

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

HENRIQUE GOULART DA SILVA URRUTH

Física e Segurança no Trânsito: um curso de física e educação para o
trânsito para jovens e adultos

Dissertação realizada sob a orientação da Profa. Dra. Maria Helena Steffani e do Prof. Dr. Fernando Lang da Silveira, elaborada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre

2014

RESUMO

A educação para o trânsito se mostra essencial quando se evidencia um número assustador de mortes e lesões em acidentes. Esta dissertação apresenta o planejamento e a aplicação de um curso de Física e Segurança no Trânsito direcionado a jovens e adultos, visando à educação para o trânsito a partir da introdução de alguns conceitos de Física. Planejado a partir das sequências didáticas fundamentadas na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, Joseph Novak, D. B. Gowin e M. A. Moreira: as UEPS - Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, disponibiliza-se um produto educacional, na forma de repositório digital, contendo os roteiros das aulas, guias de atividades e guia de apoio ao professor, além de sugestões de vídeos e *slides*, para livre reprodução, adaptação e aplicação.

Palavras-chave: Educação para o Trânsito; Física; Ensino de Jovens e Adultos; Aprendizagem Significativa; UEPS - Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.

ABSTRACT

The traffic education is essential when evidence shows a frightening number of deaths and injuries in accidents. This dissertation presents the design and implementation of a Physics Course and Traffic Safety targets young people and adults, aiming to traffic education since the introduction of some concepts of Physics. Planned from the didactic sequences based on the theory of meaningful learning of David Ausubel, Joseph Novak, D.B. Gowin and M.A. Moreira: the PMTU - Potentially Meaningful Teaching Units, offers up an educational product, in the form of digital repository, containing the scripts of classes, activities and support to guide teacher guides, as well as suggestions of videos and slides, for free reproduction, adaptation and application.

Keywords: Traffic Education; Physics; Education of Youth and Adults; Meaningful Learning; PMTU - Potentially Meaningful Teaching Units.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL.....	11
2.2. TEORIA DA EDUCAÇÃO DE NOVAK E MODELO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE GOWIN	14
2.3. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA DE MOREIRA.....	15
2.4. MAPAS MENTAIS E MAPAS CONCEITUAIS	16
2.5. UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS – UEPS	17
3. APLICAÇÃO DA PROPOSTA.....	21
3.1. COLÉGIO LA SALLE DORES	21
3.2. PLANEJAMENTO	22
3.3. DESCRIÇÃO DAS AULAS	26
3.3.1. AULA 1: LIMITES DE VELOCIDADE E FORÇA DE ATRITO	26
3.3.2. AULA 2: FORÇA DE ATRITO	31
3.3.3. AULA 3: DISTÂNCIAS DE FRENAGEM.....	36
3.3.4. AULA 4: DISTÂNCIAS DE FRENAGEM EM SITUAÇÕES REALISTAS	43
3.3.5. AULA 5: COLISÕES E QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR.....	48
3.3.6. AULA 6: ANÁLISE E RECONSTITUIÇÃO DE ACIDENTES DE TRÁFEGO.....	50
3.4. AVALIAÇÃO	54
4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
APÊNDICES	67
APÊNDICE 1 - CARTAZ DE DIVULGAÇÃO	69
APÊNDICE 2 - LISTA DE INSCRIÇÃO.....	70
APÊNDICE 3 – LISTA DE PRESENÇA.....	71
APÊNDICE 4 – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO PRELIMINAR	72
APÊNDICE 5 - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO CURSO.....	74
APÊNDICE 6 – TERMO DE CONSENTIMENTO	75
APÊNDICE 7 – CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO.....	76
APÊNDICE 8 – PLANEJAMENTO AULA 1	77
APÊNDICE 9 - PLANEJAMENTO AULA 2.....	79
APÊNDICE 10 - ATIVIDADE 1: COEFICIENTES DE ATRITO.....	80

APÊNDICE 11 - ATIVIDADE 2: COEFICIENTES DE ATRITO ENTRE PNEU E ASFALTO	82
APÊNDICE 12 - PLANEJAMENTO AULA 3.....	86
APÊNDICE 13 - ATIVIDADE 3: RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS.....	88
APÊNDICE 14 - LISTA DE EXERCÍCIOS AULA 3	89
APÊNDICE 15 - ATIVIDADE 4: CONSTRUÇÃO DE UM MAPA CONCEITUAL	93
APÊNDICE 16 - PLANEJAMENTO AULA 4.....	94
APÊNDICE 17 - ATIVIDADE 5: DETERMINAÇÃO DE TEMPOS DE REAÇÃO.....	96
APÊNDICE 18- ATIVIDADE 6: SITUAÇÃO-PROBLEMA DA FRENAGEM A 60 KM/H E A 65 KM/H	97
APÊNDICE 19 - PLANEJAMENTO AULA 5.....	98
APÊNDICE 20 - ATIVIDADE 7: RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS.....	99
APÊNDICE 21 - LISTA DE EXERCÍCIOS AULA 5	100
APÊNDICE 22 - PLANEJAMENTO AULA 6.....	104
APÊNDICE 23 – SLIDES UTILIZADOS NAS AULAS	106
ANEXOS	191
ANEXO 1 - COMO CONSTRUIR UM MAPA CONCEITUAL.....	193
ANEXO 2 - A DIFERENÇA ENTRE 60 KM/H E 65KM /H	195
MATERIAL INSTRUCIONAL.....	201

1. Introdução

A cada ano, no Brasil, o trânsito mata mais de 40.000 pessoas e fere mais de 500.000, das quais mais de 100.000 sofrem lesões graves e ficam com algum tipo de seqüela, segundo o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 2013).

A grande maioria dos acidentes de trânsito é causada por falha humana, ou seja, por erro, imperícia e/ou imprudência por parte dos condutores. Em muitos casos, o motorista negligencia fatores como condições da pista, distâncias mínimas requeridas para frenagem, limites de velocidade e uso de equipamentos de segurança, além da ingestão de drogas como o álcool, por exemplo, que diminuem as chances do condutor ter uma condução segura num veículo.

Este projeto tem como objetivo a educação para o trânsito a partir da introdução de alguns conceitos de Física, visando conscientizar o público em geral que tomar ou exigir atitudes seguras dos condutores pode salvar muitas vidas, as quais, ainda hoje, são ceifadas de maneira irresponsável em acidentes de trânsito. Exemplos disso podem ser encontrados diariamente em jornais, revistas, *sites* de notícias, rádio, televisão, etc.

Está previsto em lei que a inclusão da “educação para o trânsito” nos currículos dos ensinamentos fundamental, médio e superior é crucial:

“A educação para o trânsito será promovida na pré-escola e nas escolas de 1º, 2º e 3º graus, por meio de planejamento e ações coordenadas entre os órgãos e entidades do Sistema Nacional de Trânsito e de Educação, da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, nas respectivas áreas de atuação”.

(Lei nº 9.503/2007, CTB – Código de Trânsito Brasileiro. Art. 76, caput).

Valores como respeito ao ser humano já são suficientes para evitar grande parte dos acidentes e conflitos no trânsito. Entretanto, devem-se somar conhecimentos sobre ciência e legislação para que antigos vícios e maus hábitos relacionados ao trânsito parem de desperdiçar vidas nas estradas!

O conhecimento, por mais básico que seja sobre conceitos de física, pode ser útil para convencer pedestres, condutores, ou futuros condutores, a não negligenciar

as leis do trânsito e, inclusive, despertar a consciência dos perigos dos excessos de velocidade, por exemplo, que é o fator que mais causa acidentes com vítimas fatais.

Para contribuir no sentido de romper a ignorância sobre os perigos do trânsito e como evitá-los, disponibiliza-se um material para a realização de um curso, dirigido a alunos ou público geral, que tenham, pelo menos, conhecimentos básicos em Física. O curso consiste em aulas expositivas, enriquecidas com vídeos e atividades experimentais e de campo, que enfatizam questões de segurança no trânsito e estão embasadas em conceitos que envolvem conhecimentos de Cinemática, Força de Atrito, Leis de Newton, Trabalho e leis de conservação da Energia Mecânica e Quantidade de Movimento Linear.

O material desenvolvido se constitui de um produto educacional na forma de repositório digital, contendo um guia de apoio ao professor, roteiros de aulas e guias das atividades propostas.

Durante a pesquisa por projetos que relacionam Física e educação para o trânsito, foram encontrados *blogs* e *sites* na internet e alguns artigos nas principais revistas de ensino de Física do Brasil.

O artigo “A Física Utilizada na Investigação de Acidentes de Trânsito” (KLEER, THIELO e SANTOS, 1997), do Departamento de Física da FURG (Universidade Federal de Rio Grande), oferece um programa computacional: o IAT (Investigação de Acidentes de Trânsito), pertencente ao Projeto Desenvolvimento e Uso de Ferramentas Computacionais para o Aprendizado Exploratório de Ciências, que pode ser baixado pelo site do “ModelCiências”, portal do projeto de “Modelagem Computacional Semiquantitativa e Quantitativa na Educação em Ciências” do PSPPG - Plano Sul de Pesquisa e Pós Graduação do CNPq. O programa trata de alguns conceitos de Física, como coeficiente de atrito, distâncias de frenagem, colisões, raios de curvas e movimento de projéteis. Também propõe a construção de um aparelho para se medir atritos, consistindo basicamente de uma tábua com recortes de pneus automotivos que pode ser arrastada, possibilitando a determinação de coeficientes de atrito entre pneus e diferentes superfícies.

O livro “Trânsito e Educação: Itinerários Pedagógicos” (STEFFANI, 2002) apresenta diversas atividades em várias áreas de ensino; em particular o capítulo

“Nos Embalos do Trânsito e da Ciência”, de autoria da professora Maria Helena Steffani, do IF-UFRGS, mostra algumas ideias de atividades e relaciona alguns conceitos de Física, como Velocidade, Energia Cinética, distâncias de frenagem e tempos de reação, com educação no trânsito.

Um trabalho relacionado pode ser encontrado no site da “Associação Por Vias Seguras” - Educação Para a Segurança no Trânsito (VIAS SEGURAS, 2014) que disponibiliza uma apostila com 15 aulas com temas relacionados à educação no trânsito em diversas áreas do conhecimento. Dessa apostila, duas aulas são relacionadas à Física, contendo alguns tópicos sobre velocidades, distâncias de parada, colisões e sistemas de proteção.

Consultas ao “Manual de Direção Defensiva” do DENATRAN (VIAS SEGURAS, 2014), que contém dicas de condutas e medidas de segurança no trânsito e ao Código de Trânsito Brasileiro – CTB (Lei nº 9.503/2007), também serviram de fontes para a idealização do material.

A EPTC – Empresa Pública de Transporte e Circulação do município de Porto Alegre - possui um curso gratuito chamado “Capacitação para Multiplicadores de Educação para o Trânsito”, dirigido à comunidade em geral, a professores e educadores, com o propósito de disseminar uma mudança de comportamento dos usuários (EPTC, 2014); objetivo muito semelhante ao deste projeto.

É de importante destaque o fato de que existem diversos trabalhos de educação para o trânsito indicados para as séries iniciais. Entretanto, poucos são os trabalhos direcionados para os ensinos médio e superior, onde se encontra a maior parte dos condutores causadores de acidentes e das vítimas do tráfego: jovens e adultos entre 18 e 25 anos (DENATRAN, 2014).

Nesta perspectiva, com o objetivo de contribuir para o ensino de Física e para a formação de pessoas educadas e prudentes no trânsito, a partir da cooperação e disseminação de conhecimentos técnicos científicos por professores e possíveis colaboradores, disponibiliza-se um material, para livre reprodução, adaptação e aplicação, que poderá ser utilizado no Ensino Médio, na Educação de Jovens e Adultos e em cursos técnicos de formação de condutores. Trata-se basicamente de um conjunto de seis aulas, nas quais os conteúdos de Física são relacionados e

discutidos sob a ótica de situações reais de trânsito de veículos e pessoas. O produto educacional é disponibilizado na forma de repositório digital em CD-ROM e encontra-se em anexo.

O próximo capítulo descreve, de maneira sucinta, a fundamentação teórica norteadora do projeto, que utiliza a metodologia das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS (MOREIRA, 2014), alicerçada nas teorias de David Ausubel (AUSUBEL, 1973), Joseph Novak (NOVAK, 1981), D. B. Gowin (GOWIN, 1981) e M. A. Moreira (MOREIRA, 2010).

No capítulo 3, após breve contextualização da escola onde o projeto foi aplicado, apresenta-se o planejamento e o programa previsto para o curso, a descrição comentada das aulas ministradas e, na sequência, a avaliação dos participantes do projeto na busca por evidências de aprendizagem.

O capítulo 4 traz as conclusões e as considerações finais acerca de toda aplicação do projeto, discutindo-se as dificuldades enfrentadas durante as aulas, no intuito de proporcionar à comunidade educadora um uso mais adequado do produto educacional disponibilizado.

2. Referencial Teórico

A metodologia do projeto foi desenvolvida a partir das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS, que são sequências didáticas que têm como objetivo o desenvolvimento de unidades de ensino que facilitem a aprendizagem significativa.

Assim, a fundamentação teórica das UEPS (MOREIRA, 2014) está principalmente marcada pela teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (AUSUBEL, 1973) e também pelas teorias de educação de Joseph Novak (NOVAK, 1981) e de D. B. Gowin (GOWIN, 1981), e pela teoria da aprendizagem significativa crítica de M. A. Moreira (MOREIRA, 2010).

2.1. Aprendizagem Significativa de Ausubel

A aprendizagem significativa é o conceito central da teoria de David Ausubel (MOREIRA; MASINI, 2006). É um processo através do qual um novo conceito, um novo conhecimento, uma nova informação se relaciona e se conecta com a estrutura cognitiva do indivíduo.

A aprendizagem significativa se dá quando o aprendiz armazena de forma organizada um determinado conjunto de informações, integrando os novos conceitos, conhecimentos, etc., em sua estrutura cognitiva pré-existente. Estrutura cognitiva é todo o complexo organizado de ideias de um indivíduo, com estruturas hierarquizadas de conceitos e informações.

O processo de aprendizagem envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica pré-existente na estrutura cognitiva do aprendiz: o *subsunção*.

Os conceitos subsunçores são essenciais para a aprendizagem, pois servem de ancoragem para novos conhecimentos. É através deles que o aprendiz consegue relacionar novos conceitos com os já existentes em sua estrutura cognitiva. Este processo de conexão faz com que o conceito subsunçor se transforme, tornando-se maior e cada vez mais enraizado no indivíduo. Com isso, o indivíduo também se torna cada vez mais capaz de aprender, tornando o processo de aprendizagem significativa cada vez mais eficiente.

Portanto, o fator mais relevante para o processo de aprendizagem, segundo Ausubel, é o que o aluno já sabe! O que existe na mente do indivíduo é determinante no que ele será capaz de aprender e essencial para adquirir novos conhecimentos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

O papel do professor, neste caso, se encontra em desenvolver atividades que façam os alunos se expressarem, para, então, ensinar de acordo com o que eles já sabem. Uma das técnicas pedagógicas utilizadas no curso para tal fim é a da construção de mapas mentais em turma.

Além de estruturar hierarquicamente a matéria de ensino e identificar quais os conceitos subsunçores relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, o professor deve investigar aquilo que os alunos já sabem e, a partir da interação com um material instrucional potencialmente significativo, ele deve auxiliar os alunos na assimilação da estrutura do conhecimento dado e na organização da estrutura cognitiva individual (MOREIRA, 2011).

Quando uma informação ou conceito é recebido pelo aprendiz, mas não se conecta com algum conceito subsunçor, diz-se, então, que o indivíduo está em processo de aprendizagem mecânica. A nova informação se incorpora de maneira arbitrária à estrutura cognitiva.

Embora a aprendizagem mecânica não deva ser instigada, ela pode ser útil do ponto de vista que, futuramente este conhecimento pode ir se tornando relevante cognitivamente para o indivíduo. Utilizando-se de recursos didáticos diversificados e bem estruturados, conforme a estrutura cognitiva do aprendiz for se desenvolvendo a partir das atividades e situações-problema propostas, os subsunçores podem ir englobando estes conceitos mecânicos, antes simplesmente decorados e sem conexão, tornando-os significativos.

Se os alunos não possuírem subsunçores relevantes para a aprendizagem de certo conhecimento, é possível promover o desenvolvimento de conceitos subsunçores a partir do uso de organizadores prévios (MOREIRA, 2008). Eles servem de âncora para novas aprendizagens, fomentam o desenvolvimento de conceitos subsunçores e facilitam a aprendizagem significativa.

Deve-se unir um material potencialmente significativo com uma didática bem planejada que sejam capazes de proporcionar ao aluno uma aprendizagem significativa, onde o que deve ser aprendido seja relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, que deve ter os subsunçores adequados e vontade de aprender.

A maioria dos novos conceitos é adquirida mediante assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

A assimilação é o processo de ancoragem que ocorre quando um novo conceito, potencialmente significativo, é reconhecidamente relacionado e ancorado por um conceito subsunçor.

A recombinação dos elementos pré-existentes na estrutura cognitiva do indivíduo assim que um novo conhecimento ou conceito for adquirido, se chama diferenciação progressiva. Ou seja, é a transformação do conceito subsunçor a partir da assimilação.

Assim que novas informações vão sendo internalizadas pelo aprendiz, num processo de interação e ancoragem, os subsunçores vão se modificando e se reorganizando, adquirindo novos significados. Este rearranjo vai organizando de maneira hierárquica os conceitos. Este processo se chama reconciliação integrativa, que também é uma forma de diferenciação progressiva.

Os conceitos de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa são de grande utilidade do ponto de vista instrucional, pois eles indicam que um material potencialmente significativo deve seguir uma sequência organizada e estruturada de conceitos mais gerais e ir progressivamente para mais específicos, além de seguir uma ordem crescente de dificuldade, tanto nas instruções quanto nas atividades e situações-problema propostas. Além disso, devem-se explorar relações entre os conceitos, apontando as similaridades e as diferenças relevantes entre eles e reconciliando discrepâncias entre os conhecimentos mais específicos e os mais gerais.

Claro que se deve respeitar um ritmo moderado de trabalho para que o novo conhecimento se consolide na estrutura cognitiva do aprendiz. Obviamente que cada indivíduo tem um tempo diferente para que a consolidação ocorra. Mesmo assim, o

professor deve acompanhar de perto as evidências da aprendizagem e propor atividades coerentes tanto em nível de complexidade quanto num ritmo que fomente a aprendizagem significativa, em contrapartida da aprendizagem mecânica.

2.2. Teoria da Educação de Novak e Modelo de Ensino e Aprendizagem de Gowin

Sobre a teoria da educação de Novak, cabe destacar que, após os trabalhos de Ausubel, foi Novak, discípulo de Ausubel, quem ficou responsável por dar continuidade e refinar a teoria da aprendizagem significativa.

Novak propõe uma ideia mais ampla, mais abrangente à teoria da aprendizagem significativa. Ele parte da ideia de que a educação é um conjunto de experiências cognitivas, afetivas e psicomotoras que contribuem para o crescimento pessoal do indivíduo, engrandecendo sua capacidade em lidar com situações diversificadas (NOVAK, 1981).

É relevante reconhecer que humanos são seres complexos capazes de pensar, sentir e atuar. O processo educativo é uma ação de troca de significados e sentimentos entre aluno e professor, que também envolvem conhecimentos e contexto social. O objetivo desta interação é a aprendizagem significativa.

Um evento educativo envolve, portanto, cinco elementos: aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação. No processo de ensino, o “professor apresenta ao aluno significados que são aceitos como válidos em um determinado contexto, que são compartilhados por uma comunidade de usuários. O aluno, de alguma maneira, externaliza os significados que está captando” (MOREIRA, 2011).

Ele também destaca que, para que ocorra aprendizagem significativa, o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender – ligada diretamente com experiência afetiva vivenciada durante o evento educativo –, que o material de aprendizagem seja potencialmente significativo e que o conhecimento seja relevante, dentro do contexto social local.

Acerca do modelo de ensino aprendizagem de Gowin (GOWIN, 1981), destaca-se como ideia principal a relação professor-aluno-material educativo. A educação se faz a partir do compartilhamento de significados entre o professor, aprendiz e material didático.

O processo de ensino-aprendizagem é bem sucedido quando o significado do material captado pelo aluno entra em concordância com o significado pretendido pelo professor.

O papel do professor, além de proporcionar um ambiente interativo propício para o compartilhamento de significados, implica em utilizar materiais educativos adequados, atuar de maneira intencional na mudança de significados da experiência do aluno e de verificar se os significados captados pelos alunos são os compartilhados pela comunidade de usuários.

Já ao aluno, implica que ele, além de manifestar disposição para se relacionar, deve externalizar - devolver ao professor - os significados que captou, sendo o responsável pela aprendizagem significativa, que não pode ser compartilhada pelo professor. Ao compartilhar significados, o aluno estará apto para decidir se quer aprender significativamente ou não.

2.3. Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira

A aprendizagem significativa crítica de M. A. Moreira (MOREIRA, 2010) é uma perspectiva que permite ao sujeito estar inserido em uma cultura, além de ter uma postura crítica em relação às atividades de seu grupo social, tendo autonomia para lidar com a mudança sem ser dominado por ela. Assim, o indivíduo aprende significativamente e se torna mais autônomo e mais capaz de acompanhar, usufruir e desenvolver tecnologia, reconhecendo que o conhecimento é uma construção humana, com linguagem metafórica, e que a ciência é uma representação do mundo que o cerca.

A facilitação da aprendizagem significativa crítica vem a partir da interação social e do questionamento. Ou seja, a interação professor aprendiz deve ser feita de maneira a fomentar questionamentos ao invés de respostas. O ensino deve ser centrado na interação entre professor e aluno, enfatizando o intercâmbio de perguntas. Uma das evidências da aprendizagem é a capacidade de formular questões apropriadamente relevantes.

O processo de aprendizagem deve ser conduzido a partir de diversificados materiais instrucionais e de diversificadas estratégias de ensino, que impliquem na

participação ativa do estudante e no fomento ao intercâmbio de questionamentos, com um ensino centralizado no aluno.

O professor deve reconhecer que o aprendiz é um perceptor que tem sua particular visão e representação de mundo (e própria interpretação da natureza), percebendo de maneira única o que lhe é ensinado. Com isso, o tutor estará sempre lidando com (diferentes) percepções (prévias) dos alunos acerca dum novo conhecimento (MOREIRA, 2011).

Aprender de maneira significativa é aprender uma nova linguagem particular técnica específica de maneira substantiva, não arbitrária. É internalizar uma gama de símbolos, procedimentos, instrumentos e palavras, e reconhecer, de maneira crítica, tudo isso como uma nova maneira de perceber o mundo.

