuste a posição da esfera 1 (bola 1) para a posição 0.00;
- Ajuste a posição da esfera 2 (bola 2) para a posição 2.00;
- Ajuste a velocidade da esfera 1 (bola 1) para 1.2m/s, e mantenha a esfera 2 em repouso (velocidade zero), esses são respectivamente os valores iniciais das velocidades, registre esses valores na tabela 5;

- O quadro verde ao lado do experimento você consegue movê-lo, clicando na margem azul e arrastando;
- Com o cursor regule a elasticidade para 50% no quadro verde;
- Clique no botão rodar. Espere a colisão acontecer e em seguida clique em pausar;
- Registre no Quadro 7 os valores das velocidades após a colisão da esfera 1 e da esfera 2.

Quadro 7: Valores das velocidades inicial e final – colisão parcialmente elástica (50 %) entre duas esferas de massas iguais.

Esfera	Velocidade inicial (v)	Velocidade final (v')
1	1.2 m/s	
2	0 m/s	

Fonte: Autores (2018).

Discuta em grupo

1. O que aconteceu com os valores das velocidades?

2. Calcule a quantidade de movimento do sistema antes da colisão, ou seja, a quantidade de movimento inicial.

$$p_{inicial} = p_1 + p_2$$

$$p_{inicial} = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

3. Calcule a quantidade de movimento do sistema após da colisão, ou seja a quantidade de movimento final.

$$p_{final} = p_1 + p_2$$
$$p_{final} = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

4. Compare os valores obtidos nas questões 2 e 3.

5. Calcule o coeficiente de restituição (e) dessa colisão:

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

6. Com o coeficiente de restituição calculado classifique a colisão em:

- a) perfeitamente elástica;
- b) parcialmente elástica;
- c) inelástica.

ATIVIDADE 4: Colisões parcialmente elásticas (ou com elasticidade de 50%) com massas diferentes.

- Na tela inicial regule as massas, $m_1 = 1.0\text{kg}$ e $m_2 = 0.5\text{kg}$;
- Clique no botão mais dados, localizado abaixo do valor das massas;
- Ajuste a posição da esfera 1 (bola 1) para a posição 0.00;
- Ajuste a posição da esfera 2 (bola 2) para a posição 2.00;
- Ajuste a velocidade da esfera 1 (bola 1) para 1.2m/s, e mantenha a esfera 2 em repouso (velocidade zero), esses são respectivamente os valores iniciais das velocidades, registre esses valores na tabela 5;
- O quadro verde ao lado do experimento você consegue movê-lo, clicando na margem azul e arrastando;
- Com o cursor regule a elasticidade para 50% no quadro verde;
- Clique no botão rodar. Espere a colisão acontecer e em seguida clique em pausar;
- Registre no Quadro 8 os valores das velocidades após a colisão da esfera 1 e da esfera 2.

Quadro 8: Valores das velocidades inicial e final – colisão parcialmente elástica (50 %) entre duas esferas de massas diferentes.

Esfera	Velocidade inicial (v)	Velocidade final (v')
1	1.2 m/s	
2	0 m/s	

Fonte: Autores (2018).

Discuta em grupo

1. O que aconteceu com os valores das velocidades?

2. Calcule a quantidade de movimento do sistema antes da colisão, ou seja a quantidade de movimento inicial.

$$p_{inicial} = p_1 + p_2$$
$$p_{inicial} = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

3. Calcule a quantidade de movimento do sistema após da colisão, ou seja a quantidade de movimento final.

$$p_{final} = p_1 + p_2$$
$$p_{final} = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

4. Compare os valores obtidos nas questões 2 e 3.

5. Calcule o coeficiente de restituição (e) dessa colisão:

6. Com o coeficiente de restituição calculado classifique a colisão em:

- a) perfeitamente elástica;
- b) parcialmente elástica;
- c) inelástica.

CONSIDERAÇÕES

Nosso trabalho objetivou desenvolver e implementar uma sequência didática sobre o conteúdo conceitual colisões, numa perspectiva CTS, para isso partimos da temática colisões no trânsito, identificando conceitos físicos presentes em colisões reais do cotidiano. Para a elaboração da mesma utilizamos os pressupostos teóricos de Zabala (1998) e buscamos diferentes recursos de ensino para compor a mesma, nos alicerçando numa pluralidade metodológica.

Não podemos garantir que os alunos participantes aprenderam o conteúdo de Física trabalhado, colisões, visto que tal investigação não era foco desse trabalho, apesar de termos evidenciado indícios de aprendizagem dos conceitos de momento linear e colisões. No entanto, podemos dizer que a sequência didática implemetada apresenta um grande potencial pedagógico, visto que proporcionou aos alunos um ambiente de aprendizagem diferente do tradicional, favorecendo o desenvolvimento dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais como evidenciados nos resultados.

REFERÊNCIAS

BATISTA, M.C., CONEGLIAN, D. R., ROCHA, D.R., Interdisciplinaridade no ambiente escolar: uma possibilidade para formação integral no Ensino Fundamental. **Revista Pontes**, Paranaíba, v. 1, nº 1, 2018 p. 107-122.

NEVES, M. C. D. Memórias do invisível: uma reflexão sobre a história do ensino de Física e a ética da ciência. Maringá: LCV/ Liv. Bom livro, 1999.

PONCZEK, R.L. A polêmica entre Leibniz e os cartesianos: mv ou mv^2 ? Caderno Catarinense de Ensino de Física, vol. 3, 2000, p. 336-347.

RESQUETTI, S. O. Uma sequência didática para o ensino da radioatividade no nível médio, com enfoque na história e filosofia da ciência e no movimento CTS. **Tese de**

Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Centro de Ciências Exatas. Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2013.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.