2.4. Mapas Mentais e Mapas Conceituais

A utilização de mapas conceituais consiste numa técnica que enfatiza o uso de conceitos e relações entre conceitos, à luz dos princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Mapas conceituais são diagramas que relacionam conceitos. São diagramas de significados, de relações significativas, de hierarquias conceituais (MOREIRA, 2005).

Não existe, a rigor, uma regra específica para a construção de mapas conceituais. Basta que exista uma diferenciação entre os conceitos mais gerais, ou mais importantes, com os conceitos mais específicos, secundários. Pode-se representar dentro de elipses os conceitos mais importantes e dentro de retângulos os secundários, por exemplo. Outro fator importante é a organização do diagrama, de forma que os conceitos possuam uma ligação.

Mapas conceituais são poderosas ferramentas para evidenciar significados atribuídos a conceitos e suas inter-relações no contexto de uma área do conhecimento, de uma disciplina, de uma matéria de ensino específica, expondo o ponto de vista do aprendiz, que deve ser capaz de se expressar de forma articulada e organizada, assim como deve ser capaz de explicar o significado da relação entre os conceitos ligados.

Eles podem ser usados como instrumentos de avaliação da aprendizagem, pois possibilitam a visualização da organização conceitual do aprendiz relacionada a um conhecimento.

Como a estrutura cognitiva do aprendiz está constantemente se reestruturando durante o processo de aprendizagem significativa, deve-se observar se todo o ato de ensino está tendo êxito, refletindo numa conseqüente evolução nos mapas conceituais produzidos em diferentes etapas do curso.

Um detalhe interessante é de que não existe um mapa certo ou um mapa errado. Um mapa conceitual é uma representação particular (pessoal) da estrutura de conceitos e de suas inter-relações. O professor, portanto, não deve julgar certo ou errado, ele deve analisar de forma qualitativa, procurando evidências de que se o aluno está ou não aprendendo significativamente o conteúdo abordado.

2.5. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS

Dos princípios norteadores das UEPS (MOREIRA, 2014), destacam-se os mais relevantes:

- O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa - Ausubel.
- Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa - Novak.
- É o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento – Ausubel e Gowin.
- Organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios.
- Situações-problema podem funcionar como organizadores prévios.
- A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino - Ausubel.

- A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva.
- O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados por parte do aluno - Gowin.
- Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino - Gowin.
- A aprendizagem deve ser significativa crítica, não mecânica - Moreira.
- A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias educacionais, pelo abandono da narrativa em favor do ensino centrado no aluno - Moreira.

A partir dos princípios norteadores e de toda gama teórica que os fundamenta, a proposta didática de UEPS possui alguns passos sequenciais:

1. Definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos principais, assim como a organização hierárquica conceitual.
2. Criar/propor situações que levem o aluno a externalizar seu conhecimento prévio supostamente relevante para a aprendizagem significativa do assunto em pauta. Isto pode ser feito a partir de mapas mentais, mapas conceituais, discussões em grupo a partir de perguntas norteadoras, situações-problema, questionários, etc.
3. Propor situações-problema de nível introdutório, a partir do que for apresentado no item anterior, servindo de preparação para a introdução ao novo conhecimento. Este pode ser o momento de se utilizar um organizador prévio. Aqui se podem utilizar simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, propagandas, reportagens, problemas clássicos da matéria de ensino, etc.
4. Apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, começando com aspectos mais gerais, a partir de uma

visão mais geral do conteúdo e, sistematicamente, de forma hierarquizada e organizada, ir abordando aspectos mais específicos e mostrando exemplos. Pode ser feita na forma de breve exposição oral e seguida de uma atividade colaborativa em turma ou em pequenos grupos.

5. Assim que for pertinente, devem-se retomar os aspectos mais gerais, estruturantes, do conteúdo da unidade de ensino, mas, agora, com nível mais aprofundado. Pode ser feita a partir de exposição oral, textos, artigos, etc. Propor atividades com nível cada vez mais aprofundado, a partir de exemplos e situações-problema mais específicas. Deve-se, também, destacar semelhanças e diferenças relativas às atividades e situações anteriormente apresentadas, promovendo uma reconciliação integradora.

6. Fazer a conclusão da unidade e dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva, retomando as características mais relevantes do conteúdo. Independentemente da atividade, deve-se buscar uma reconciliação integrativa e trabalhar com situações-problema de mais alta complexidade, de acordo com o nível de exigência do público alvo. As atividades devem ser colaborativas, fomentando uma participação mais ampla, em nível de grande grupo, sempre mediadas pelo docente.

7. A avaliação da aprendizagem deve ser feita ao longo de sua implementação, a partir do registro de todas as evidências de aprendizagem significativa. Deve-se fazer pelo menos uma atividade avaliativa individual. Propor questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem a captação de significados e alguma capacidade de transferência. Pode-se propor, também, a construção de mapas mentais e/ou mapas conceituais individuais, em dupla ou em pequenos grupos de três ou quatro integrantes.

8. Uma UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema).

3. Aplicação da Proposta

No presente capítulo, após discorrer sobre a história e missão pedagógica da escola onde projeto foi aplicado, são apresentados o planejamento e a descrição das aulas que compõem o curso Física e Segurança no Trânsito, objeto educacional do presente trabalho. O capítulo finaliza com uma discussão sobre o processo de avaliação da aplicação desse projeto.

3.1. Colégio La Salle Dores

O presente projeto foi aplicado no Colégio La Salle Dores, que é uma escola da rede privada, localizada na Rua Riachuelo, 800, no Centro Histórico da cidade de Porto Alegre – RS.

Fundado em 3 de fevereiro de 1908, o colégio faz parte de uma grande rede de instituições: a Rede La Salle, que está direcionada para o desenvolvimento integral da pessoa e a transformação da sociedade, através de uma educação humana, cristã e solidária, com a permanente busca pela excelência acadêmica e qualificação pedagógica.

Presente no Brasil desde 1907, a Rede La Salle integra a Província La Salle Brasil-Chile, unidade administrativa do Instituto dos Irmãos das Escolas Cristãs, cuja missão religiosa e educacional foi inaugurada por São João Batista de La Salle em 1623 e, desde então, espalhou-se pelo mundo (LASALLE).

Atualmente, atuam nas Comunidades Educativas e Assistenciais da Rede La Salle, no Brasil, mais de 200 Irmãos Lassalistas e 3 mil educadores, que acolhem mais de 60 mil estudantes, em todos os níveis de ensino, em 10 estados e no Distrito Federal.

O Colégio La Salle Dores, em Porto Alegre, atende cerca de 1.000 estudantes desde a Educação Infantil até o Ensino Médio. Por sua localização central, reúne estudantes de todos os bairros da Capital, fato que propicia um multiculturalismo que é essencial ao desenvolvimento integral dos educandos, formando uma identidade própria com pluralismo e autenticidade.

O Colégio oferece Educação Infantil, Ensino Fundamental, Ensino Médio e Turno Integral e dispõe de uma infraestrutura de 6.000m² com Ginásio Poliesportivo, grama sintética, playground e áreas de convivência. O espaço físico é muito bem distribuído, contemplando quadras e praças poliesportivas, cantina, salas multidisciplinares, sala de música, salas com recursos audiovisuais, auditório para até 250 pessoas, laboratórios de ciências e informática, capela, biblioteca, além das salas dos departamentos e de salas de aula climatizadas, que são equipadas com quadros negros, ventiladores, cadeiras e mesas, muito bem conservados.

O projeto pedagógico está comprometido com a causa da educação, num modo de educar que centraliza a atenção na pessoa, procurando formar integralmente alunos inspirados na espiritualidade e na pedagogia de São João Batista de La Salle.

3.2. Planejamento

O curso Física e Segurança no Trânsito foi programado para seis encontros com duração de três períodos cada, totalizando cerca de dezoito horas, e realizado no período de 28 de outubro a 12 de novembro de 2013.

Cerca de três semanas antes do início do curso, fez-se uma divulgação oral nas turmas de segundo e terceiro anos do Ensino Médio e fixaram-se cartazes nos corredores da escola (APÊNDICE 1). Como a participação era voluntária, deixou-se uma lista (APÊNDICE 2) para interessados, em cada turma, sendo a mesma recolhida na última semana antes da primeira aula.

O curso foi planejado para alunos a partir do segundo ano do Ensino Médio, pois já possuem conhecimentos básicos de Cinemática, Dinâmica e Leis de Conservação de Energia e Quantidade de Movimento, que geralmente são vistos durante o primeiro ano.

Quanto ao número de participantes, o ideal seria uma turma com cerca de 20 integrantes e, de preferência, do 3º ano do Ensino Médio, pois estão próximos da idade mínima para o ingresso num curso de formação de condutores e receber a permissão para dirigir.

Os recursos básicos de infraestrutura exigidos para a aplicação do curso foram: sala de aula com mesas e cadeiras, um computador com projetor multimídia e quadro negro (e giz) ou branco (e marcadores).

Foram adquiridos materiais para a realização das atividades demonstrativas e experimentais previstas ao longo do curso. A Tabela 1 mostra a relação dos recursos financeiros investidos na aquisição desses materiais. Exceto as impressões e cópias distribuídas aos participantes, todos os outros itens são materiais permanentes que podem ser utilizados em diversas aplicações do curso.

Tabela 1: Relação dos materiais e recursos investidos na aplicação do curso.

MATERIAL	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
Dinamômetro (20N)	8	25,00	200,00
Tijolo	16	1,00	16,00
EVA, borracha, papel e tecido "TNT".	16 (4 de cada)	1,00	16,00
Fita Adesiva	3	0,50	1,50
Rolo de Corda	1	2,00	2,00
Balança Tipo Peixeiro (12 kg)	1	10,00	10,00
Réguas (30 cm)	8	0,50	4,00
Trena (5 m)	1	15,00	15,00
Impressões e Cópias	600	0,10	60,00
TOTAL (R\$)	324,50		

As aulas foram divididas e organizadas em tópicos, apresentando as discussões com graus crescentes de dificuldade, com diversificadas metodologias, respeitando um ritmo compatível com o nível dos participantes e proporcionando um ambiente de fomento à aprendizagem significativa.

Foi elaborado um questionário com perguntas pertinentes ao tema do curso (APÊNDICE 4) para ser aplicado na primeira e na última aula. O registro de frequência dos alunos foi feito através do controle de lista de presença (APÊNDICE 3). Também foram elaborados um termo de consentimento (APÊNDICE 6) de uso de imagens e vídeos para fins acadêmicos e um certificado (APÊNDICE 7) para os participantes que atingissem frequência mínima de 75%.

A primeira aula (APÊNDICE 8) foi programada para se fazer uma introdução ao curso, uma avaliação preliminar, discussão sobre causas de acidentes, limites legais e excessos de velocidade, além da introdução e apresentação qualitativa acerca da força de atrito entre superfícies.

Os objetivos da primeira aula são: reconhecer os problemas relacionados ao trânsito nos contextos social, científico-tecnológico e educacional, identificar o excesso de velocidade como fator determinante e principal causa de acidentes fatais no trânsito, conhecer os limites legais de velocidades para cada tipo de via, e descrever qualitativamente a força de atrito.

A segunda aula (APÊNDICE 9) se programou para que, a partir de duas atividades experimentais, se discutisse mais aprofundadamente a força de atrito entre superfícies, assim como a determinação de coeficientes de atrito cinético e estático entre blocos e pneus com superfícies em diferentes condições.

Ao término desta aula, espera-se que os participantes saibam descrever qualitativamente e quantitativamente a força de atrito, além de determinar coeficientes de atrito entre superfícies.

A terceira aula (APÊNDICE 12) foi prevista para se discutir a determinação de distâncias de frenagem a partir do teorema trabalho-energia mecânica, comparando frenagens automotivas com e sem derrapagens, com e sem freios ABS, além da resolução de uma lista de exercícios de vestibulares e ENEM relacionados ao tema.

Ao final desta aula, espera-se que os participantes saibam determinar distâncias de frenagem em situações com e sem derrapagem, reconhecer a energia cinética como a energia associada ao movimento de um corpo, entender a relação entre a aplicação de uma força durante um deslocamento e a variação da energia mecânica, desenvolver a habilidade na resolução de problemas físicos, entender a construção de mapas conceituais e relacionar de maneira coerente os conceitos vistos nas aulas anteriores a partir da construção de um mapa conceitual.

A quarta aula (APÊNDICE 16) foi programada para a discussão acerca de distâncias de parada em situações de tráfego mais realistas quando comparadas à aula anterior, adicionando-se a discussão sobre tempos de reação e comparando-se

frenagens com e sem derrapagem, além da proposta de resolução de uma situação-problema envolvendo a diferença nas distâncias de parada para um automóvel a 60 km/h e outro a 65 km/h.

Os objetivos desta aula são: determinar distâncias de parada em situações com e sem derrapagem, determinar tempos de reação, comparar tempos de reação em situações esperadas e com distrações e desenvolver a habilidade na resolução de problemas físicos.

A quinta aula (APÊNDICE 19) abordou tópicos sobre a quantidade de movimento linear e tipos de colisões, além da resolução de problemas sobre colisões a partir da conservação da quantidade de movimento linear total.

Ao término desta aula, os participantes devem saber associar as grandezas massa e velocidade com a Quantidade de Movimento Linear de um móvel, reconhecer a conservação da Quantidade de Movimento Linear como ferramenta para resolução de problemas físicos envolvendo colisões, diferenciar colisões elásticas e inelásticas e desenvolver a habilidade na resolução de exercícios.

Na sexta aula (APÊNDICE 22), programaram-se a apresentação de vídeos sobre testes de segurança automotiva (os *crash tests*), discutindo-se sobre a correta utilização de itens de segurança, e a uma análise e reconstituição completa de um acidente de trânsito.

Ao término desta última aula, os participantes deverão atingir os seguintes objetivos: reconhecer, analisar e aplicar corretamente as leis físicas utilizadas no trabalho de reconstituições periciais de acidentes de trânsito, aplicar o teorema que relaciona o trabalho de uma força e a energia mecânica de um corpo para estimar velocidades a partir de distâncias de frenagem, aplicar o teorema da conservação da quantidade de movimento linear total para estimar valores de velocidades antes e/ou após colisões, utilizar tempos de reação compatíveis com situações reais no trânsito e aprimorar a habilidade na resolução de problemas físicos.

Criou-se um grupo na rede social *Facebook* (FACEBOOK), chamado “CURSO DE FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO - LaSalle Dores” (disponível no endereço <<https://www.facebook.com/groups/1383208528586553/>>, acessado em

27/09/2014), para a comunicação, divulgação e compartilhamento de informações, notícias e materiais extras durante a aplicação do curso.

A avaliação da aprendizagem se fez de forma contínua e qualitativa, a partir do preenchimento de um questionário (APÊNDICE 4), aplicado na primeira e na última aula, com perguntas relacionadas ao assunto principal como: Por que respeitar os limites de velocidade? Como a Física pode ajudar a evitar acidentes de trânsito?

Além disso, fez-se uma breve análise qualitativa, a partir dos mapas mentais, das resoluções das situações-problema e exercícios e dos mapas conceituais produzidos durante o curso, na procura de evidências de aprendizagem significativa.

3.3. Descrição das Aulas

Conforme a disponibilidade da escola e dos alunos, o curso ocorreu nas segundas e terças-feiras à tarde, turno inverso das aulas regulares, nas datas de 28 e 29 de outubro, 4, 5, 11 e 12 de novembro de 2013.

O grupo de inscitos foi composto por onze alunos das turmas de segundo ano do Ensino Médio e somente quatro participantes do terceiro ano, totalizando 15 participantes assíduos que receberam certificado de participação (APÊNDICE 7) ao final de todas as aulas.

3.3.1. Aula 1: Limites de Velocidade e Força de Atrito

A primeira aula se iniciou com a apresentação do curso, explicando-se os motivos de sua aplicação. Foram dadas as orientações sobre o cronograma previsto e sobre o andamento das aulas. Destacou-se o fato de que um curso, geralmente, tem um ritmo mais intenso do que o de aulas regulares, sendo, portanto, necessária a colaboração e atenção constante de todos do início ao fim das aulas.

Fez-se uma conferência dos participantes presentes a partir da lista de presença (APÊNDICE 3). Entregou-se o termo de consentimento (APÊNDICE 6) do uso de imagens e vídeos para fins acadêmicos, para preenchimento e assinatura em duas vias.

Entregou-se o questionário de avaliação preliminar (APÊNDICE 4) para uma sondagem do conhecimento dos participantes relativo ao trânsito em diferentes situações. O objetivo do questionário de avaliação preliminar é o de investigar conhecimentos prévios sobre as principais causas de acidentes no trânsito, o comportamento físico de um automóvel em diferentes situações, os sistemas de segurança automotiva, as atitudes de um condutor em diferentes situações e sobre a legislação vigente.

Após o recolhimento dos questionários, iniciou-se uma apresentação, guiada por *slides* (APÊNDICE 23), com notícias e informações atuais sobre o impacto social dos acidentes de trânsito no país e no mundo. Durante a exposição das projeções, alguns alunos contribuíram dizendo que tinham conhecidos, amigos e parentes que haviam se envolvido em acidentes. Em especial, destaco o relato de uma das participantes que sobrevivera a dois acidentes graves.

A sequência de *slides* trás à tona a realidade dos números impactantes dos acidentes e das mortes no trânsito, enfatizando o impacto social e econômico decorrente deste tema. Devem-se aproveitar os fatos citados e pedir para que relatem acontecimentos.

Importante enfatizar o papel do professor nesta etapa que deve ser o de instigador das participações e contribuições, tendo a sensibilidade de captar os significados expostos e o de fomentar questionamentos, levantando os possíveis causadores e as diversas consequências dos ocorridos.

Um fato que surgiu a partir do relato de um dos participantes foi o de ter se envolvido em uma colisão entre dois automóveis e de ter sofrido apenas ferimentos leves. Deve-se aproveitar a oportunidade de levantar o contexto da situação (saída de festa, quem era o condutor, condições do local, dos veículos e dos condutores, etc.) e de perguntar sobre possíveis consequências (se os passageiros estivessem com ou sem o cinto de segurança, se o asfalto estivesse molhado, a possibilidade de envolvimento de outras pessoas inocentes, se um dos automóveis estivesse em alta velocidade, o que poderia ter sido feito para evitar o acidente, etc.).

Logo após, fez-se uma discussão e levantamento das principais causas de acidentes de trânsito, buscando identificar o excesso de velocidade como fator determinante de acidentes com vítimas no trânsito.

A discussão foi motivada por perguntas como: quais as principais causas de acidentes de trânsito? Qual fator ou causa é o maior responsável por acidentes fatais? O que se pode fazer para evitá-los?

Todos os fatores e causas levantados durante a discussão foram anotados e organizados em um mapa mental no quadro negro, de forma que todos pudessem participar e acompanhar a construção de forma ativa.

O mapa mental teve como tema central as causas de acidentes de trânsito. Em torno deste tema, todas as ideias que surgiram foram sendo anotadas, conforme mostrado na figura 1.



Figura 1: Mapa mental construído a partir do levantamento de ideias acerca das causas de acidentes de trânsito.

É importante identificar entre todas as possíveis causas de acidentes de trânsito as altas velocidades como fator determinante na gravidade dos acidentes. O professor deve aproveitar todos os fatos levantados durante as discussões e argumentar de forma a convergirem a este consenso, fazendo isso a partir de questionamentos do tipo: “o que aconteceria se os automóveis estivessem com

velocidades maiores?” Geralmente a resposta que surge sobre este questionamento é a de que “daí todos os envolvidos provavelmente morreriam”.

Após a construção do mapa e a reflexão sobre os excessos de velocidade, foram apresentados os limites legais coerentes com cada tipo de via previstos pelo Código de Trânsito Brasileiro - CTB, assim como as respectivas penalidades para as infrações.

Após um breve intervalo para um lanche, foi apresentado um vídeo do programa “Fantástico” do dia 9/10/2012 (disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=Pilaw_jRXmQ>, acessado em 27/09/2014) que levanta diversas questões sobre estatísticas e causas de acidentes, e algumas dicas de direção defensiva.

O vídeo enfatiza e reforça o fato de que a grande maioria dos acidentes acontece em pistas em bom estado de conservação e em retas, quando o motorista acaba abusando da velocidade, não cumprindo as regras de segurança no trânsito!

Enfatizou-se que o condutor é o responsável pelo veículo, pelos passageiros e pela segurança também das pessoas de fora do veículo, pois ele tem acesso aos controladores de velocidade: o pedal acelerador, o pedal de freio e o volante, capazes de controlar o movimento do veículo.

Este momento se torna muito propício para se fazer um levantamento de quem já sabe dirigir, quem já tem carteira de motorista, ou quem está fazendo o curso de formação de condutores.

Após estes questionamentos, levantou-se a questão de que todas as formas de controle de um veículo dependem do atrito dos pneus com a pista.

A partir deste ponto, fez-se uma apresentação sobre força de atrito, guiada por *slides* (APÊNDICE 23), com o objetivo de mostrar a diferença entre os dois tipos de atritos: estático e dinâmico (ou cinético).

A apresentação começou mostrando diversas imagens relacionadas ao tema, e, na sequência, foram formuladas algumas perguntas norteadoras como: a força de atrito depende do contato entre as superfícies? A força de atrito depende da força de

contato entre as superfícies? Depende dos tipos e das áreas de contato entre as superfícies? Ela depende do fato de existir derrapagem ou não?

Estes questionamentos são extremamente importantes para identificar o que os alunos já sabem sobre o tema, ou simplesmente revelar ao professor as concepções prévias acerca do assunto, além de servirem como organizadores prévios, para que as próximas atividades se desenvolvam de acordo com o conhecimento apresentado pelos participantes, possibilitando um aprendizado mais significativo.

Após uma breve apresentação sobre atrito cinético e estático, fez-se uma atividade de identificação de forças sobre blocos em diferentes situações idealizadas.

Logo após, foi feita uma atividade de resolução de questões conceituais sobre força de atrito com a utilização de cartões de resposta (figura 2).



Figura 2: Cartões de resposta utilizados na resolução de questões conceituais sobre força de atrito.

As questões conceituais foram discutidas a partir da seguinte dinâmica:

- O professor apresenta e lê uma questão aos alunos que, individualmente, optam por uma das alternativas apresentadas e levantam o cartão indicando a correta.
- Se apresentarem, em grande maioria, a resposta correta, o professor discute rapidamente a questão e explica a alternativa correta, podendo passar para a próxima questão.
- Se apresentarem respostas diversas, abre-se um momento para discussão, entre os próprios participantes, de preferência que tenham escolhido uma alternativa diferente, sobre qual alternativa é, então, a correta.

- Após a discussão, um novo momento para levantarem os cartões é oferecido. Geralmente, neste instante, a tendência é de cada vez mais alunos levantarem cartões com a resposta correta.



Figura 3: Alunos participando na resolução de situações-problema com o uso de cartões de resposta.

Esta dinâmica é muito lúdica, pois além de propiciar a argumentação e de proporcionar a exposição e compartilhamento de significados, também fomenta uma inter-relação entre alunos, professor e material didático.

Conforme o andamento e o respectivo acompanhamento da turma, somente quatro situações-problema, das oito previstas, foram discutidas. Mesmo assim, esta etapa foi muito produtiva.

3.3.2. Aula 2: Força de Atrito

A segunda aula se iniciou com uma retomada resumida dos tópicos discutidos na aula anterior, principalmente o fator do excesso de velocidade como causador de acidentes fatais, além de que, no Brasil, mais de quarenta mil pessoas morrem todos os anos em acidentes de trânsito, equivalente ao número de pessoas num estádio de futebol lotado.

Foram retomados os tópicos vistos sobre força de atrito no final da aula anterior. Novamente foram mostradas diversas imagens (APÊNDICE 23) relacionadas ao tema e apresentadas algumas perguntas norteadoras como: a força de atrito depende do contato entre as superfícies? Alguns comentários sobre aquaplanagem surgiram, fazendo-se necessário uma breve explanação sobre o tema. A força de atrito depende da força de contato entre as superfícies? Depende dos tipos e das áreas de contato entre as superfícies? Sobre os tipos de superfície,

não apresentaram dificuldades, mas a turma ficou bastante dividida sobre se a força de atrito depende ou não da área de contato entre as superfícies. Deixou-se a questão em aberto e se seguiu a aula. A questão sobre se existe ou não diferença na força de atrito com ou sem derrapagem também ficou em aberto.

Na sequência, fez-se novamente a apresentação sobre força de atrito (APÊNDICE 23), discutindo-se a diferença entre os dois tipos de atritos: estático e dinâmico (ou cinético) e apresentando a relação matemática entre força de atrito e força normal, e definindo coeficiente de atrito.

Para o aprofundamento gradativo sobre os conceitos, fez-se a análise das forças sobre um bloco apoiado sobre uma superfície plana horizontal. Inicialmente as forças sobre o bloco são as forças Peso e Normal, na vertical. Perguntou-se se existe força de atrito. A resposta foi positiva: alguns alunos sempre tendem a afirmar equivocadamente que já existe força de atrito nesta situação. Começa-se com a situação de ir se aplicando, então, uma força horizontal cada vez maior. Inicialmente se tem atrito estático até um valor limite na iminência de derrapagem. Durante a derrapagem se segue o regime do atrito cinético (ou dinâmico).

Explicou-se a primeira atividade prática do curso: a Atividade 1 (APÊNDICE 10), que consiste em determinar coeficientes de atrito entre diferentes superfícies.



Figura 4: Alunos realizando a primeira atividade prática de medidas de coeficientes de atrito.

Formaram-se grupos de 3 a 5 integrantes. Cada grupo recebeu um dinamômetro e um bloco encapado com um material diferente (EVA, borracha, papel

ou tecido “TNT”). Cada grupo teve a liberdade de escolher qualquer superfície plana para a determinação dos coeficientes de atrito estático e cinético.

O professor passou pelos grupos conferindo a aquisição das medidas e, conforme as dificuldades foram surgindo, foi-se dando o auxílio necessário.

A determinação dos coeficientes de atrito estático foi feita puxando-se, horizontalmente, o bloco até a iminência de movimento e observando-se o valor no dinamômetro. Para a determinação dos coeficientes de atrito cinético, prendeu-se o dinamômetro ao bloco, posicionando-o sobre uma superfície e o puxando, horizontalmente, arrastando-o sobre a superfície com velocidade constante. Anotaram-se os valores observados no dinamômetro.

Os valores das medidas de forças e os resultados obtidos pelos grupos para os coeficientes de atrito entre os diferentes materiais com o piso da sala de aula foram organizados no quadro para a conferência e comparação de resultados, conforme mostrado na figura 5.

MATERIAL	Peso	Normal	F_{Ae_MAX}	μ_e	F_{Ac}	μ_c
EVA (AZUL)	16N	16N	7N	0,4	6N	0,38
TNT	15N	15N	5N	0,33	4N	0,26
PAPEL	19N	19N	11N	0,57	7N	0,36
BORRACHA (PRETO)	21N	21N	15N	0,71	9N	0,42

Figura 5: Dados experimentais obtidos na Atividade 1 - determinação de coeficientes de atrito.

Durante as medidas experimentais de coeficientes de atrito, deve-se instigar a obtenção das medidas de força com o bloco apoiado em diferentes faces, instigando

a conclusão de que os coeficientes de atrito, tampouco a força de atrito, dependem da aparente área de contato do objeto com a superfície.

A partir dos dados obtidos e registrados, pode-se facilmente observar que a força de atrito estático máxima é sempre um pouco maior que a força de atrito durante a derrapagem, além de se observar o fato do coeficiente de atrito estático ser sempre maior que o cinético.

Discutiu-se que a melhor situação de controle de um móvel ocorre quando os pneus não estão derrapando, e que a maior força na tentativa de parar um veículo se dá quando os pneus estão na iminência de derrapagem, mas não derrapando. Esta discussão foi instigada a partir de perguntas do tipo: qual das duas situações, ou regimes de atrito, é a mais efetiva ao se tentar parar um veículo?

Explicou-se a segunda atividade prática do curso: a Atividade 2 (APÊNDICE 11), que consiste em determinar coeficientes de atrito cinético e estático entre pneu e superfícies em diferentes condições.



Figura 6: Aparato experimental para a determinação dos coeficientes de atrito entre pneus e diferentes superfícies.

Para exemplificar a situação, apresentou-se o aparato experimental (tábua com pedaços de pneus e a balança de mão, Figura 6) e mediram-se os coeficientes de atrito dos pneus com o piso horizontal da sala da aula. Os dados foram obtidos analogamente à primeira atividade e estão organizados na Tabela 2.

No momento da demonstração, deve-se enfatizar o fato de que o aparato precisa necessariamente ser puxado o mais horizontalmente possível, pois se a força aplicada for inclinada para cima, a força normal será menor que a força peso.

Da mesma forma, se a medida for obtida ao se puxar o aparato inclinadamente para baixo, a força normal será maior que a peso. Desta forma, o dinamômetro (balança de mão) não estará marcando um valor de força de atrito coerente com um valor de força normal de maneira a se obter corretamente os valores dos coeficientes.

Por definição, o coeficiente de atrito é obtido ao se dividir o valor da força normal com a respectiva força de atrito entre as superfícies. Para o caso, em particular, de um objeto em repouso sobre uma superfície horizontal, o valor da força normal (eletromagnética e verticalmente para cima sobre o bloco) é igual à força peso sobre ele (gravitacional e verticalmente para baixo).

Tabela 2: Medidas obtidas para os coeficientes de atrito entre o pneu e o piso da sala de aula.

FORÇA PESO	FORÇA NORMAL	FORÇA DE ATRITO ESTÁTICO MÁXIMA	COEFICIENTE DE ATRITO ESTÁTICO	FORÇA DE ATRITO CINÉTICO	COEFICIENTE DE ATRITO CINÉTICO
50 N	50 N	25 N	0,5	20 N	0,4

A turma foi guiada até a rua asfaltada em frente à escola com o aparato experimental completo e dois baldes com água para as medidas com superfícies molhadas, Figura 7.



Figura 7: Participante do curso realizando uma medida de força de atrito entre pneu e asfalto molhado.

Como a turma era pequena, solicitaram-se alguns voluntários para fazerem as medidas das forças para o cálculo dos coeficientes de atrito. Foram feitas medidas

em três situações: calçada seca, asfalto seco e asfalto molhado. Os dados obtidos estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Medidas das forças e coeficientes de atrito entre pneu e diferentes superfícies obtidas durante a Atividade 2.

SUPERFÍCIE	FORÇA DE ATRITO ESTÁTICO MÁXIMA	COEFICIENTE DE ATRITO ESTÁTICO	FORÇA DE ATRITO CINÉTICO	COEFICIENTE DE ATRITO CINÉTICO
Calçada	25 N	0,50	20 N	0,4
Asfalto Seco	42 N	0,84	35 N	0,7
Asfalto Molhado	36 N	0,72	30 N	0,6

Durante a realização desta atividade, cerca de uma quadra antes da fachada do colégio, ocorreu uma frenagem na mesma rua em que estávamos. Um dos veículos envolvidos não respeitou a via preferencial, obrigando o outro veículo a realizar uma frenagem de emergência e parar. Embora não tenha ocorrido a colisão entre os veículos, a frenagem deixou marcas no asfalto.

Assim que a Atividade 2 foi concluída, todos foram até o cruzamento para verificar as marcas de frenagem deixada por um dos carros. Com o auxílio de uma trena, fez-se uma medida de 4,90 metros de distância de frenagem.

Esta medida pode indicar um valor aproximado para a velocidade do veículo próximo ao instante em que o condutor acionou os freios, travando as rodas. Este é o tema da próxima aula – aula 3.

Aproveitou-se a situação e se questionou: pode-se afirmar que o automóvel estava acima ou abaixo da velocidade permitida pela via (40 km/h)? A partir do rastro de frenagem deixado pelo veículo, como calcular o valor da velocidade do automóvel no início da frenagem?

3.3.3. Aula 3: Distâncias de Frenagem

A terceira aula se iniciou com a conferência dos participantes presentes a partir da lista de presença.

Leu-se uma notícia publicada no jornal da data sobre os ocorridos no trânsito no final de semana antecedente. Uma das notícias era sobre um acidente de um ônibus que capotou ao sair da pista e descer um barranco, com mais de trinta

pessoas feridas e quatro mortes. A reportagem enfatizava o fato que o ônibus provavelmente aquaplanou na pista e, ao capotar, alguns passageiros foram lançados para fora do veículo, pois estavam sem cinto de segurança.

Apresentaram-se os valores das forças e coeficientes de atrito obtidos a partir da Atividade 2 (Tabela 3). Recordou-se a frenagem que ocorreu na esquina da escola durante a realização da atividade, e que fora obtida uma medida da marca do arrasto dos pneus na via, possibilitando uma estimativa do valor da velocidade do carro próximo ao momento de acionamento dos freios.

Durante a análise dos dados, é importante enfatizar o fato das medidas claramente mostrarem que a força de atrito máxima na iminência de derrapagem é sempre maior que a força de atrito durante a derrapagem. E o asfalto molhado (ou sujo) reduz consideravelmente o atrito dos pneus com a pista.

Apresentou-se o tema principal da aula: a determinação de distâncias de frenagem e o uso dessa distância na estimativa de valores de velocidades iniciais.

A partir de perguntas norteadoras (APÊNDICE 23), discutiu-se acerca do tema da Energia Cinética ser a energia associada ao movimento de um móvel, diretamente dependente da massa e da velocidade.

Explicou-se que esta energia depende diretamente da massa e do valor da velocidade elevado ao quadrado. Deve-se enfatizar esta relação direta quadrática de proporção entre energia e módulo da velocidade de um móvel a partir de exemplos comparativos: se um móvel se move a 30km/h, ele tem determinada energia; se este mesmo móvel se mover a 60km/h (dobro da velocidade), ele multiplicará por quatro a energia que tinha; e se o móvel estiver a 90km/h, ele terá nove vezes mais energia do que tinha a 30km/h.

De maneira ilustrativa, pode-se exemplificar também que se a 30km/h um carro é capaz de arrancar um poste, a 60km/h será capaz de arrancar quatro postes, e a 90km/h poderá arrancar nove postes! Se um carro sai da pista a 50km/h e derruba dez árvores até parar, a 100km/h derrubaria quarenta árvores, e a 150km/h, seria capaz de arrancar 90 árvores! Tudo serve para exemplificar o fato de que pequenos aumentos de velocidade acarretam aumentos ao quadrado na energia cinética, além

de associar a energia do móvel com sua capacidade de “destruir” (deformar) as coisas.

Fez-se mais uma pergunta norteadora: “O que se deve ou se pode fazer para parar um veículo em movimento”? A turma entrou num consenso com três hipóteses: a primeira proposta foi a de parar o móvel colidindo em outros objetos. A segunda foi a de subir uma rampa até parar. E a última foi a de simplesmente se acionar os freios.

Deve-se apontar o fato de que parar um veículo significa, fisicamente, reduzir para zero sua Energia Cinética, convertendo-a em outras formas de energia. Subir uma rampa significa transformar a Energia Cinética em Energia Potencial Gravitacional. Acionar os freios é transformar a Energia Cinética em outras energias (energias internas dos objetos que aquecem durante a frenagem, ruídos, etc.). “Destruir as coisas” significa transformar a Energia Cinética em outras formas de energia a partir do trabalho de deformação dos objetos envolvidos nas colisões: deformar o carro, os obstáculos e inclusive as pessoas, por exemplo.

A partir do teorema Trabalho-Energia Mecânica, supondo-se a Energia Mecânica sendo dissipada somente por uma força de atrito, pode-se mostrar que distâncias de frenagem em situações horizontais dependem diretamente da velocidade do veículo ao quadrado e inversamente da aceleração gravitacional e do coeficiente de atrito entre os pneus e o solo.

Equação 1: Distância de frenagem diretamente proporcional ao quadrado da velocidade inicial e inversamente proporcional à aceleração gravitacional e ao coeficiente de atrito.

$$d = \frac{v_i^2}{2g\mu}$$

Deve-se enfatizar que a relação matemática dos deslocamentos durante as frenagens são diretamente dependentes das velocidades ao quadrado. Aumentar as velocidades implica em aumentar proporcionalmente ao quadrado as distâncias de frenagem!

Coefficientes de atrito são obtidos experimentalmente e tabelados. Coeficientes de atrito cinético entre pneus automotivos e asfalto seco estão geralmente entre 0,6 e 0,8, e os de atrito estático entre 0,8 e 1,0 (NETO, 2003).

Assumindo-se $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ e 0,80 para o coeficiente de atrito cinético, apresentou-se a Tabela 4, que mostra as relações entre as distâncias de frenagem e as respectivas velocidades.

Tabela 4: Distâncias de frenagem.

VELOCIDADE (Km/h) e (m/s)		FRENAGEM (m)
20	5,56	1,97
30	8,33	4,42
40	11,11	7,87
50	13,89	12,29
60	16,67	17,70
70	19,44	24,09
80	22,22	31,46
90	25,00	39,82
100	27,78	49,16
110	30,56	59,48
120	33,33	70,79
130	36,11	83,08
140	38,89	96,35

Pode-se utilizar a Equação 1 para se estimar a velocidade inicial de um móvel a partir de uma distância de frenagem até sua parada. Para exemplificar, utilizou-se o fato que ocorreu durante a segunda aula: a frenagem de um carro durante a prática da Atividade 2.

Tabela 5: Dados utilizados para a estimativa da velocidade inicial de um automóvel a partir de uma marca de frenagem no asfalto seco.

MARCA DE FRENAGEM	ACELERAÇÃO GRAVITACIONAL	COEFICIENTE DE ATRITO CINETICO	VELOCIDADE ESTIMADA	
4,9 m	9,8 m/s ²	0,7	8,2 m/s	29,5 km/h

A estimativa pode indicar que o veículo certamente estava dentro do limite de velocidade da via, que é de 40km/h. O valor encontrado, aproximadamente 30km/h, foi calculado a partir da medida da marca de frenagem e se assumindo o valor do

coeficiente de atrito entre pneu e asfalto seco obtido experimentalmente durante a segunda atividade do curso, conforme apresentado na Tabela 3.

Apresentou-se uma questão norteadora sobre em qual situação se tem uma frenagem mais eficiente.

Deve-se enfatizar que o que faz um automóvel em movimento parar em uma frenagem é o atrito dos pneus com o solo. O trabalho realizado pela força de atrito transforma a Energia Cinética do móvel em outras formas de energia, reduzindo a velocidade.

Uma das respostas da questão pode ser a de se frear com a maior força de atrito possível, que ocorre na iminência da derrapagem, próximo do valor de força de atrito estático máxima. Derrapar o pneu na superfície travando as rodas oferece menor força de atrito quando comparado com o valor que antecede a derrapagem, aumentando-se as distâncias de parada.

Apresentou-se, então, o sistema de freios com ABS (sistema de antibloqueio de frenagem), que consiste de um sistema eletrônico que detecta o travamento das rodas e alivia a pressão dos freios, liberando o giro das rodas, mas mantendo a frenagem em torno da maior força de atrito possível. Nesta situação, as distâncias de frenagem se reduzem consideravelmente, além de possibilitar ao condutor continuar no controle da direção do veículo durante o acionamento dos freios, o que não ocorre se as rodas forem travadas.

A discussão sobre as diferenças de distâncias de frenagem entre freios com e sem sistema de ABS foi conduzida a partir da análise da Figura 8 e da apresentação de três vídeos: “Auto Esporte - ABS” (disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=bq8Q2W-laKo>>), “Freios ABS - teste Bosch” (disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=ZP40PoAPDOM>>) e “Teste ABS em motos” (disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=pUEN9z2DUDM>>), acessados em 27/09/2014.

Os valores de distâncias de frenagem com freios comuns (com travamento das rodas) foram estimadas a partir da Equação 1, com $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e $\mu_c = 0,8$, enquanto

as distâncias com ABS foram estimadas a partir da Equação 2, que utiliza o coeficiente de atrito estático $\mu_e = 1,0$.

Equação 2: Estimativa para distâncias de frenagem para automóveis com sistema de freios com ABS.

$$d_{ABS} \cong \frac{v_i^2}{2g\mu_e}$$

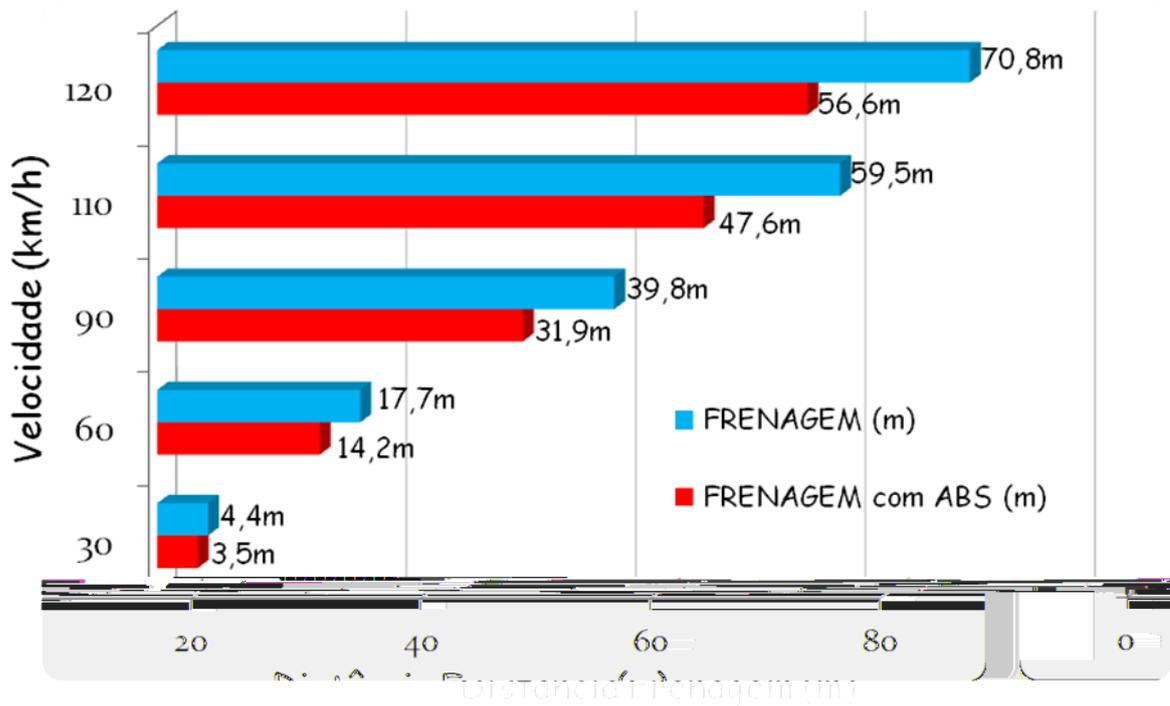


Figura 8: Gráfico comparativo de distâncias de frenagem estimadas para automóveis com e sem ABS.

Após um breve intervalo, como Atividade 3 (APÊNDICE 13), entregou-se uma lista de exercícios (APÊNDICE 14) sobre força de atrito, distâncias de frenagem e freios ABS. A lista contém onze exercícios selecionados de diversos concursos vestibulares e provas ENEM.

Esta atividade foi muito aproveitada pelos participantes do terceiro ano do Ensino Médio, que ficaram motivados em conseguir resolver exercícios de vestibulares após as discussões já realizadas durante o curso, pois estavam em preparação para tais concursos. Os participantes do segundo ano não demonstraram muito interesse na resolução da lista.

A resolução poderia ser feita individualmente ou em grupos, de maneira livre. Durante a resolução da lista pelos participantes, o professor deve ir atendendo a possíveis dúvidas, da forma mais personalizada possível. Ao detectar uma dúvida de

caráter mais geral, ele deve expor a questão ao resto da turma, de forma que todos possam contribuir, oportunizando comentários e levantando mais questionamentos sobre o tema.

A décima questão da lista é da prova ENEM do ano de 2012 sobre freios ABS. Ela não possui alternativa correta. Foi a questão que mais causou discussões antes do consenso e da surpresa, por parte dos participantes, do fato de não ter resposta correta e de não ter sido anulada.

Cerca de 20min antes do término da aula, interrompeu-se a resolução de exercícios para a apresentação da Atividade 4 (APÊNDICE 15), que é a proposta de construção de um mapa conceitual.

Distribuiu-se um material impresso (ANEXO 1) contendo as instruções de como se construir um mapa conceitual. Fez-se uma leitura conjunta das instruções de construção e se apresentaram alguns exemplos de mapas.

A primeira etapa para a construção de um mapa conceitual é a de se fazer um levantamento e uma listagem dos conceitos relevantes ao tema. A Figura 9 apresenta a lista de conceitos e tópicos apontados pelos participantes do curso.

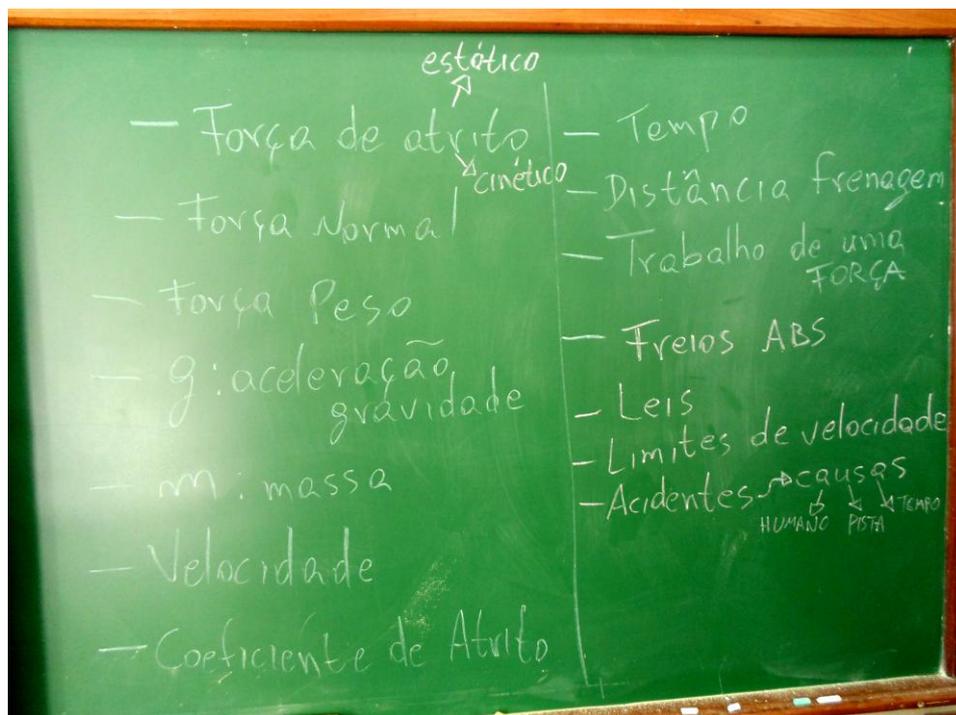


Figura 9: Listagem dos conceitos relevantes apontados pelos participantes para a construção de um mapa conceitual.

Cada participante ou grupo de participantes poderia construir um mapa utilizando os conceitos listados de forma livre, não sendo obrigatório o uso de todos da listagem, tampouco se limitando somente aos indicados pela lista.

Combinou-se que cada grupo deveria apresentar seu mapa conceitual e resolver um dos exercícios da lista de exercícios (APÊNDICE 14) no início da próxima aula.

3.3.4. Aula 4: Distâncias de Frenagem em Situações Realistas

A quarta aula do curso se iniciou com a conferência dos participantes presentes a partir da lista de presença.

Como praticamente todos os participantes não haviam trazido a lista e o mapa conceitual propostos na aula anterior, deu-se continuidade à aplicação do projeto com a apresentação do vídeo “FIAT na Escola” (disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=s1YSTuD0cO8>, acessado em 27/09/2014).

Este vídeo é bastante completo e se encaixa perfeitamente na proposta do curso, pois aborda tópicos sobre Força de Atrito e Energia Cinética, além de falar sobre velocidades máximas em curvas, distâncias de frenagem, tempos de reação de condutores e diferentes tipos de colisões. Ele retoma aspectos mais gerais dos temas vistos e aprofunda alguns deles, contribuindo significativamente para uma reconciliação integradora.

A análise de vídeos mais longos pode ser feita interrompendo-se o vídeo em pontos relevantes, levantando-se questionamentos e retomando pontos já discutidos.

A partir do vídeo, levantou-se o fato de que todo condutor leva um determinado tempo entre perceber um obstáculo, tomar uma decisão e agir acionando os freios. Enquanto isso, o móvel percorre uma distância, chamada de distância de percepção ou distância de reação, que é a distância percorrida durante o tempo de reação do condutor, que, adicionada à distância de frenagem, aumentam consideravelmente as distâncias de parada.

Assumindo-se que durante a reação do condutor o móvel se desloque em Movimento Retilíneo Uniforme, as distâncias percorridas podem ser estimadas pelo produto do módulo da velocidade do veículo pelo tempo de reação.

Para a estimativa de tempos de reação, realizou-se a Atividade 5 (APÊNDICE 17). Chamou-se um participante voluntário para exemplificar a dinâmica da atividade. O professor suspende uma régua na vertical de maneira que o participante posicione sua mão em torno da régua com seus dedos indicador e polegar próximos do marco zero. O professor pode abandonar a régua em qualquer momento. Assim que o participante perceber que a régua começa a cair, ele deve fechar os dedos e segurar a mesma. Lê-se, então, a marca em centímetros correspondente à posição em que a mão segura a régua. Obtém-se, assim, a distância percorrida pela régua em queda durante o tempo transcorrido entre a percepção do aluno e a efetiva ação de segurar a régua.

Os tempos de reação foram estimados a partir da Equação 3, onde “g” é o valor da aceleração de queda-livre e “h” é o deslocamento durante a queda da régua a partir do repouso.

Equação 3: Estimativa para tempos de reação a partir da medida “h” indicada por uma régua – Atividade 3.

$$t_{\text{reação}} = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$$

O primeiro participante voluntário segurou a régua na marca dos 19 cm. Assumindo-se a aceleração de queda igual a 980 cm/s², obteve-se um tempo de reação de aproximadamente 0,2 segundo.

Distribuíram-se régua para que os outros participantes pudessem estimar seus tempos de reação. Desafiados a obterem tempos cada vez menores, obtiveram-se valores entre 0,14 e 0,22 segundo. Alguns não conseguiram pegar a régua, obtendo valores acima de 0,24 segundo.

O aluno que obteve o menor tempo de reação foi instigado a repetir o teste simultaneamente com outra ação. Solicitou-se que respondesse uma pergunta aleatória realizada por outro participante. A régua caiu no chão. Poder-se-ia repetir o teste enquanto se falasse ou se digitasse alguma mensagem ao celular, ou se

escrevesse uma frase qualquer em uma folha. Dificilmente alguém conseguiria pegar a régua a tempo.

Questionou-se, então, se os tempos seriam os mesmos em situações realistas no trânsito. E quais fatores poderiam aumentar ainda mais estes valores.

Os tempos obtidos na Atividade 3 estão dentro de valores estimados para reações em situações esperadas, como estar parado num semáforo em sinal vermelho e arrancar quando mudar para o verde, por exemplo.

Entretanto, o trânsito coloca condutores em diversas situações inesperadas, além de oferecer inúmeras distrações. A situação pode piorar ainda mais se o condutor estiver falando com algum passageiro, mexendo no rádio, atendendo ao telefone, etc., ou estiver com sono ou alterado psicologicamente, sob efeito de drogas como álcool, entre outros.

Os tempos de reação estimados para condutores em situações realistas no trânsito estão em torno de 1,5 segundos (NETO, 2003). Uma régua precisaria ter mais de 10 metros para poder ser pega neste tempo na Atividade 3.

Foram apresentadas (APÊNDICE 23) as distâncias totais de parada em situações de frenagem com derrapagem, considerando tempos de reação iguais a 1 segundo, aceleração da gravidade $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ e coeficiente de atrito cinético $\mu_c = 0,80$, mostradas na Figura 10 e na Tabela 6.

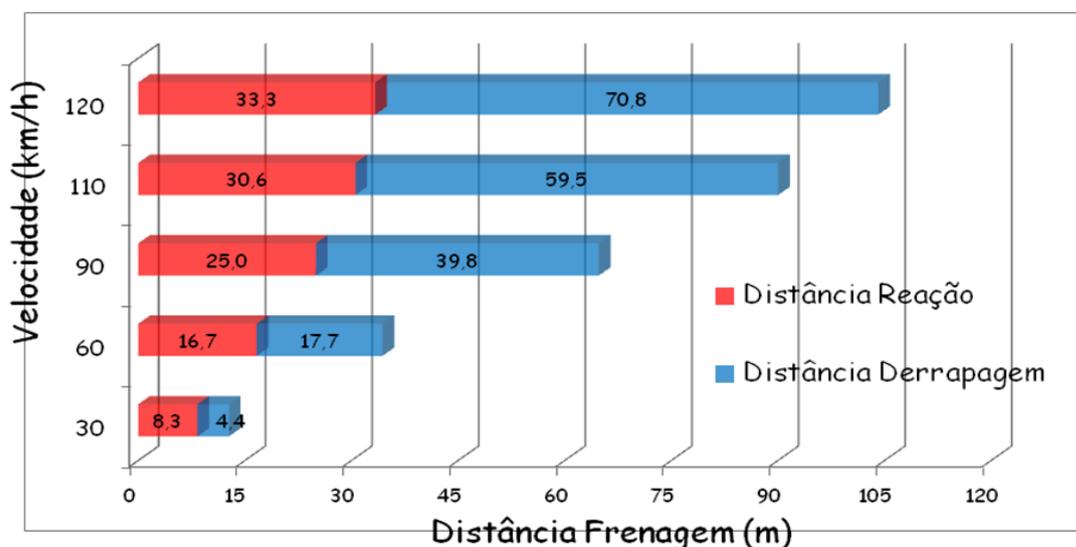


Figura 10: Distâncias totais de parada com frenagem ABS.

Tabela 6: Distâncias totais de parada estimadas pela soma das distâncias percorridas durante a reação e durante a frenagem com derrapagem.

DISTÂNCIAS DE FRENAGEM				
VELOCIDADE (Km/h) e (m/s)		FRENAGEM (m)	PERCEPÇÃO/REAÇÃO (m)	DISTÂNCIA Total (m)
20	5,56	1,97	8,33	10,30
30	8,33	4,42	12,50	16,92
40	11,11	7,87	16,67	24,53
50	13,89	12,29	20,83	33,12
60	16,67	17,70	25,00	42,70
70	19,44	24,09	29,17	53,25
80	22,22	31,46	33,33	64,80
90	25,00	39,82	37,50	77,32
100	27,78	49,16	41,67	90,83
110	30,56	59,48	45,83	105,32
120	33,33	70,79	50,00	120,79
130	36,11	83,08	54,17	137,25
140	38,89	96,35	58,33	154,69

A Figura 11 apresenta uma estimativa para distâncias totais de parada a partir das distâncias de frenagem com ABS, considerando tempos de reação iguais a 1 segundo, aceleração da gravidade $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e coeficiente de atrito $\mu_e = 1,0$.

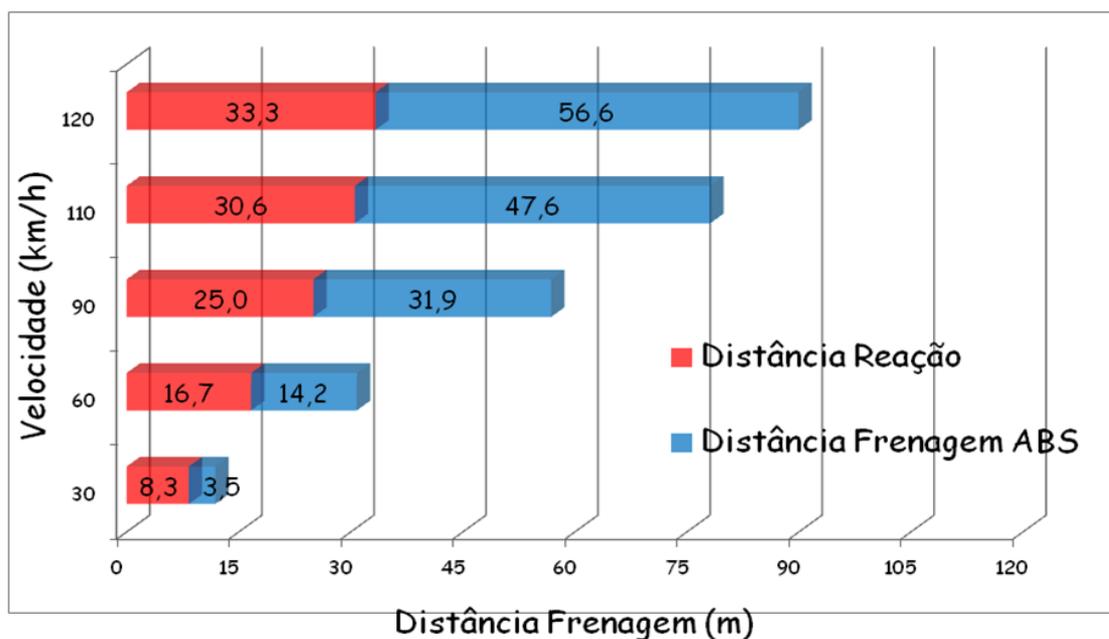


Figura 11: Distâncias totais de parada

Promoveu-se uma breve discussão a partir da questão norteadora: Qual distância é realmente segura no trânsito? De fato, as distâncias de segurança são maiores conforme as velocidades também forem maiores. A partir da tabela e dos gráficos apresentados, pode-se facilmente observar que a 60 km/h estima-se cerca de 30 metros para uma possível parada. A 120 km/h, estima-se cerca de 100 metros.

Importante enfatizar o fato de que acidentes acontecem antes mesmo de o condutor ter tempo de acionar os freios: ocorre durante o tempo de reação. Além disso, o Código de Trânsito Brasileiro – CTB – simplesmente deixa para o bom-senso dos condutores a avaliação das distâncias de segurança.

Após o intervalo, apresentou-se o vídeo “Auto Esporte: 10 km/h a mais” (disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=6SfyutHzM6o>>, acessado em 27/09/2014). Ele apresenta basicamente uma comparação entre distâncias de frenagem com diferença de 10 km/h entre as velocidades, como, por exemplo, a 70 km/h e a 80 km/h.

A situação apresentada no vídeo vai de encontro com a intuição e o senso comum. Uma pequena diferença na velocidade pode resultar numa grande diferença nas distâncias de frenagem.

Aproveitou-se o momento para retomar a relação direta da distância de frenagem com o quadrado das velocidades e chamar a atenção ao fato que poucos condutores consideram esta ideia no momento de tomar distâncias de segurança.

Apresentou-se a Atividade 6 (APÊNDICE 18), que consiste em uma situação-problema mais complexa, com nível de dificuldade mais elevado. A partir do vídeo “Diferença entre 60 km/h e 65 km/h” (disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=OeDgcTOOYdo>, acessado em 23/09/2013) que compara duas situações de parada, propôs-se o seguinte problema para ser resolvido pela turma:

“Diferença entre 60 km/h e 65 km/h (SILVEIRA, 2011): Um automóvel desloca-se a 60 km/h quando o motorista avista à sua frente um caminhão atravessado na pista. Transcorre um intervalo de tempo de 1 s entre a percepção do obstáculo pelo

motorista e o início efetivo da frenagem do automóvel. A frenagem ocorre em situação ideal (pista seca, pneus desgastados, mas em bom estado, freios ABS) e o automóvel acaba por colidir com o caminhão, tendo no momento da colisão sua velocidade valendo 5 km/h (nesta velocidade a colisão produz estragos de pequena monta). Qual seria o valor da velocidade no momento da colisão caso o automóvel, nas mesmas condições, se deslocasse inicialmente a 65 km/h?”

Com bastante dificuldade, poucos alunos começaram a tentar resolver. Os outros participantes não se mostraram interessados nem para começar. Portanto, apresentou-se a resolução (ANEXO 2) explicando-se os passos seguidos e as equações utilizadas.

3.3.5. Aula 5: Colisões e Quantidade de Movimento Linear

A quinta aula se iniciou com a conferência dos participantes presentes a partir da lista de presença.

Fez-se uma breve retomada das aulas anteriores, lembrando tópicos de Força de Atrito e seus tipos, Coeficientes de Atrito, distâncias de frenagens, Energia Cinética e Velocidade, sistemas de freios com ABS, tempos de reação e suas contribuições nas distâncias de parada em situações reais.

Comentou-se sobre o fato de que no final de semana que antecederia a aula, no estado do Rio Grande do Sul, houvera vinte vítimas em acidentes de trânsito, sendo que dezesseis eram jovens de 16 a 22 anos, do gênero masculino.

Apresentou-se uma sequência de *slides* (APÊNDICE 23) com diversas figuras e imagens animadas de diferentes tipos de colisões. A partir da pergunta norteadora - “O que é melhor: ser atropelado por um carro ou um caminhão?” - fez-se uma discussão acerca dos fatores de escolha. Os fatores relevantes certamente estarão na dependência das possíveis combinações das massas e das velocidades do carro e do caminhão.

Mostrou-se a grandeza Quantidade de Movimento Linear (ou Momentum Linear - QML) como o produto da massa com a velocidade de um corpo. Quanto maior a massa e maior a velocidade, maior será a Quantidade de Movimento Linear de um corpo.

Portanto, a resposta mais adequada para a pergunta norteadora (além da opção de não ser atropelado) é a de que “depende”: depende das massas e das velocidades do carro e do caminhão. Entre um caminhão e um carro com mesma velocidade: é melhor o carro, pois tem menos massa. Entre um carro em altíssima velocidade e um caminhão bem devagar: pode ser que seja melhor escolher o caminhão.

Outro fator importante é o de se enfatizar o caráter vetorial desta grandeza. A QML é diretamente proporcional à massa e à velocidade, tendo a mesma orientação da velocidade do corpo.

Apresentou-se o uso da conservação da Quantidade de Movimento Linear (CQML) na resolução de problemas envolvendo colisões, assim como sua utilidade principalmente na determinação das velocidades dos corpos colidentes logo antes ou logo após a colisão.

É de grande relevância o fato que a CQML é a principal ferramenta física utilizada em análises periciais que envolvam a reconstituição de acidentes de trânsito na estimativa das velocidades de veículos colidentes logo antes da colisão (ARAGÃO, 2003).

Após a breve apresentação sobre colisões elásticas e inelásticas (APÊNDICE 23), perguntou-se que tipo de colisão é a que ocorre geralmente entre veículos no trânsito. Rapidamente responderam que é inelástica, pois os veículos geralmente apresentam deformações permanentes ao colidirem, não se conservando a Energia Mecânica dos envolvidos.

Foram analisados quatro vídeos: “Acidentes de Carro Impressionantes” (disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=UKbtSwSQ9cw>>), “Batida legal” (disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=ySDn4Oia2Rs>>), “Caminhão sem freio” (disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=RljP9xAtj8I>>), e “Câmeras flagram batida entre ônibus assustadora no Rio” (disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=VdDQ9tPCTzg>>) - acessados em 27/09/2014.

Apresentaram-se quatro situações-problema envolvendo colisões para exemplificar o uso da CQML para relacionar as massas e velocidades dos corpos

colidentes antes e após a colisão na resolução de problemas físicos (APÊNDICE 23).

Entregou-se uma lista de exercícios (APÊNDICE 21) contendo questões de vestibulares relativas ao assunto como Atividade 7 (APÊNDICE 20).

3.3.6. Aula 6: Análise e Reconstituição de Acidentes de Tráfego

A sexta aula iniciou com a conferência dos participantes presentes a partir da lista de presença.

A aula foi guiada a partir da análise de diversos vídeos, abordando temas como itens de segurança automotiva, comparações entre diversos testes de colisões, flagrantes de imprudências, regras de trânsito, dicas de direção defensiva, casos conhecidos de perícias criminais, etc.

É importante enfatizar que o professor deve estar atento aos comentários, questionamentos e reações dos participantes durante a apresentação dos vídeos, além de levantar questionamentos pertinentes aos temas já discutidos durante o curso.

O primeiro vídeo apresentado foi o “Segurança de carros brasileiros está defasada!”, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=n7ojCC6jSgQ>>, acessado em 29/09/2014. Ele apresenta uma reportagem sobre o atraso de mais de vinte anos em itens de segurança automotiva no Brasil, além de mostrar testes de colisões (*crash tests*) com modelos populares no país, realizados por uma entidade internacional: a Latin NCAP (*Latin New Car Assessment Programme*), que oferece um programa de avaliação de segurança automotiva (NCAP, 2014).

Os próximos vídeos apresentados foram:

- “Smart Fortwo VS Mercedes E-Class - CRASH TEST”, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=ueafSvK9T-M>>, acessado em 29/09/2014.
- “2009 Chevy Malibu vs 1959 Bel Air Crash Test”, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=fPF4fBGNK0U>>, acessado em 29/09/2014.

- “Moto Crash Test”, disponível em <www.youtube.com/watch?v=tviprk6Y4X0>, acessado em 29/09/2014.

- “Euro NCAP - BMW 5 Series - 2004 - Crash test”, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=CgUnU7Oxwfc>>, acessado em 29/09/2014.

- “Os 10 piores testes de colisão com carros”, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=su1QsCXmkxs>>, acessado em 29/09/2014.

Eles apresentam diversos testes e exemplos de colisões envolvendo automóveis e motocicletas com diversos tipos de obstáculos.

Apresentou-se o vídeo “Colisões 50-70-90”, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=OoJqCsHAak8>>, acessado em 29/09/2014, que mostra um teste com um mesmo modelo de automóvel colidindo frontalmente com um poste fixo em três situações: a 50km/h, a 70km/h e a 90km/h.

Este vídeo retoma um dos tópicos discutidos no curso, onde pequenos acréscimos de velocidades aumentavam consideravelmente as distâncias de frenagem, abrindo a possibilidade da analogia com o fato de pequenas diferenças nas velocidades aumentam consideravelmente as deformações nos veículos colidentes.

Na sequência, mostrou-se o vídeo “Batida de carro a 190km/h”, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=_pokRZ6KK78>, acessado em 29/09/2014, que mostra um teste de colisão de um automóvel com velocidade próxima a 200km/h contra um obstáculo fixo, semelhante a uma parede.

Neste momento, levantou-se um questionamento: quais são os limites dos itens de segurança automotiva? Houve consenso do grupo, a partir da análise do vídeo anterior, que ainda não existem sistemas que ofereçam total segurança em colisões em altas velocidades.

Questionou-se, então, se em baixas velocidades, como a 60km/h, os itens oferecem segurança? Não houve consenso! Uma possível fonte para esta resposta pode estar na avaliação dos testes realizados pela Latin NCAP, com automóveis a 64 km/h em colisões frontais contra obstáculos deformáveis (NCAP, 2014).

A segunda parte da aula é sobre reconstituição de acidentes de trânsito (APÊNDICE 29), certamente um dos temas mais motivadores para os participantes.

Fez-se uma retomada geral dos itens discutidos durante o curso, principalmente o uso da Conservação da Quantidade de Movimento Linear Total para estimativas das velocidades dos veículos colidentes e do Teorema que relaciona Trabalho e Energia Mecânica nas estimativas de velocidades a partir das respectivas distâncias de frenagem.

Apresentou-se o vídeo “Perícia Porsche Fantástico”, disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=q3topSzDs7Y>>, acessado em 29/09/2014, que relata um acidente onde o trabalho de peritos criminais ajudou na elucidação e reconstituição dos fatos a partir das evidências locais.

Propôs-se uma situação-problema, com dados realísticos (NETO, 2003), que exigiu uma aprofundada análise e aplicação das ferramentas vistas durante o curso: “Numa rodovia em reta e nível, uma caminhonete colidiu sua dianteira contra a traseira de uma moto e a conduz, em acoplamento, por uma distância de 69m, enquanto freia. Antes do impacto, a caminhonete já vinha usando os freios, deixando marcados 29m de frenagem, antes do embate, na pavimentação de asfalto seco e em bom estado. Qual a velocidade inicial da caminhonete? Qual a distância entre a caminhonete e a moto no instante em que o condutor da caminhonete a avistou?” Dados: massa da caminhonete $M=1800\text{kg}$; massa da motocicleta $m=220\text{kg}$; velocidade inicial da motocicleta $V_{\text{moto}}=30\text{km/h}=8,33\text{m/s}$; aceleração da gravidade $g=9,81\text{m/s}^2$; tempo de reação do motorista da caminhonete $T_r=1,8\text{s}$; coeficiente de atrito estático $\mu =0,6$.

A atividade de resolução da situação-problema foi feita em turma, sendo montada, passo a passo, no quadro negro, de forma que todos pudessem acompanhar e participar. A Figura 12 e a Figura 13 mostram a resolução.

$$1^{\circ} v_{\text{DEPOIS}} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \mu \cdot d}$$

$$v_{\text{DEPOIS}} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,669}$$

$$v_{\text{DEPOIS}} = 28,5 \text{ m/s}$$

$$102,6 \text{ km/h}$$

$$2^{\circ} \text{ ANTES} = \text{DEPOIS}$$

$$M \cdot v_{\text{ANTES}} + m \cdot v_{\text{ANTES}} = (M+m) v_{\text{DEPOIS}}$$

$$1800 \cdot v_{\text{ANTES}} + 220 \cdot 8,33 = 2020 \cdot 28,5$$

$$1800 \cdot v_A + 1832,6 = 57570$$

$$v_A = 30,96 \text{ m/s}$$

$$111,47 \text{ km/h}$$

$$3^{\circ} v_A^2 = v_{\text{ANTES}}^2 + 2g\mu d$$

$$v_A^2 = 30,96^2 + 2 \cdot 9,81 \cdot 0,669$$

$$v_A^2 = 958,52 + 341,39$$

$$v_A = \sqrt{1299,9}$$

$$v_A = 36,05 \text{ m/s}$$

$$129,79 \text{ km/h}$$

Figura 12: Quadro com a primeira parte da resolução da situação-problema com dados realísticos.



Figura 13: Quadro com a segunda parte da resolução da situação-problema.

Após o intervalo, na segunda parte da aula, foram apresentados alguns vídeos que abordaram temas relacionados a comportamentos e relações no trânsito.

O primeiro foi o “Respeito ao Ciclista”, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=qywO9LQaCgQ>>, acessado em 29/09/2014, que mostra um conflito entre um condutor de um automóvel e um ciclista na disputa de espaço na pista. O condutor do automóvel manda, equivocadamente, o ciclista sair da faixa e ir para a calçada, além de não respeitar a distância de segurança

entre seu veículo e a bicicleta, totalmente em desacordo com a legislação (BRASIL, 2007).

Foi apresentado um vídeo com dicas de direção defensiva: “Auto Esporte - Aula de Direção Perigosa”, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=fwQ25LPMoHY>>, acessado em 29/09/2014.

Logo após, foram apresentadas duas reportagens. A primeira foi uma matéria apresentada no programa Fantástico no dia 15 de novembro de 2009: “Trânsito – Fantástico”, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=5NYhbOy8YXQ>>, acessado em 29/09/2014. E a segunda foi uma apresentada no programa CQC (Custe o Que Custar) da Rede Bandeirantes de Televisão (Band) no dia 29 de julho de 2013: “Não foi Acidente”, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=lcUTERMncyl>>, acessado em 29/09/2014.

Após as reflexões e discussões feitas a partir dos vídeos e reportagens, os participantes responderam novamente o Questionário de Avaliação Preliminar (APÊNDICE 4) e preencheram o Questionário de Avaliação do Curso (APÊNDICE 5).

Fez-se um fechamento do curso com a apresentação do vídeo de encerramento que mostra um caso de acidente: “Jaqueline Saburido”, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=jRAsCxxrBYg>>, acessado em 29/09/2014.

3.4. Avaliação

A partir do Questionário de Avaliação Preliminar (APÊNDICE 4), preenchido individualmente pelos participantes na primeira e na última aula, avaliou-se estatisticamente a diferença entre os escores obtidos no pré e pós-teste.

O teste consiste em 22 afirmativas acerca de diversos temas relacionados a regras, condutas e situações físicas no trânsito, as quais os alunos devem preencher com “C”, se concordarem com a afirmação, com “D”, se discordarem, ou “NS” se não souber responder.

Como cada afirmativa possui uma resposta esperada, a partir das normas de trânsito e leis físicas, fez-se uma contagem dos escores obtidos pelos participantes

que preencheram os pré e pós-questionários para se verificar alguma evidência estatística de crescimento cognitivo acerca dos temas discutidos durante as aulas do curso oferecido.

A estatística se fez a partir do teste *t de Student* para variáveis relacionadas, com o intuito de se verificar se existe diferença estatística entre os escores obtidos. Os dados obtidos estão apresentados na tabela 7 e na figura 14.

Tabela 7: Dados dos escores obtidos a partir de duas aplicações do Questionário de Avaliação Preliminar.

ALUNO	ESCORES T1 E T2		ESCORES PERCENTUAIS		GANHO	GANHO ²
1	12	17	54,5%	77,3%	5	25
2	13	15	59,1%	68,2%	2	4
3	12	19	54,5%	86,4%	7	49
4	14	18	63,6%	81,8%	4	16
5	12	18	54,5%	81,8%	6	36
6	10	20	45,5%	90,9%	10	100
7	15	19	68,2%	86,4%	4	16
8	14	16	63,6%	72,7%	2	4
9	12	20	54,5%	90,9%	8	64
10	11	20	50,0%	90,9%	9	81
11	11	19	50,0%	86,4%	8	64
12	13	17	59,1%	77,3%	4	16
13	13	18	59,1%	81,8%	5	25
14	14	19	63,6%	86,4%	5	25
15	15	22	68,2%	100,0%	7	49
				SOMA	86	574
Média T1		Média T2		Ganho Médio		5,733
12,73		18,47		Desvio do Ganho		0,621
58%		84%		t de Student		9,235

A partir dos dados, obteve-se um valor de *t* igual a 9,235, indicando que a diferença entre os escores são estatisticamente significativos, com um grau de significância inferior a 1%. Ou seja, pode-se assumir que houve um crescimento estatístico significativo nos escores desse grupo de participantes.

O aumento de escore dos participantes nesta atividade individual pode ser um indicativo de crescimento intelectual por parte dos participantes, pois evidencia uma melhora das capacidades de compreensão e julgamento diante de situações relacionadas à legislação vigente e às leis físicas no trânsito.

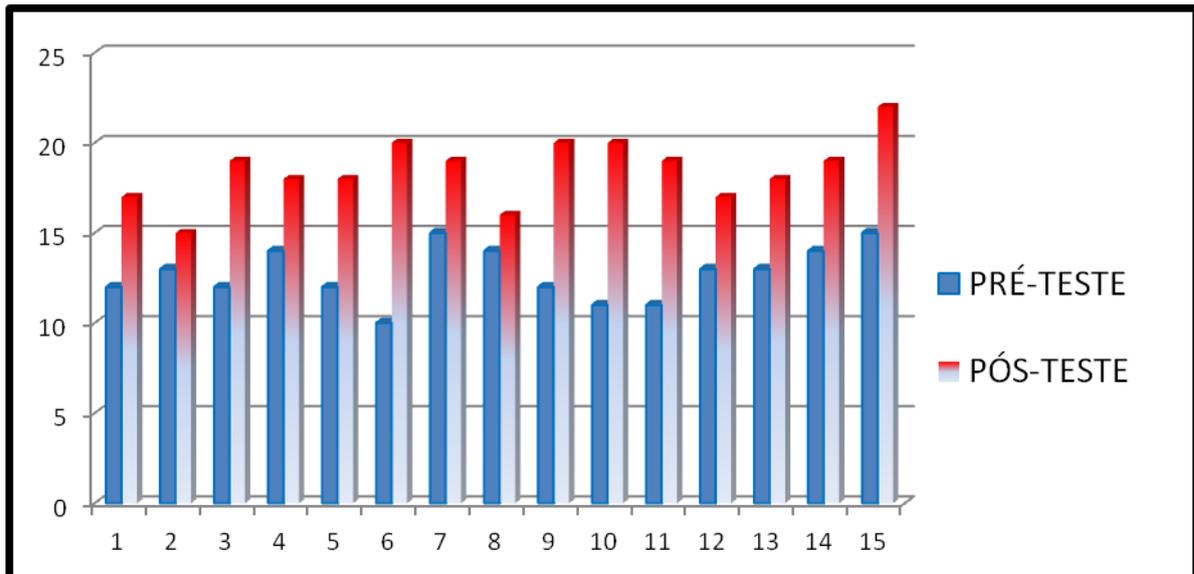


Figura 14: Escores obtidos pelos participantes no pré e no pós-teste.

A partir das atividades de resoluções de exercícios, pôde-se acompanhar o desenvolvimento na habilidade de resolução de problemas, assim como a correta aplicação dos conceitos e leis de conservação de energia e quantidade de movimento na resolução de problemas físicos.

As listas de exercícios contêm problemas de diferentes níveis de dificuldades, propiciando uma exigência gradual e visando a aplicação dos conhecimentos obtidos para resolver situações-problema. Além de proporcionar o compartilhamento de significados entre participantes em diferentes níveis de conhecimento, pois as listas foram resolvidas em grupos de livre formação.

A partir da proposta da construção de mapas conceituais na Atividade 4, somente foram obtidos dois mapas, um deles desenvolvido por uma dupla de participantes, Figura 15 e Figura 16, e outro produzido individualmente, Figura 17 e Figura 18.

Os mapas conceituais são umas das melhores ferramentas para a busca de evidências de aprendizagem significativa, pois expõem o ponto de vista próprio do autor, possibilitando a visualização da organização conceitual do aprendiz.

Por ser, provavelmente, um dos primeiros mapas produzidos por esses alunos, percebem-se claramente algumas ligações aleatórias, além da falta de clareza na identificação e hierarquização dos conceitos. Entretanto, as partes explicativas dos mapas mostram boa noção dos significados e relações entre grandezas físicas.

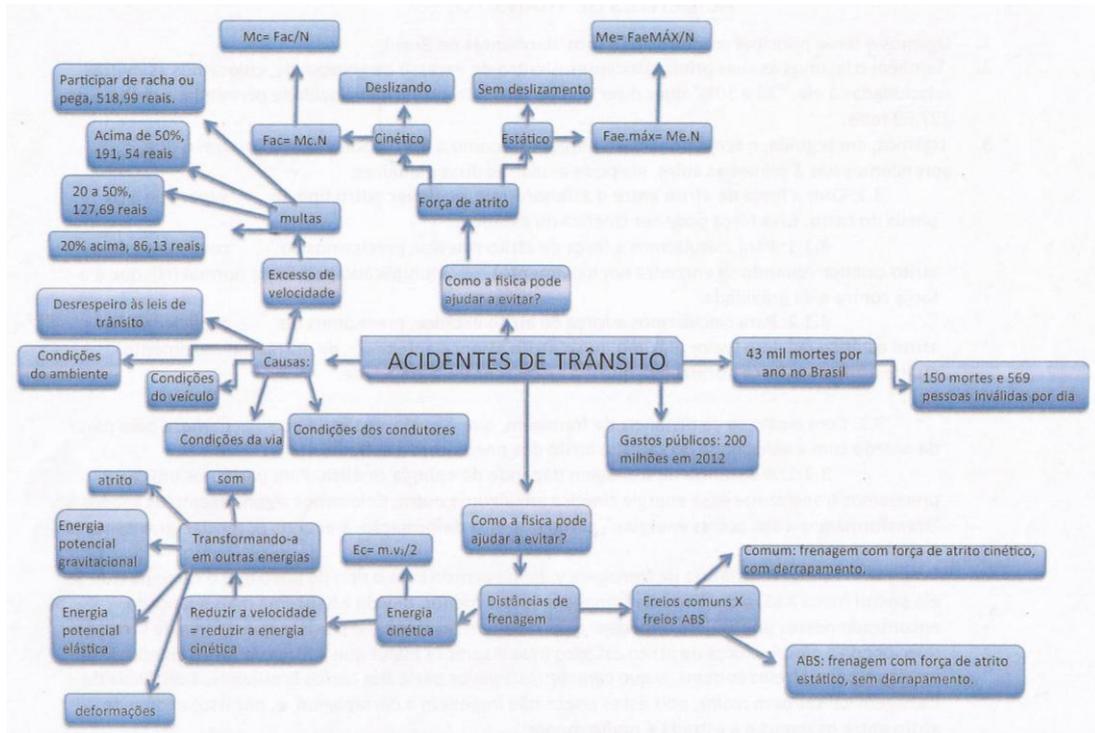


Figura 15: Mapa conceitual desenvolvido por uma dupla de participantes do curso.

ACIDENTES DE TRÂNSITO:

- Ligamos o tema principal primeiro aos dados alarmantes no Brasil;
- Também o ligamos às suas principais causas. Dentro do excesso de velocidade, colocamos as multas relacionadas a ele. "20 a 50%" quer dizer que de 20 a 50% acima da velocidade permitida, a multa é de 127,69 reais.
- Ligamos, em seguida, o tema principal à pergunta: "como a física pode ajudar?" e, com o que aprendemos nas 3 primeiras aulas, ela pode ajudar de duas maneiras:
 - Com a força de atrito entre o asfalto/arreia/qualquer outro tipo de superfície e os pneus do carro. Essa força pode ser cinética ou estática.
 - Para calcularmos a força de atrito cinética, precisamos do coeficiente de atrito cinético (quando se encontra em movimento) multiplicado pela força normal (N), que é a força contra a da gravidade.
 - Para calcularmos a força de atrito estática, precisamos do coeficiente de atrito estático máximo (valor máximo que o atrito alcança antes de entrar em movimento) multiplicado pela força normal (N), que é a força contra a gravidade.
 - Com o cálculo da distância de frenagem, que é qual a distância que demora para parar de acordo com a velocidade do carro, o atrito dos pneus com a estrada, etc.
 - A distância de frenagem depende da energia cinética. Para pararmos um carro, precisamos transformar essa energia cinética em alguma outra. Colocamos alguns exemplos ligados à "transformando-a em outras energias", como o som, a deformação, a energia potencial (gravitacional e elástica), etc.
 - A distância de frenagem varia de acordo com o tipo de pneu que o carro possui. Se ele possui freios ABS, a distância de frenagem vai ser menor, devido ao sistema mais avançado encontrado nesses pneus. Eles impedem a derrapagem do carro, e é por isso que a força de atrito relacionada a eles é a força de atrito estático (que é sempre maior que a força de atrito cinético). Se um carro possui freios comuns, o que caracteriza a maior parte dos carros brasileiros, a distância de frenagem vai ser bem maior, pois esses pneus não impedem a derrapagem, e, por isso, a força de atrito entre os pneus e a estrada é muito menor.

Figura 16: Parte explicativa do mapa conceitual apresentado na Figura 15.

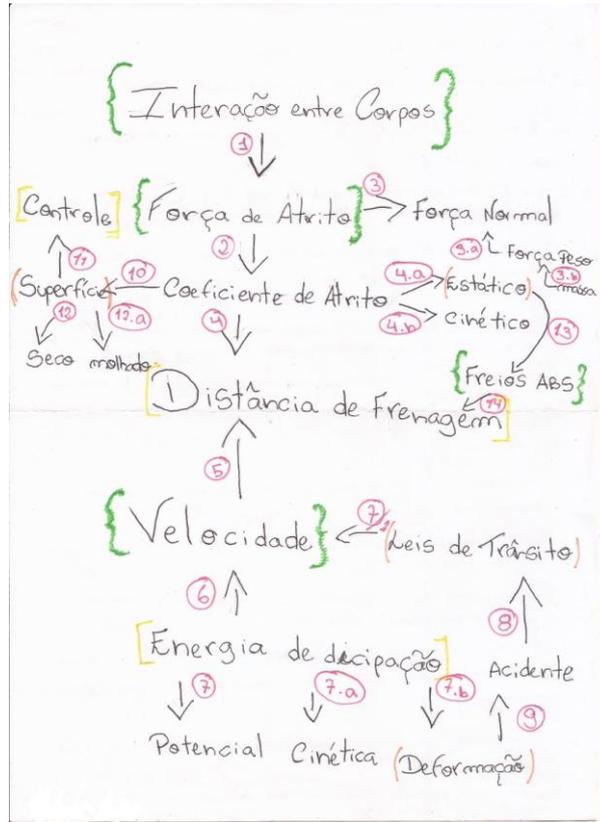


Figura 17: Mapa conceitual desenvolvido por um dos participantes do curso.

- 1- Para haver força de atrito é necessária interação entre corpos. (Ex: pneu asfalto)
- 2- Quanto maior o coeficiente de atrito maior a força.
- 3- Até um pequeno momento antes da derrapagem a força Normal é proporcional igual a força de atrito. Após a derrapagem a força de atrito é menor.
- 3.a/b- Força Normal é dada pela força peso
- 4.a/b- Há duas medidas para o coeficiente de atrito o estático que é antes da derrapagem e o cinético que é durante a derrapagem, maximo.
- 5- A velocidade está diretamente ligada a distância da frenagem. Sendo assim, quanto maior for a velocidade mais distante o veículo irá parar, ou seja, irá derrapar por uma distância maior.
- 6- Quanto mais alta for a velocidade do objeto maior será a quantidade de energia a ser dissipada para diminuir a velocidade e parar.
- 7- Para diminuir a velocidade, assim, diminuindo a energia de objeto há meios, como subir uma lomba ou coadinar com objetos de forma que a energia será usada na deformação desses. Além disso, freando.
- 7.2- Se respeitar as leis de trânsito e trafegar na velocidade permitida se houver uma colisão será menos danosa.
- 8- Muitos acidentes envolvendo veículos é devido ao desrespeito as leis de trânsito.
- 9- Quanto menor for a energia a ser gasta na deformação será menor os riscos de acidentes.
- 10- O coeficiente de atrito depende da superfície e de seu estado.
- 12.a- O coeficiente de atrito é maior em superfícies secas do que molhadas, pois o pneu entra melhor em contato com o asfalto.
- 11- Uma superfície seca e limpa com um coeficiente de atrito alto possibilita um melhor controle sobre o veículo.
- 13 e 14- O "freio Abs" utiliza o coeficiente de atrito estático, que é maior, pois não permite que o veículo derrape. Um carro com freios "Abs" terá uma distância de frenagem menor e maior controle do que um sem.

Figura 18: Parte explicativa do mapa conceitual apresentado na Figura 17.

Infelizmente nenhum participante produziu um mapa conceitual após a última aula, o que impossibilitou a análise sobre a evolução da aprendizagem através desta ferramenta, pois a relativa evolução na estrutura, hierarquização e ligação entre os conceitos apresentados num mapa conceitual pode ser uma forte evidência de aprendizagem significativa.

Os participantes tiveram uma oportunidade de avaliar o curso a partir do preenchimento do Questionário de Avaliação do Curso (APÊNDICE 5), ao término da última aula.

Anonimamente, foram preenchidos treze aspectos associados ao curso em geral e mais quatro aspectos pessoais com o julgamento de insuficiente (I), regular (R), bom (B) e muito bom (MB). As médias dos critérios apontados pelos participantes estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8: Resultados da avaliação do curso pelos participantes.

1. Tópicos de física abordados.	MB
2. Tópicos de legislação abordados.	MB
3. Discussões realizadas.	MB
4. Atividades práticas realizadas.	B
5. Maneira como foi conduzido o curso e as atividades.	B
6. Sequência dos tópicos abordados.	B
7. Estabelecimento de relações entre teoria e prática.	B
8. Qualidade do material entregue.	MB
9. Qualidade do material apresentado.	B
10. Pontualidade e aproveitamento do tempo do curso.	B
11. Carga horária.	B
12. Pré-requisitos.	B
13. Pode ser considerado um curso...	MB
1. Considero que fui um participante/aluno...	B
2. Tenho a impressão de que o que e quanto aprendi neste curso foi...	MB
3. Este curso mudou meu comportamento relativo ao trânsito.	B
4. Considero meu interesse por física.	R

Além disso, o questionário ofereceu um espaço para comentários, críticas e sugestões, onde destaco uma das manifestações de um dos participantes:

“O curso foi muito bom! Eu realmente entendi os tópicos abordados e me conscientizei sobre o uso do cinto de segurança”.

(Aluno X, participante do curso).

4. Conclusões e Considerações Finais

A educação para o trânsito se mostra essencial quando se evidencia um número assustador de mortes e lesões em acidentes. Mesmo estando prevista em lei (BRASIL, 2007), faz-se necessária uma mobilização por parte das instituições e educadores de todo país, em todos os níveis de ensino, na direção de trabalhos relacionados ao tema.

Nesta perspectiva, este projeto apresentou o planejamento e a aplicação de um material instrucional, que consiste num curso de Física e Segurança no Trânsito direcionado a jovens e adultos, visando à educação para o trânsito a partir da introdução de alguns conceitos de Física.

Grande parte dos trabalhos encontrados durante o levantamento da bibliografia básica relacionada ao tema está direcionada ao nível fundamental, não atingindo diretamente as maiores vítimas no trânsito: jovens e adultos de 18 a 25 anos (DENATRAN, 2014).

O planejamento do curso se fez a partir das sequências didáticas fundamentadas na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, Joseph Novak, D. B. Gowin e M. A. Moreira: as UEPS - Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.

No intuito de proporcionar uma aprendizagem significativa, procurou-se fazer, a partir das atividades propostas e situações-problema apresentadas, um levantamento do prévio conhecimento dos participantes acerca dos temas e apresentar uma sequência organizada dos conceitos relevantes, com grau crescente de dificuldade e complexidade.

Com cerca de vinte participantes, maioria formada por alunos das turmas do segundo ano do ensino médio, o curso proposto foi aplicado no Colégio La Salle Dores durante os meses de outubro e novembro de 2013.

Apesar dos alunos terem respondido bem às atividades teóricas e práticas propostas, em alguns momentos foram encontradas dificuldades: tempo insuficiente para se discutir todas as situações-problema previstas para a primeira aula, falta de

interesse na resolução das listas de exercícios e situações-problema mais complexas e falta de interesse na produção dos mapas conceituais solicitados.

Todas as situações citadas foram restritas aos alunos do segundo ano. Os alunos do terceiro ano do ensino médio se mostraram motivados, acompanharam todas as atividades propostas, resolveram as listas de exercícios e participaram da produção de pelo menos um mapa conceitual, indicando uma melhor adequação do material didático para alunos deste nível de conhecimento e maturidade.

Além disso, o curso foi realizado no turno inverso como uma atividade opcional e complementar, extracurricular, não oferecendo vantagens relacionadas às aulas regulares. O fato das atividades não valerem nota e dos conteúdos não caírem diretamente nas correntes provas pode ter contribuído para a falta de interesse de vários alunos na realização das tarefas.

A falta da produção de mapas conceituais por parte dos participantes comprometeu consideravelmente a avaliação e impossibilitou uma busca mais consistente por evidências de aprendizagem significativa, pois mapas conceituais são uma das melhores ferramentas para tal fim.

O Questionário de Avaliação Preliminar (APÊNDICE 4) aplicado na primeira e última aula acabou sendo a principal fonte de avaliação da aprendizagem individual, indicando um notável crescimento intelectual dos participantes diante o julgamento de situações-problema relacionadas a condutas, situações físicas e segurança no trânsito.

A avaliação do curso pelos participantes a partir do preenchimento do Questionário de Avaliação do Curso (APÊNDICE 5) apontou grande satisfação com os tópicos abordados e discussões desenvolvidas, além da qualidade dos materiais entregues. Entretanto, indicou uma necessidade de melhora nas atividades práticas, que poderiam ter sido mais exploradas.

Esta avaliação também evidenciou uma impressão, por parte dos participantes, de grande aprendizado e crescimento individual, além da contribuição para mudanças de comportamentos relativos ao trânsito, como o uso de cinto de segurança no banco de trás, por exemplo.

Portanto, disponibiliza-se um produto educacional, na forma de repositório digital, contendo os roteiros das aulas, guias de atividades e guia de apoio ao professor, além de vídeos e *slides*, para livre reprodução, adaptação e aplicação.

Espera-se que a comunidade educadora possa, com este material, disseminar conhecimentos e fomentar a formação de pessoas educadas e prudentes no trânsito, visando à informação e à conscientização de condutores, passageiros e pedestres.

O presente trabalho foi um dos vencedores no 7º Prêmio EPTC de Educação para o Trânsito, promovido pela Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), na categoria de trabalhos universitários, avaliado segundo critérios de adequação ao tema, clareza, objetividade, respeito às normas gramaticais e finalidade.

Referências Bibliográficas

- ARAGÃO, Ranvier Feitosa; Acidentes de Trânsito: Aspectos Técnicos e Jurídicos. Editora Millennium, 3ª Edição, São Paulo, 2003.
- AUSUBEL, D. P. *Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento*. Buenos Aires: *El Ateneo*, 1973.
- _____; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro. Ed. Interamericana, 1980. Tradução de Eva Nick *et al.* do original *Education Psychology*. New York, 1978.
- BRASIL. Lei nº 9.503/2007. Código de Trânsito Brasileiro – CTB, 2007.
- BROOKINGS INSTITUTION. Disponível em: <www.brookings.edu>, acessado em 27/09/2014.
- DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. Manual de Direção Defensiva Disponível em: <www.denatran.gov.br>, acessado em 27/09/2014.
- EPTC. Empresa Pública de Transporte e Circulação. Disponível em <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/eptc/>>, acessado em 27/09/2014.
- FACEBOOK. Rede social. Disponível em: <www.facebook.com>, acessado em 27/09/2014.
- GOWIN, D.B. *Educating*. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1981.
- KLEER, Ana Alzira; THIELO, Marcelo Resende; SANTOS, Arion. A física utilizada na investigação de acidentes de trânsito. Depto de Física – FURG (Rio Grande – RS). *Cad.Cat.Ens.Fis.* v.14, n2: p.160-169, ago.1997. Disponível em: <<http://www.modelciencias.furg.br/>>, acessado em 27/09/2014.
- LASALLE. Rede La Salle. Disponível em: < www.lasalle.edu.br>, acessado em 27/09/2014.
- MOREIRA, Marco Antônio. Mapas Conceituais e a Aprendizagem Significativa. *Revista Chilena de Educação Científica*, v.4, n.2, p.38-44, 2005.
- _____; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006.
- _____ Organizadores *Prévios e Aprendizagem Significativa*. *Revista Chilena de Educação Científica*, v.7, n.2, p.23-30, 2008.
- _____ *Aprendizagem Significativa Crítica*. 2010. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>>, acessado em 19/10/2014.

- _____ Teorias de aprendizagem. Editora EPU, 2ª Edição, São Paulo, 2011.
- _____ Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>, acessado em 19/10/2014.
- NCAP. Latin NCAP. Disponível em: <<http://www.latinncap.com/>>, acessado em 27/09/2014.
- NETO, Osvaldo Negrini; Dinâmica dos Acidentes de Trânsito: Análises e Reconstruções. Editora Millennium, 1ª Edição, São Paulo, 2003.
- NOVAK, J. D. Uma Teoria de Educação. São Paulo. Ed. Pioneira, 1981. Tradução de M. A. Moreira do original *A Theory of Education*. Cornell University Press, 1977.
- SILVEIRA, Fernando Lang. Um Interessante e Educativo Problema de Cinemática Elementar Aplicada ao Trânsito de Veículos Automotores: A Diferença entre 60km/h e 65km/h. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.28, n. 2, p.468-475, 2011.
- STEFFANI, Maria Helena; “Nos Embalos do Trânsito e da Ciência”, in FILIPOUSKI, Ana Mariza; SEFFNER, Fernando; KEHRWALD, Isabel Petry; SCHÄFFER, Neiva Otero, *Trânsito e Educação: Itinerários Pedagógicos*. Editora UFRGS, 2002, p. 147 – 160.
- VIAS SEGURAS. Associação por Vias Seguras. Disponível em: <<http://www.vias-seguras.com/>>, acessado em 19/10/2014.

Apêndices

APÊNDICE 1 - Cartaz de Divulgação

CURSO DE FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO

- PERÍCIA CRIMINAL**: reconstituição de acidentes; legislação.
 - ENGENHARIA**: itens de segurança automotiva; freios ABS.
 - “CRASH TESTS”**: testes de colisões automotivas.
 - FÍSICA APLICADA**: força de atrito, distâncias de frenagem, tempo de reação, colisões, etc.
- EXERCÍCIOS DE VESTIBULAR – ENEM e UFRGS.**

Prof. Henrique Goulart

LOCAL: Colégio La Salle Dores.

Segundas e Terças: 13h30min – 16h

Aula 1: 28/out

Aula 2: 29/out

Aula 3: 04/nov

Aula 4: 05/nov

Aula 5: 11/nov

Aula 6: 12/Nov



APÊNDICE 2 - Lista de Inscrição



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PPG EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



CURSO DE FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO

LISTA DE INSCRIÇÃO

NOME	TURMA	E-MAIL / Facebook
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		
13.		
14.		
15.		
16.		
17.		
18.		
19.		
20.		
21.		
22.		
23.		
24.		
25.		

APÊNDICE 3 – Lista de Presença



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 PPG EM ENSINO DE FÍSICA
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



CURSO DE FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO

LISTA DE PRESENÇA

NOME	TURMA	28 out	29 out	04 nov	05 nov	11 nov	12 nov
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							
11.							
12.							
13.							
14.							
15.							
16.							
17.							
18.							
19.							
20.							
21.							
22.							
23.							
24.							

APÊNDICE 4 – Questionário de Avaliação Preliminar



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 PPG EM ENSINO DE FÍSICA
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



CURSO DE FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO PRELIMINAR

Nome:

Para cada uma das afirmativas abaixo manifeste a sua opinião preenchendo a última coluna com

C, caso concordes; D, caso discordes e NS caso não saibas responder.

1. Com o carro em movimento, ao acionar os freios, ele para imediatamente.	
2. Mantendo velocidade de 60km/h, qualquer automóvel consegue parar, com segurança, em menos de 20m.	
3. A distância de segurança prevista pelo CTB (Código de Trânsito Brasileiro) é de 30m entre um veículo e outro.	
4. Um carro com certa velocidade percorre certa distância até parar. Nas mesmas condições, se ele estiver com o dobro da velocidade, percorrerá o dobro da distância até parar.	
5. Ao se dobrar a velocidade de um móvel, a energia associada ao seu movimento aumentará quatro vezes.	
6. A intensidade da força de atrito cinético (que acontece quando pneu desliza ou escorrega sobre a pista de rolamento) é maior do que a intensidade da força de atrito estático máxima (que pode acontecer quando pneu não desliza ou escorrega sobre a pista de rolamento).	
7. Em dias de chuva é recomendável andar com maior velocidade do que em dias ensolarados.	
8. Em dias de chuva a intensidade da força de atrito máximo entre os pneus e a estrada é menor do que em dias secos.	
9. A máxima eficiência na frenagem de um automóvel acontece quando os pneus são bloqueados, estancados pelo freio.	
10. A percepção de um obstáculo na pista leva um motorista alerta e atento a reagir em um intervalo de tempo que pouco afeta a distância para o automóvel parar.	
11. Os novos motores são mais potentes, mais econômicos e não poluem.	

12. Somente o motorista e o(s) passageiro(s) que estiverem na parte da frente de um veículo são obrigados a utilizar cintos de segurança.	
13. Falha mecânica é a principal causa de acidentes de trânsito.	
14. O limite de velocidade em vias urbanas chamadas de "arteriais", segundo o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) é de 80km/h.	
15. Bicycletas devem ser conduzidas à direita na pista de rolamento, ou pelo acostamento, e não andar sobre a calçada.	
16. Condutores de bicycletas são obrigados a respeitar semáforos, faixas de segurança ou limites de velocidades.	
17. Uso de celular não influencia no tempo de reação de um condutor.	
18. Um condutor sob efeito de drogas como álcool, maconha, cocaína, etc., consegue reagir instantaneamente em situações de emergência.	
19. Um condutor em perfeitas condições físicas e psicológicas reage e consegue acionar instantaneamente os freios em uma situação que exija uma parada repentina de emergência.	
20. Freios com sistema ABS servem para bloquear os pneus mais rapidamente, reduzindo as distâncias de frenagem.	
21. A energia mecânica sempre se conserva em qualquer tipo de colisão.	
22. Em asfalto seco ou molhado, o atrito entre a superfície e os pneus será o mesmo, mantendo as mesmas distâncias de frenagem.	

Itens adicionais:

1. Possui CNH (Carteira Nacional de Habilitação).	
2. Eu dirijo melhor após ingerir bebida alcoólica.	
3. Considero-me um bom condutor.	
4. Considero-me um bom pedestre.	
5. Considero-me uma pessoa informada e educada no trânsito.	

APÊNDICE 5 - Questionário de Avaliação do Curso



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 PPG EM ENSINO DE FÍSICA
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E
 EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

AVALIAÇÃO DO CURSO.

OBS: - Não é necessário se identificar!

- Preencha cada aspecto utilizando os seguintes critérios:

I = Insuficiente R = Regular B = Bom MB = Muito bom

1. Tópicos de física abordados.	
2. Tópicos de legislação abordados.	
3. Discussões realizadas.	
4. Atividades práticas realizadas.	
5. Maneira como foi conduzido o curso e as atividades.	
6. Sequência dos tópicos abordados.	
7. Estabelecimento de relações entre teoria e prática.	
8. Qualidade do material entregue.	
9. Qualidade do material apresentado.	
10. Pontualidade e aproveitamento do tempo do curso.	
11. Carga horária.	
12. Pré-requisitos.	
13. Pode ser considerado um curso...	

Itens adicionais:

1. Considero que fui um participante/aluno...	
2. Tenho a impressão de que <i>o que e quanto</i> aprendi neste curso foi...	
3. Este curso mudou meu comportamento relativo ao trânsito.	
4. Considero meu interesse por física.	

Comentários, críticas e/ou sugestões:

APÊNDICE 6 – Termo de Consentimento

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG _____, participante do curso FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO, no ano de 2013, que ocorrerá no Colégio La Salle Dores, declaro por meio deste termo que me voluntario a participar da coleta de dados para pesquisa científica. A pesquisa será realizada pelo mestrando Henrique Goulart da Silva Urruth, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação dos professores Maria Helena Steffani e Fernando Lang da Silveira.

Declaro que fui informado que o objetivo geral desta pesquisa é:

- aplicar um curso de física e educação para o trânsito.

Declaro que fui igualmente informado de que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas apenas em situações acadêmicas (e.g. elaboração de artigos científicos, palestras, seminários, trabalhos de conclusão de curso etc.), sem trazer minha identificação. Autorizo o uso, somente acadêmico, das fotos e gravações obtidas durante minha participação na disciplina.

Porto Alegre, _____ de _____ de 2013.

Maria Helena Steffani

Henrique Goulart da Silva Urruth

Assinatura do participante

APÊNDICE 7 – Certificado de Participação

**COLÉGIO LA SALLE –DORES
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

CERTIFICADO

Certifico que _____ participou do curso **FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO**, que ocorreu no Colégio La Salle Dores, nos dias 28 e 29 de outubro e 4, 5, 11 e 12 de novembro, no ano de 2013, com duração de 20 horas-aula. O curso foi ministrado pelo professor Henrique Goulart da Silva Urruth, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação dos professores Maria Helena Steffani e Fernando Lang da Silveira.

Prof. Henrique Goulart da Silva Urruth
Professor - Ministrante

Profa. Dra. Maria Helena Steffani
Professora - Orientadora



APÊNDICE 8 – Planejamento Aula 1



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 PPG EM ENSINO DE FÍSICA
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

PLANEJAMENTO AULA 1:

Tópicos

- Introdução ao curso.
- Avaliação preliminar.
- Causas de acidentes.
- Limites legais e excessos de velocidade.
- Força de atrito.

Objetivos

1. Reconhecer os problemas relacionados ao trânsito nos contextos social, científico-tecnológico e educacional.
2. Identificar o excesso de velocidade como fator determinante e principal causa de acidentes fatais no trânsito.
3. Conhecer os limites legais de velocidades para cada tipo de via.
4. Descrever qualitativamente a força de atrito.

Desenvolvimento

(30min) Apresentação do curso, dos participantes, do cronograma e das aulas.

(20min) Aplicação de questionário, como avaliação preliminar, para sondagem sobre as atitudes dos participantes relacionadas ao trânsito.

O objetivo do questionário de avaliação preliminar (APÊNDICE 4) é investigar, nos participantes do curso, conhecimentos sobre:

- 1) Principais causas de acidentes no trânsito.
- 2) Comportamento físico de um automóvel em diferentes situações.
- 3) Sistemas de segurança automotiva.
- 4) Atitudes de um condutor.
- 5) Legislação vigente.

(10min) Apresentação, guiada por *slides*, com notícias e informações atuais sobre o impacto social dos acidentes de trânsito no país e no mundo.

(30min) Discussão e levantamento, em grande grupo, das principais causas de acidentes de trânsito, buscando identificar o excesso de velocidade como fator determinante de acidentes com vítimas no trânsito. A discussão será motivada por perguntas como:

- Quais as principais causas de acidentes de trânsito?
- Qual fator ou causa é o maior responsável por acidentes fatais?
- O que se pode fazer para evitá-los?
- O desenvolvimento de itens de segurança automotiva é suficiente para suprir as potências dos motores e as velocidades legais e usuais?

Todos os fatores e causas levantados durante a discussão devem ser anotados e organizados no quadro, de forma que todos possam ver e acompanhar. A organização pode ser feita em forma de mapa mental, colocando as ideias e sugestões em torno do tema central: acidentes de trânsito.

(15min) Intervalo.

(15min) Vídeo do programa “Fantástico” do dia 9/10/2012.

(10min) Apresentação, a partir do Código de Trânsito Brasileiro - CTB, dos limites legais de velocidades coerentes com cada tipo de via.

(10min) Apresentação sobre força de atrito, discutindo a diferença entre os dois tipos de atritos: estático e dinâmico (ou cinético).

(40min) Resolução de questões conceituais sobre força de atrito com a utilização de cartões de resposta.



Figura 19: Cartões de resposta utilizados.

DINÂMICA DAS QUESTÕES CONCEITUAIS:

- O professor apresenta uma questão e os alunos, de forma individual, optam por uma das alternativas apresentadas e levantam os cartões.
- Se apresentarem, em grande maioria, a resposta correta, o professor discute rapidamente a questão e explica a alternativa correta, podendo passar para a próxima questão.
- Se apresentarem respostas diversas, abre-se um momento para discussão, entre colegas próximos que, de preferência tenham escolhido uma alternativa diferente, sobre qual alternativa é, então, a correta.
- Após a discussão entre os participantes, um novo momento para levantarem os cartões é oferecido. Geralmente, neste instante, a tendência é de cada vez mais alunos levantarem cartões com a resposta correta.

Estratégias de avaliação / Atividades de avaliação:

A avaliação é feita de maneira constante durante as discussões e atividades desenvolvidas, a partir do interesse e participação.

Recursos didáticos:

Sala com recursos multimídia: computador e projetor, quadro negro e giz ou quadro branco e marcadores.

APÊNDICE 9 - Planejamento Aula 2



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 PPG EM ENSINO DE FÍSICA
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

PLANEJAMENTO AULA 2:

Tópicos

- Força de atrito.
- Atividade 1: determinação de coeficientes de atrito cinético e estático entre blocos e diferentes superfícies.
- Atividade 2: determinação dos coeficientes de atrito cinético e estático entre pneu e superfícies em diferentes condições (seca e molhada, por exemplo).
- Apresentação e organização dos dados obtidos.

Objetivos

1. Descrever qualitativamente e quantitativamente a força de atrito.
2. Determinar coeficientes de atrito entre superfícies.

Desenvolvimento

(20min) Apresentação sobre força de atrito, discutindo a diferença entre os dois tipos de atritos: estático e dinâmico (ou cinético).

(30min) Explicação e aplicação da Atividade 1 (APÊNDICE 10), que consiste em determinar coeficientes de atrito entre diferentes superfícies.

(15min) Apresentação dos dados obtidos na atividade 1.

(15min) Intervalo.

(60min) Explicação e aplicação da Atividade 2 (APÊNDICE 11), que consiste em determinar coeficientes de atrito cinético e estático entre pneu e superfícies em diferentes condições.

(20min) Apresentação dos dados obtidos na atividade 2 e comparação com dados já existentes.

Estratégias de avaliação / Atividades de avaliação:

A avaliação é feita de maneira constante durante as discussões e atividades desenvolvidas, a partir do interesse e participação.

Recursos didáticos:

Sala com recursos multimídia: computador e projetor, quadro negro e giz ou quadro branco e marcadores.

APÊNDICE 10 - Atividade 1: Coeficientes de Atrito



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 PPG EM ENSINO DE FÍSICA
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

ATIVIDADE 1

Tópicos

- Determinação do coeficiente de atrito entre blocos e diferentes superfícies.

Objetivos

1. Determinar coeficientes de atrito entre superfícies.
2. Descrever qualitativamente e quantitativamente a força de atrito.

Desenvolvimento

Formação de pequenos grupos, de 3 a 5 integrantes.

Cada grupo receberá um dinamômetro e um bloco encapado com certo material.

Cada grupo terá a liberdade de utilizar o aparato e escolher alguma superfície plana para determinar os coeficientes de atrito estático e cinético.

Para determinar o coeficiente de atrito estático, o participante deve prender o dinamômetro ao bloco, posicioná-lo sobre uma superfície e puxar, horizontalmente, até o bloco atingir a iminência de se mover. Deve-se observar e anotar o valor observado no dinamômetro. Deve-se repetir algumas vezes e calcular a média das medidas, que pode ser feita por diferentes integrantes do grupo.

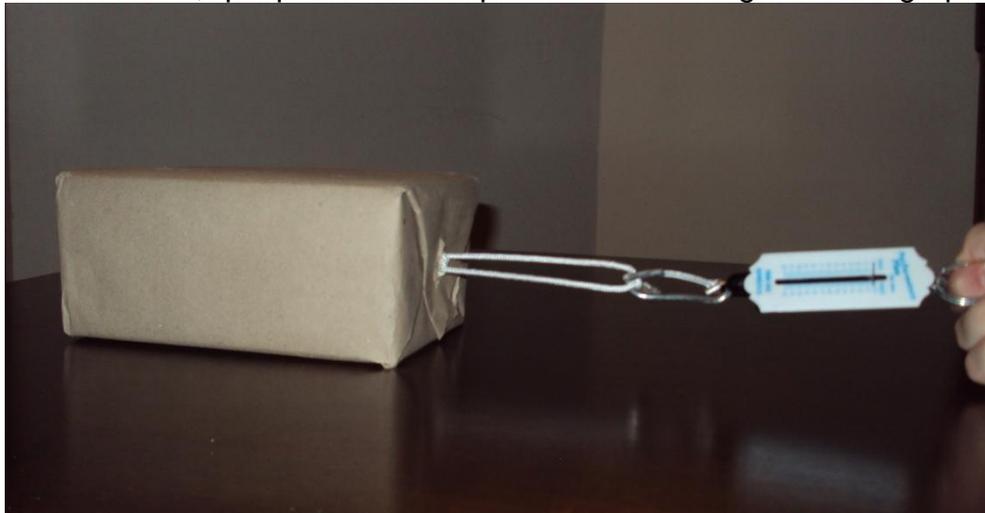


Figura 20: Bloco encapado com papel pardo sendo puxado sobre uma mesa para determinação da força de atrito entre o papel e a mesa.

Para determinar o coeficiente de atrito cinético, o participante deve prender o dinamômetro ao bloco, posicioná-lo sobre uma superfície e puxar, horizontalmente, procurando arrastar o bloco sobre a superfície com velocidade constante. Deve-se observar e anotar o valor observado no dinamômetro. Deve-se repetir algumas vezes e calcular a média das medidas, que pode ser feita por diferentes integrantes do grupo.

Os valores dos respectivos coeficientes de atrito são obtidos dividindo-se o valor do peso do bloco - que pode ser obtido suspendendo, na posição vertical, o bloco no dinamômetro – pelos respectivos valores obtidos nas medidas feitas com o bloco na horizontal.



Figura 21: Bloco pendurado verticalmente para determinação da intensidade da força peso sobre o bloco.

Apresentação dos dados que cada grupo obteve, indicando os coeficientes de atrito obtidos entre diferentes superfícies.

Recursos didáticos

Tijolos encapados com diferentes materiais (EVA, borracha, papel e tecido “TNT”) e dinamômetros.

Montagem experimental

O aparato experimental consiste em tijolos, de seis ou de quatro furos, encapados com diferentes materiais: EVA, borracha, papel e tecido “TNT”, por exemplo.

Os tijolos encapados devem ter um barbante ou algum tipo de corda para ser puxado por um aparelho capaz de medir força: balança de mão ou dinamômetro.

APÊNDICE 11 - Atividade 2: Coeficientes de Atrito entre Pneu e Asfalto



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PPG EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

ATIVIDADE 2

Tópicos

- Atividade 2: determinação dos coeficientes de atrito cinético e estático entre pneu e superfícies (asfalto e grama, por exemplo) em diferentes condições (seca e molhada, por exemplo).

Objetivos

1. Determinar coeficientes de atrito entre pneu e asfalto, em diferentes condições: seco e molhado.
2. Determinar coeficientes de atrito entre pneu e qualquer outra superfície, em diferentes condições: seca e molhada.
3. Descrever qualitativamente e quantitativamente a força de atrito.

Desenvolvimento

Formação de pequenos grupos, de 3 a 5 integrantes.

Deslocamento do grande grupo até um local, próximo e seguro, onde tenha uma pista com asfalto.

Cada grupo escolherá uma das situações abaixo para utilizar um aparato experimental constituído de uma tábua a qual foram fixados pedaços de pneus, para medir o respectivo coeficiente de atrito.

- 1) Asfalto: seco e molhado.
- 2) Asfalto: seco e molhado, com sobrepeso.
- 3) Superfície 2: seca e molhada.
- 4) Superfície 2: seca e molhada, com sobrepeso.
- 5) Superfície 3: seca ou molhada.
- 6) Superfície 3: seca ou molhada, com sobrepeso.

Para a determinação do coeficiente de atrito estático, o participante deve medir a força de atrito estático máxima. Para obter a medida, deve-se prender o dinamômetro à tábua, posicioná-la sobre a superfície escolhida e puxar, horizontalmente, até atingir a iminência de movimento. Deve-se observar e anotar o valor observado no dinamômetro. Deve-se repetir algumas vezes e calcular a média das medidas, que pode ser feita por diferentes integrantes do grupo.



Figura 22: Tábua com pedaços de pneus sendo puxada sobre uma superfície horizontal para se obter as medidas da força de atrito.



Figura 23: Obtenção da medida da força de atrito estático máxima, na iminência de derrapagem.

Para a determinação do coeficiente de atrito cinético, o participante deve medir a força de atrito cinético. Basta prender o dinamômetro à tábua, posicioná-la sobre a superfície e puxar, horizontalmente, arrastando-a com velocidade constante. Deve-se observar e anotar o valor observado no dinamômetro. Deve-se repetir algumas vezes e calcular a média das medidas, que pode ser feita por diferentes integrantes do grupo.



Figura 24: Obtenção da medida da força de atrito cinético, com o objeto deslizando com velocidade constante em relação à superfície.

Os valores dos respectivos coeficientes de atrito, estático e cinético, são obtidos dividindo-se os valores obtidos nas medidas feitas com o bloco na

horizontal pelo valor do peso sobre o conjunto - que pode ser obtido suspendendo a tábua, na posição vertical, na balança de mão.

OBS: - Por definição, o coeficiente de atrito é obtido dividindo-se o valor da respectiva força de atrito pela força normal entre as superfícies. Para o caso, em particular, de um objeto em repouso sobre uma superfície horizontal, o valor da força normal - do plano sobre o bloco - é igual à força peso sobre ele - gravitacional e verticalmente para baixo.



Figura 25: Obtenção da medida da força peso sobre a tábua com os pneus, com o objeto pendurado verticalmente.

Cada grupo deve organizar os dados obtidos, calcular as respectivas médias para cada conjunto de medidas e calcular o coeficiente de atrito obtido em cada situação.

Apresentação dos dados que cada grupo obteve, indicando os coeficientes de atrito obtidos entre as diferentes superfícies.

Recursos didáticos

Aparato experimental (tábua com pedaços de pneus), balança de mão e baldes com água.

Montagem experimental

O aparato experimental consiste em uma tábua com pedaços de pneus, presos com parafusos, com um gancho na parte frontal, e uma balança de mão utilizada como medidor de força.

Os baldes devem estar cheios com água para molhar as superfícies e se fazer as medidas das forças de atrito, de modo a obter, para cada tipo de superfície, um coeficiente de atrito do pneu com a superfície seca e molhada.



Figura 26: Aparato experimental - tábua com pedaços de pneus.



Figura 27: Vista do aparato, mostrando o gancho e os parafusos prendendo os pneus.

APÊNDICE 12 - Planejamento Aula 3



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 PPG EM ENSINO DE FÍSICA
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E
 EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

PLANEJAMENTO AULA 3:

Tópicos

- Determinação de distâncias de frenagem a partir do teorema trabalho-energia mecânica.
- Comparação de frenagens com e sem derrapagem.
- Sistemas de freios com ABS.
- Atividade 3: resolução de lista de exercícios de vestibulares e ENEM relativos ao tema.
- Atividade 4: construção de um mapa conceitual.

Objetivos

1. Determinar distâncias de frenagem em situações com e sem derrapagem.
2. Reconhecer a energia cinética como a energia associada ao movimento de um corpo.
3. Entender a relação entre a aplicação de uma força durante um deslocamento e a variação da energia mecânica.
4. Desenvolver a habilidade na resolução de problemas físicos.
5. Entender a construção de mapas conceituais.
6. Relacionar de maneira coerente os conceitos vistos nas aulas anteriores a partir da construção de um mapa conceitual.

Desenvolvimento

(20min) Apresentação sobre como determinar distâncias de frenagem em situações de emergência. Apresentar a energia cinética como a energia associada à velocidade de um corpo.

A partir de perguntas norteadoras, chegar à conclusão de que parar um veículo significa, fisicamente, reduzir para zero sua energia cinética. Mostrar que, a energia cinética deve ser convertida em outras formas de energia.

(30min) Apresentar a energia mecânica de um corpo como a soma das energias cinética e potenciais associadas a ele.

Mostrar, a partir do teorema trabalho-energia mecânica, uma maneira de determinar distâncias de frenagem em situações horizontais, concluindo que essas distâncias dependem diretamente do quadrado da velocidade do veículo e inversamente da aceleração gravitacional e do coeficiente de atrito entre os pneus e o solo.

(15min) A partir disso, questionar como tornar a frenagem mais eficiente. Mostrar a diferença entre freios com e sem sistema ABS.

(15min) Intervalo.

(45min) Apresentar e discutir as diferenças entre freios comuns e freios com sistema ABS a partir da apresentação de vídeos.

(45min) Atividade 3: entregar uma lista de exercícios contendo questões de vestibular e ENEM relativas ao assunto (APÊNDICE 14).

(30min) Atividade 4: Entregar material impresso (ANEXO 1) contendo as instruções de como construir um mapa conceitual. Leitura conjunta das instruções e apresentação de exemplos de mapas. Fazer um levantamento dos conceitos relevantes discutidos nas aulas anteriores.

Os mapas construídos devem ser apresentados no início da próxima aula.

Estratégias de avaliação / Atividades de avaliação:

A avaliação é feita de maneira constante durante as discussões e atividades desenvolvidas, a partir do interesse e participação.

Recursos didáticos:

Sala com recursos multimídia: computador e projetor, quadro negro e giz ou quadro branco e marcadores.

APÊNDICE 13 - Atividade 3: Resolução de Exercícios



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PPG EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E
EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

ATIVIDADE 3

Tópicos

- Atividade 3: resolução de lista de exercícios sobre força de atrito, distâncias de frenagem e freios ABS.

Objetivos

1. Desenvolver a habilidade em resolução de exercícios.
2. Desenvolver o raciocínio lógico e crítico na resolução de exercícios de concursos vestibulares e ENEM.

Desenvolvimento

Formação de pequenos grupos, de 3 a 5 integrantes.
Entrega de material impresso contendo a lista de exercícios propostos (APÊNDICE 14).
Cada grupo escolhe um ou dois exercícios para resolver e discutir em grande grupo.

Recursos didáticos

Sala de aula equipada de carteiras e mesas, material para escrever: canetas, lápis, etc.

APÊNDICE 14 - Lista de Exercícios Aula 3



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 PPG EM ENSINO DE FÍSICA
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E
 EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

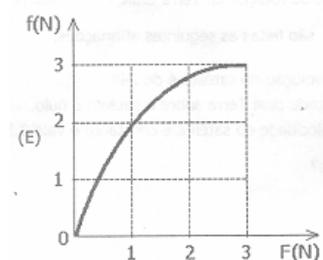
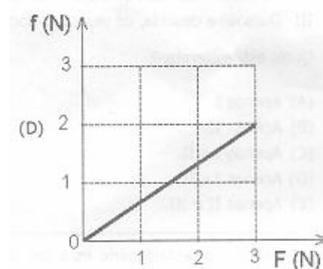
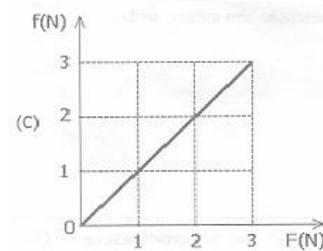
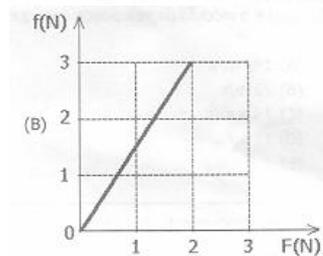
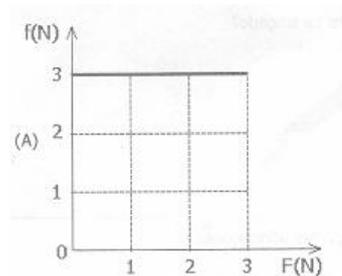
EXERCÍCIOS AULA 3 – FORÇA DE ATRITO, FRENAGEM E FREIOS ABS:

1) (UNICAMP - 2011) O sistema de freios ABS (do alemão “Antiblockier-Bremssystem”) impede o travamento das rodas do veículo, de forma que elas não deslizem no chão, o que leva a um menor desgaste do pneu. Não havendo deslizamento, a distância percorrida pelo veículo até a parada completa é reduzida, pois a força de atrito aplicada pelo chão nas rodas é estática, e seu valor máximo é sempre maior que a força de atrito cinético. O coeficiente de atrito estático entre os pneus e a pista é $\mu_e = 0,80$ e o cinético vale $\mu_c = 0,60$. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$ e a massa do carro $m = 1200 \text{ kg}$, o módulo da força de atrito estático máxima e a da força de atrito cinético são, respectivamente, iguais a

- 1200 N e 12000 N.
- 12000 N e 120 N.
- 20000 N e 15000 N.
- 9600 N e 7200 N.

2) (UFRGS – 2011) Um cubo maciço e homogêneo, cuja massa é de 1,0 kg, está em repouso sobre uma superfície plana horizontal. O coeficiente de atrito estático entre o cubo e a superfície vale 0,30. Uma força F , horizontal, é então aplicada sobre o centro de massa do cubo. (Considere o módulo da aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 .)

Assinale o gráfico que melhor representa a intensidade f da força de atrito estático em função da intensidade F da força aplicada.



Instrução: As duas próximas questões se referem ao enunciado abaixo.

Um cubo de massa 1,0 kg, maciço e homogêneo, está em repouso sobre uma superfície plana horizontal. Os coeficientes de atrito estático e cinético entre o cubo e a superfície valem, respectivamente, 0,30 e 0,25. Uma força F , horizontal, é então aplicada sobre o centro de massa do cubo.

(Considere o módulo da aceleração da gravidade igual a $10,0 \text{ m/s}^2$).

3) (UFRGS – 2010) Se a intensidade da força F é igual a 2,0 N, a força de atrito estático vale

- a) 0,0 N.
- b) 2,0 N.
- c) 2,5 N.
- d) 3,0 N.
- e) 10,0 N.

4) (UFRGS – 2010) Se a intensidade da força F é igual a 6,0 N, o cubo sofre uma aceleração cujo módulo é igual a

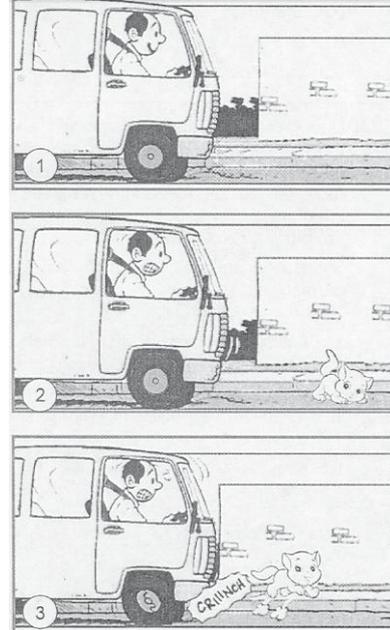
- a) $0,0 \text{ m/s}^2$.
- b) $2,5 \text{ m/s}^2$.
- c) $3,5 \text{ m/s}^2$.
- d) $6,0 \text{ m/s}^2$.
- e) $10,0 \text{ m/s}^2$.

INSTRUÇÃO. As próximas três questões estão relacionadas ao enunciado abaixo. O tempo de reação t_R de um condutor de um automóvel é definido como o intervalo de tempo decorrido entre o instante em que o condutor se depara com uma situação de perigo e o instante em que aciona os freios.

(Considere d_R e d_F , respectivamente, as distâncias percorridas pelo veículo durante o tempo de frenagem; e d_T , a distância total percorrida. Então, $d_T = d_R + d_F$).

Um automóvel trafega com velocidade constante de módulo $V = 54 \text{ km/h}$ em uma pista horizontal. Em dado

instante, o condutor visualiza uma situação de perigo, e seu tempo de reação a essa situação é de $4/5$ segundos, como ilustra na sequência de figuras abaixo.



5) (UFRGS – 2012) Considerando-se que a velocidade do automóvel permaneceu inalterada durante o tempo de reação t_R , é correto afirmar que a distância d_R é de

- a) 3,0m
- b) 12,0m
- c) 43,2m
- d) 60,0m
- e) 67,5m

6) (UFRGS – 2012) Ao reagir à situação de perigo iminente, motorista aciona os freios, e a velocidade do automóvel passa a diminuir gradativamente, a aceleração constante de módulo $7,5 \text{ m/s}^2$.

Nessas condições, é correto afirmar que a distância d_F é de

- a) 2,0m
- b) 6,0m
- c) 15,0m
- d) 24,0m
- e) 30,0m

7) (UFRGS – 2012) Em comparação com as distâncias d_r e d_f , já calculadas, e lembrando que $dt = d_r + d_f$, considere as seguintes afirmações sobre as distâncias percorridas pelo automóvel, agora com o dobro da velocidade inicial, isto é, 108 km/h.

I) A distância percorrida pelo automóvel durante o tempo de reação do condutor é $2d_r$.

II) A distância percorrida pelo automóvel durante a frenagem é de $2d_f$.

III) A distância total percorrida pelo automóvel é de $2d_T$.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) Apenas I e III.
- e) I, II, III.

Instrução: As próximas duas questões se referem ao enunciado abaixo.

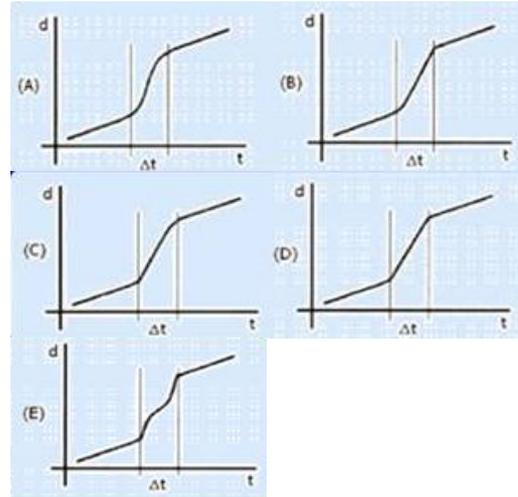
Um automóvel desloca-se por uma estrada retilínea plana e horizontal, com velocidade constante de módulo v .

8) (UFRGS – 2013) Em certo momento, o automóvel alcança um longo caminhão. A oportunidade de ultrapassagem surge e o automóvel é acelerado uniformemente até que fique completamente à frente do caminhão. Nesse instante, o motorista “alivia o pé” e o automóvel reduz a velocidade uniformemente até voltar à velocidade inicial v .

A figura abaixo apresenta cinco gráficos de distância (d) x tempo (t).

Em cada um deles, está assinalado o intervalo de tempo (Δt) em que houve variação de velocidade.

Escolha qual dos gráficos melhor reproduz a situação descrita acima.

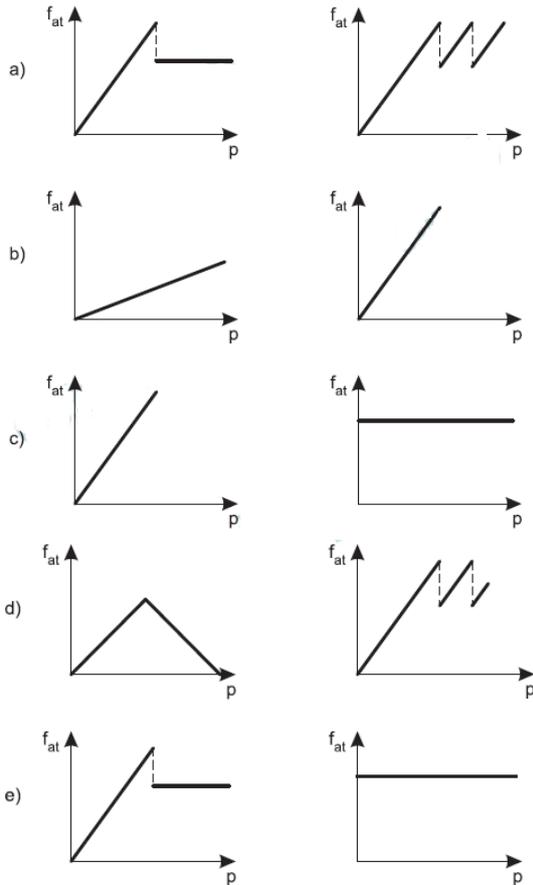


9) (UFRGS – 2013) Após algum tempo, os freios são acionados e o automóvel percorre uma distância d com as rodas travadas até parar.

Desconsiderando o atrito com o ar, podemos afirmar corretamente que, se a velocidade inicial do automóvel fosse duas vezes maior a distância percorrida seria.

- (A) $d/4$.
- (B) $d/2$.
- (C) d .
- (D) $2d$.
- (E) $4d$.

10) (ENEM2012) - Os freios ABS são uma importante medida de segurança no trânsito, os quais funcionam para impedir o travamento das rodas do carro quando o sistema de freios é acionado, liberando as rodas quando estão no limiar do deslizamento. Quando as rodas travam, a força de frenagem é governada pelo atrito cinético. As representações esquemáticas da força de atrito f_{at} entre os pneus e a pista, em função da pressão p aplicada no pedal de freio, para carros sem ABS e com ABS, respectivamente, são:



a) quando a roda “trava”, há uma perda de energia mecânica do sistema que deve ser evitada.

b) quando a roda “trava”, há um superaquecimento do sistema de freios que deve ser evitado.

c) a inércia do carro é maior com a roda “travada” do que com a roda girando.

d) a dirigibilidade do carro é maior com a roda “travada” do que com a roda girando.

e) o coeficiente de atrito estático é maior que o coeficiente de atrito cinético.

11) (PUC-MG) Muitos carros modernos estão equipados com um sistema de frenagem intitulado ABS, que evita que o pneu deslize quando os freios forem acionados. O sistema funciona através de um sensor que verifica, dezenas de vezes por segundo, se a roda “travou”, ou seja, parou de girar. Se isso ocorrer, ele momentaneamente libera aquela roda da ação do freio, para só voltar a aplicá-lo quando a roda retomar seu movimento normal de rotação.

Esse sistema garante frenagens mais seguras, e em espaço menor, porque:

GABARITO: 1-D, 2-C, 3-B, 4-C, 5-B, 6-C, 7-A, 8-A, 9-E, 10-???, 11-E

APÊNDICE 15 - Atividade 4: Construção de um Mapa Conceitual



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 PPG EM ENSINO DE FÍSICA
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E
 EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

ATIVIDADE 4

Tópicos

- Atividade 4: construção de um mapa conceitual.

Objetivos

1. Entender a construção de mapas conceituais.
2. Relacionar de maneira coerente os conceitos vistos nas aulas anteriores a partir da construção de um mapa conceitual.

Desenvolvimento

Entregar material impresso contendo as instruções de como construir um mapa conceitual (ANEXO 1).

Leitura conjunta das instruções e apresentação de exemplos de mapas.

Formação de pequenos grupos, de 3 a 5 integrantes.

Fazer um levantamento dos conceitos relevantes discutidos nas aulas anteriores.

Cada grupo deverá apresentar para o grande grupo seu mapa conceitual.

Recursos didáticos

Sala de aula equipada de carteiras e mesas, material para escrever: canetas, lápis, etc.

APÊNDICE 16 - Planejamento Aula 4



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 PPG EM ENSINO DE FÍSICA
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E
 EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

PLANEJAMENTO AULA 4:Tópicos

- Distâncias de parada em situações reais de tráfego.
- Atividade 5: Determinação de tempos de reação.
- Comparação de frenagens com e sem derrapagem.
- Atividade 6: Diferença de distância de parada a partir de uma situação problema – 60 km/h e 65 km/h.

Objetivos

1. Determinar distâncias de parada em situações com e sem derrapagem.
2. Determinar tempos de reação.
3. Comparar tempos de reação em situações esperadas e com distrações.
4. Desenvolver a habilidade na resolução de problemas físicos.

Desenvolvimento

(50min) Apresentações das atividades 3 e 4.

(15min) Apresentação do vídeo FIAT na Escola.

(10min) Analisar situações reais de parada, mostrando que, ao perceber um obstáculo, o condutor demora determinado tempo para reagir à situação, percorrendo determinada distância, chamada de distância de reação.

A distância total percorrida até a parada do móvel é, portanto, igual à soma da distância percorrida durante a percepção e o acionamento dos freios com a distância necessária para a frenagem.

(25min) Atividade 5: Determinação de tempos de reação (APÊNDICE 17).

(15min) Intervalo.

(10min) Apresentação de comparações entre distâncias totais de parada e as distâncias de segurança previstas em lei.

(5min) Apresentação do vídeo “Auto Esporte 10 km/h a mais”.

(60min) Atividade 6: apresentar o vídeo motivador da situação problema e apresentar o exercício desafio sobre a diferença de distâncias de parada entre automóveis a 60 km/h e a 65 km/h (APÊNDICE 18).

Cerca de 20 a 30min antes do término da aula, conferir e apresentar a solução do problema proposto.

Estratégias de avaliação / Atividades de avaliação:

A avaliação é feita de maneira constante durante as discussões e atividades desenvolvidas, a partir do interesse e participação.

Recursos didáticos:

Sala com recursos multimídia: computador e projetor, quadro negro e giz ou quadro branco e marcadores.

Réguas de no mínimo 30 cm.

APÊNDICE 17 - Atividade 5: determinação de tempos de reação



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PPG EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E
EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

ATIVIDADE 5Tópicos

- Atividade 5: determinação de tempos de reação.

Objetivos

1. Determinar tempos de reação.
2. Discutir fatores que podem influenciar neste tempo.

Desenvolvimento

Chamar alguns voluntários para a determinação de tempos de reação, servindo como exemplo para os demais.

Determinar tempos de reação dos participantes a partir das equações de movimento retilíneo uniformemente variado para a queda livre.

$$\Delta Y = V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$h = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

O deslocamento vertical de queda da régua é o ΔY , ou altura h . A aceleração é a de queda livre, simbolizada por g . Com a régua partindo do repouso, pode-se facilmente obter o tempo de reação pela equação:

$$t_{\text{reação}} = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$$

O aluno deve posicionar sua mão semiaberta em torno de uma régua de forma que seus dedos indicador e polegar fiquem próximos do marco zero. A régua é mantida suspensa na vertical pelo professor. Sem avisar previamente, o professor solta a régua. Assim que o aluno perceber que a régua foi solta, ele deve fechar os dedos e a segurar.

A medida indicada pela posição dos dedos na régua marca o deslocamento vertical de queda h , em cm. Com este dado e adotando-se valores de g em torno de 980 cm/s^2 , pode-se calcular o tempo de reação do aluno.

Todos que quiserem podem fazer o teste e o cálculo de seu tempo de reação. Podem, inclusive, tentar mais de uma vez, tentando obter tempos cada vez menores.

Os tempos de reação obtidos nessas condições geralmente estarão entre 0,2 e 0,5 segundo.

Após a primeira rodada de testes, escolher os alunos com menores tempos de reação e pedir para que repitam o teste durante outro tipo de ação simultaneamente: atendendo ao telefone, ou escrevendo uma frase qualquer em uma folha, conversando sobre um assunto qualquer, por exemplo.

Neste momento, o importante será perceber que, muito possivelmente, ele fechará os dedos muito mais abaixo da régua ou até mesmo nem conseguirá pegar a régua! Os tempos de reação em situações reais estão em torno de 1,5s.

Recursos didáticos: Réguas de no mínimo 30 cm.

APÊNDICE 18- Atividade 6: Situação-problema da frenagem a 60 km/h e a 65 km/h



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PPG EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E
EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

ATIVIDADE 6

Tópicos

- Atividade 6: resolução do problema da diferença na frenagem de dois automóveis, um a 60 km/h e outro a 65 km/h.

Objetivos

1. Desenvolver a habilidade em resolução de exercícios.
2. Discutir fatores que influenciam situações de frenagem de emergência.

Desenvolvimento

Apresentar o vídeo que compara duas situações de emergência: uma com um automóvel a 60 km/h e outro a 65 km/h.

O vídeo pode ser obtido ao acessar o endereço eletrônico:

<http://www.youtube.com/watch?v=OeDgcTOOYdo> (acessado em 23/09/2013).

Formar pequenos grupos, de 3 ou 4 integrantes, e apresentar o problema.

O problema foi proposto pelo professor Dr. Fernando Lang da Silveira, baseado em um instrutivo vídeo produzido na Austrália pelo Monash University Accident Research Centre (Centro de Pesquisa de Acidentes da Universidade Monash), instituição dedicada à pesquisa e à prevenção de acidentes com veículos automotores.

Diferença entre 60 km/h e 65 km/h! (LANG, 2011)

Um automóvel desloca-se a 60 km/h quando o motorista avista à sua frente um caminhão atravessado na pista. Transcorre um intervalo de tempo de 1 s entre a percepção do obstáculo pelo motorista e o início efetivo da frenagem do automóvel. A frenagem ocorre em situação ideal (pista seca, pneus desgastados, mas em bom estado, freios ABS) e o automóvel acaba por colidir com o caminhão, tendo no momento da colisão sua velocidade valendo 5 km/h (nesta velocidade a colisão produz estragos de pequena monta). Qual seria o valor da velocidade no momento da colisão caso o automóvel, nas mesmas condições, se deslocasse inicialmente a 65 km/h?

Durante a apresentação do problema e leitura em grande grupo, fazer uma breve reflexão sobre todos os possíveis fatores envolvidos na situação: situação da pista de rolamento, estado dos pneus, condições dos freios, estado do condutor, velocidades e acelerações, tempos e deslocamentos durante a frenagem, etc.

Esperar até cerca de 20 ou 15 minutos antes do final da aula e apresentar a solução do problema.

Pode-se, também, entregar uma cópia do artigo (ANEXO 2) que contém todo o problema e a solução.

Recursos didáticos

Sala de aula equipada com projetor de slides, carteiras e mesas, material para escrever: canetas, lápis, etc.

APÊNDICE 19 - Planejamento Aula 5



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 PPG EM ENSINO DE FÍSICA
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E
 EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

PLANEJAMENTO AULA 5:Tópicos

- Quantidade de movimento linear.
- Colisões elásticas e inelásticas.
- Resolução de problemas sobre colisões a partir da conservação da quantidade de movimento linear total.
- Atividade 7: Resolução de lista de exercícios de vestibulares relativos ao tema.

Objetivos

1. Associar as grandezas massa e velocidade com a Quantidade de Movimento Linear de um móvel.
2. Determinar tempos de reação.
3. Reconhecer a conservação da Quantidade de Movimento Linear como ferramenta para resolução de problemas físicos envolvendo colisões.
4. Diferenciar colisões elásticas e inelásticas.
5. Desenvolver a habilidade na resolução de exercícios.

Desenvolvimento

(20min) Apresentação sobre colisões, seus tipos e grandezas relacionadas.

A partir de perguntas norteadoras, apresentar a grandeza Quantidade de Movimento Linear como o produto da massa pela velocidade.

(30min) Mostrar como se utiliza a conservação da quantidade de movimento linear para relacionar as massas e velocidades dos corpos colidentes antes e após a colisão.

(30min) A partir de vídeos, mostrar e discutir fisicamente diversos tipos de colisões.

Apresentar alguns exercícios como exemplos e resolvê-los, em grande grupo, mostrando a aplicação da conservação da quantidade de movimento linear na resolução de problemas.

(15min) Intervalo.

(50min) Atividade 7: entregar uma lista de exercícios contendo questões de vestibulares relativas ao assunto (APÊNDICE 21).

Estratégias de avaliação / Atividades de avaliação:

A avaliação é feita de maneira constante durante as discussões e atividades desenvolvidas, a partir do interesse e participação.

Recursos didáticos:

Sala com recursos multimídia: computador e projetor, quadro negro e giz ou quadro branco e marcadores.

APÊNDICE 20 - Atividade 7: resolução de exercícios



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 PPG EM ENSINO DE FÍSICA
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E
 EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

ATIVIDADE 7

Tópicos

- Atividade 7: resolução de lista de exercícios sobre quantidade de movimento linear e sua conservação, colisões elásticas e inelásticas.

Objetivos

1. Utilizar a conservação da quantidade de movimento linear e sua conservação para resolver problemas relacionados a colisões.
2. Reconhecer o produto da massa pela velocidade de um corpo como sua quantidade de movimento linear.
3. Desenvolver a habilidade na resolução de problemas físicos.
4. Desenvolver o raciocínio lógico e crítico na resolução de exercícios de concursos vestibulares.

Desenvolvimento

Formação de pequenos grupos, de 3 a 5 integrantes.

Entrega de material impresso contendo a lista de exercícios propostos (APÊNDICE 21).

Cada grupo escolherá um ou dois exercícios para resolver e discutir em grande grupo.

Recursos didáticos

Sala de aula equipada de carteiras e mesas, material para escrever: canetas, lápis, etc.

APÊNDICE 21 - Lista de Exercícios Aula 5



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 PPG EM ENSINO DE FÍSICA
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E
 EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

LISTA DE EXERCÍCIOS AULA 5 – QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR E COLISÕES:

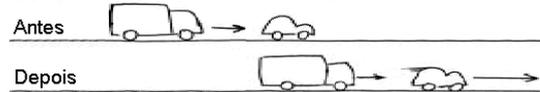
01. Dois vagões de trem, de massas 4×10^4 kg e 3×10^4 kg, deslocam-se no mesmo sentido, sobre uma linha férrea retilínea. O vagão de menor massa está na frente, movendo-se com uma velocidade de 0,5 m/s. A velocidade do outro é 1 m/s. Em dado momento, se chocam e permanecem acoplados. Imediatamente após o choque, a quantidade de movimento do sistema formado pelos dois vagões é

- a) $3,5 \times 10^4$ kg.m/s
- b) $5,0 \times 10^4$ kg.m/s
- c) $5,5 \times 10^4$ kg.m/s
- d) $7,0 \times 10^4$ kg.m/s
- e) $10,5 \times 10^4$ kg.m/s

02. (UFRGS) Num jogo de bilhar um jogador lança a bola branca (bola 1) com velocidade $v_1=4$ m/s em direção à bola preta (bola 2) que está parada ($v_2=0$). As bolas têm massas iguais e podem deslizar sem atrito sobre a mesa. Considerando-se que a colisão é perfeitamente elástica e frontal e que a velocidade inicial da bola branca é positiva, pode-se concluir que as velocidades das bolas, após a colisão, serão:

- a) $v_1=2$ m/s e $v_2=2$ m/s
- b) $v_1=-4$ m/s e $v_2=0$ m/s
- c) $v_1=0$ e $v_2=0$
- d) $v_1=-4$ m/s e $v_2=4$ m/s
- e) $v_1=0$ e $v_2=4$ m/s

03. Um caminhão de massa 3000 kg viajando com velocidade de 20m/s, por uma estrada envolta em uma densa neblina, colide repentinamente com um automóvel de massa 1000kg que estava parado na pista.



Após a colisão, o carro sai na mesma direção e sentido em que se movia o caminhão com velocidade de 30m/s. Pode-se concluir que a velocidade do caminhão, após colidir com o automóvel, é de

- a) 1m/s
- b) 5m/s
- c) 10m/s
- d) 15m/s
- e) 20m/s

04. Uma patinadora de 50 Kg e um patinador de 75 Kg estão em repouso sobre a pista de patinação, na qual o atrito é desprezível. O patinador empurra a patinadora e desloca-se para trás com velocidade de 0.3 m/s em relação ao gelo. Após 5 segundos, qual será a separação entre eles, supondo que suas velocidades permaneçam praticamente constantes?

- a) 3.0 m
- b) 4.0 m
- c) 1.5 m
- d) 4.5 m
- e) 3.75 m

05. Um canhão de 400 kg dispara um projétil de 5 kg, com velocidade de 200 m/s. A velocidade com que o canhão começa o seu recuo é, em m/s, de

- a) 20
- b) 10
- c) 5,0
- d) 4,0
- e) 2,5

06. Dois patinadores de mesma massa se deslocam numa mesma trajetória retilínea, com velocidades respectivamente iguais a 1,5 m/s e 3,5 m/s. O patinador mais rápido persegue o outro. Ao alcançá-lo, salta verticalmente e se agarra às suas costas, passando os dois a se deslocarem com velocidade v . Desprezando o atrito, calcule o valor de v .

- a) 1,5 m/s.
- b) 2,0 m/s.
- c) 2,5 m/s.
- d) 3,5 m/s.
- e) 5,0 m/s.

Instrução: A próxima questão se refere ao enunciado abaixo.

A figura que segue representa uma mola, de massa desprezível, comprimida entre dois blocos, de massas $M_1 = 1$ kg e $M_2 = 2$ kg, que podem deslizar sem atrito sobre uma superfície horizontal. O sistema é mantido inicialmente em repouso.



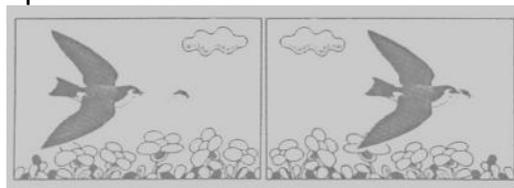
Num determinado instante, a mola é liberada e se expande, impulsionando os blocos. Depois de terem perdido contato com a mola, as massas M_1 e M_2 passam a deslizar com velocidades de módulos $V_1 = 4$ m/s e $V_2 = 2$ m/s, respectivamente.

07. (UFRGS) Quanto vale, em kg.m/s, o módulo da quantidade de movimento total dos dois blocos, depois de perderem contato com a mola?

- a) 0
- b) 4
- c) 8
- d) 12
- e) 24

08. (UFRGS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem que aparecem.

Nos quadrinhos a seguir, vemos uma andorinha em voo perseguindo um inseto que tenta escapar. Ambos estão em MRU e depois de um tempo, a andorinha finalmente consegue apanhar o inseto.



Nessas circunstâncias, pode-se afirmar que, imediatamente após apanhar o inseto, o módulo da velocidade final da andorinha é módulo de sua velocidade inicial, e que o ato de apanhar o inseto pode ser considerado com colisão

- a) maior que o - inelástica
- b) menor que o - elástica
- c) maior que o - elástica
- d) menor que o - inelástica
- e) igual ao - inelástica

09. (UFRGS) Duas bolas de bilhar colidiram de forma completamente elástica. Então, em relação à situação anterior à colisão,

- a) suas energias cinéticas individuais permaneceram iguais.
- b) suas quantidades de movimento individuais permaneceram iguais.
- c) a energia cinética total e a quantidade de movimento total do sistema permaneceram iguais.

- d) as bolas de bilhar se movem, ambas, com a mesma velocidade final.
 e) apenas a quantidade de movimento total permanece igual.

10. Encontra-se sobre uma superfície horizontal sem atrito um corpo de massa $2M$, inicialmente em repouso. Este é então atingido por um outro corpo de massa M que se move na mesma superfície. Se, após o choque, os dois corpos passam a se mover juntos, é CORRETO afirmar que a velocidade do corpo de massa M , após o choque, é:

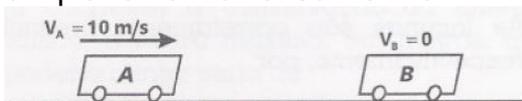
- a) aumentada para $3/2$ da sua velocidade inicial
 b) reduzida para $1/3$ da sua velocidade inicial.
 c) mantida inalterada.
 d) reduzida para $2/3$ da sua velocidade inicial.
 e) aumentada para $4/3$ da sua velocidade inicial.

11. Uma bola de futebol de massa igual a 300g atinge uma trave da baliza com velocidade de $5,0\text{ m/s}$ e volta na mesma direção com velocidade idêntica.

Qual o valor da variação da quantidade de movimento sofrida pela bola?

- a) 1,5
 b) 2,5
 c) 3,0
 d) 5,0
 e) 9,0

12. A figura abaixo representa dois carrinhos, A e B, de massas iguais em um plano horizontal sem atrito.



O carrinho B está em repouso e o carrinho A tem velocidade constante de intensidade igual a 10m/s . Os carrinhos colidem e ficam unidos após

a colisão. A velocidade dos carros, após a colisão, tem intensidade igual a

- (A) 0.
 (B) 10 m/s .
 (C) $5,0\text{ m/s}$.
 (D) 20 m/s .
 (E) $4,0\text{ m/s}$.

13. (UFRGS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas da sentença abaixo, na ordem em que aparecem.

Dois blocos, 1 e 2, de massas iguais, movem-se com velocidades constantes de módulos $V_{1i} > V_{2i}$, seguindo a mesma direção orientada sobre uma superfície horizontal sem atrito. Em certo momento, o bloco 1 colide com o bloco 2. A figura representa dois instantâneos desse movimento, tomados antes (X) e depois (Y) de o bloco 1 colidir com o bloco 2. A colisão ocorrida entre os instantes representados é tal que as velocidades finais dos blocos 1 e 2 são, respectivamente $V_{1f} = V_{2i}$ e $V_{2f} = V_{1i}$.



Com base nessa situação, podemos afirmar corretamente que a colisão foi..... e que o módulo do impulso sobre o bloco 2 foi que o módulo do impulso sobre o bloco 1.

- a) inelástica- o mesmo
 b) inelástica- maior
 c) perfeitamente elástica- maior
 d) perfeitamente elástica- o mesmo
 e) perfeitamente elástica – menor

14. (UFRGS) Um bloco deslizando com velocidade V sobre uma superfície plana sem atrito, colide com outro bloco idêntico, que está em repouso. As faces dos blocos que tocam na colisão são aderentes, e eles passam a se mover como um único objeto.

Sobre esta situação, são feitas as seguintes afirmações:

I) Antes da colisão, a energia cinética total dos blocos é o dobro da energia cinética total após a colisão.

II) Ao colidir, os blocos sofreram uma colisão elástica.

III) Após a colisão, a velocidade dos blocos é $V/2$.

Quais estão corretas?

A) Apenas I

B) Apenas II

C) Apenas III

D) Apenas I e III

E) I,II,III

GABARITO: 1-C, 2-E, 3-C, 4-E, 5-E, 6-C, 7-A, 8-D, 9-C, 10-B, 11-C, 12-C, 13-D, 14-D.

APÊNDICE 22 - Planejamento Aula 6



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 PPG EM ENSINO DE FÍSICA
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PROJETO FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO: UM CURSO DE FÍSICA E
 EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO PARA JOVENS E ADULTOS

PLANEJAMENTO AULA 6:Tópicos

- Testes de segurança automotiva: *crash tests*.
- Análise e reconstituição de um acidente de trânsito.
- Itens de segurança automotiva.

Objetivos

1. Reconhecer, analisar e aplicar corretamente as leis físicas utilizadas no trabalho de reconstituições periciais de acidentes de tráfego.
2. Aplicar o teorema que relaciona o trabalho de uma força e a energia mecânica de um corpo para estimar velocidades a partir de distâncias de frenagem.
3. Aplicar o teorema da conservação da quantidade de movimento linear total para estimar valores de velocidades antes e/ou após colisões.
4. Utilizar tempos de reação compatíveis com situações reais no trânsito.
5. Desenvolver a habilidade na resolução de problemas físicos.

Desenvolvimento

(25min) Apresentação sobre testes de colisões automotivas, guiada a partir da análise de vídeos de *crash tests*.

(10min) Retomar os itens discutidos nas aulas anteriores: forças de atrito, aplicação do teorema trabalho-energia mecânica na determinação de distâncias de frenagem, e conservação da quantidade de movimento linear na determinação de velocidades na estimativa de velocidades antes e/ou após colisões.

(20min) A partir de vídeos, mostrar casos de reconstituições periciais para apresentar exemplos das diversas técnicas periciais utilizadas em acidentes de tráfego.

(35min) Apresentar uma situação-problema com dados realísticos para se fazer uma análise mais aprofundada da aplicação das ferramentas vistas durante todo o curso.

(15min) Intervalo.

(30min) Apresentar vídeos de direção defensiva, discutindo e questionando sobre posturas e comportamentos de condutores e pedestres, assim como ciclistas.

(20min) Fechamento do curso (APÊNDICE 5), reflexões e vídeos, e segunda aplicação do questionário de avaliação preliminar (APÊNDICE 4), aplicado na primeira aula.

Estratégias de avaliação / Atividades de avaliação:

A avaliação é feita de maneira constante durante as discussões e atividades desenvolvidas, a partir do interesse e participação.

Recursos didáticos:

Sala com recursos multimídia: computador e projetor, quadro negro e giz ou quadro branco e marcadores.

APÊNDICE 23 – Slides utilizados nas aulas

Neste apêndice são apresentadas cópias dos *slides* utilizados nas aulas ministradas no curso.

Em todas as aulas em que este recurso didático foi utilizado, a projeção se iniciava com os *slides* identificadores do projeto (dois primeiros *slides* abaixo) e finalizava com o de agradecimento (terceiro *slide*).

Em cada aula foram utilizados os *slides* pertinentes ao conteúdo abordado, de acordo com o tempo disponível e o andamento natural da aula. A reapresentação e discussão de alguns dos slides apresentados em aula(s) anterior(es) é uma estratégia de ensino bastante útil e eficiente e foi utilizada durante a aplicação desse projeto.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
CREF - CENTRO DE REFÊRENCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO



ATIVIDADE:



FÍSICA E SEGURANÇA NO TRÂNSITO

Henrique Goulart da Silva Urruth

Coordenação: Profa. Dra. Maria Helena Steffani (IF-UFRGS)

e

Prof. Dr. Fernando Lang da Silveira (IF-UFRGS)

- Física e Segurança no Trânsito -



- Física e Segurança no Trânsito -

-Curso.

Datas dos encontros:
Segundas e Terças
à tarde,
13h30min - 16h

-Atestado de participação.

-Participantes.

Aula 1: 28/out

Aula 2: 29/out

-Cronograma:

Aula 3: 04/nov

-Termo consentimento.

Aula 4: 05/nov

Aula 5: 11/nov

-Avaliação preliminar.

Aula 6: 12/nov

- Física e Segurança no Trânsito -

- Informações gerais:

-No mundo todo, mais de 1 milhão de mortes por ano em acidentes de trânsito.

- No Brasil, são mais de 40 mil mortes por ano, incluídas aí mais de 3 mil crianças em idade escolar.

- Casos de mutilação e paraplegias severas causam, ano a ano, impacto de mais de 5 bilhões de reais no orçamento público brasileiro.

- Números só crescem: em três anos, no país, o número de mortes em acidentes de trânsito aumentou 9%.”

Fonte: <http://www.viacertanatal.com/2012/03/midia-e-transito.html>.

- Física e Segurança no Trânsito -

- Informações gerais:

“O trânsito no Brasil provoca 43 mil mortes por ano, três vezes mais que a guerra civil na Síria”.

Fonte: *site de notícias* 61.

- Física e Segurança no Trânsito -

- Informações gerais:

“Os acidentes de trânsito representam a 3ª causa de mortes na faixa de 30-44 anos; a 2ª na faixa de 5-14 e a 1ª na faixa de 15-29 anos de idade.”

Fonte: <http://www.institutosangari.org.br/instituto/>.
Waiselfisz, Julio Jacobo. Mapa da Violência 2012.
Os novos padrões da violência homicida no Brasil.
São Paulo, Instituto Sangari, 2012.

- Física e Segurança no Trânsito -

- Informações gerais:

Contabilizando as indenizações do Seguro DPVAT (Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre):

- 150 mortes e 596 pessoas inválidas por dia.
- 6,25 mortes por hora, ou quase 25 vítimas por hora.
- O trânsito brasileiro é um dos principais assassinos do País.
- 107 mil pessoas inválidas a cada seis meses.
- O custo social desse quadro é muito mais caro do que o total das indenizações pagas pelo DPVAT.

- Física e Segurança no Trânsito -

- Últimas notícias:

“Mais de 1,3 mil pessoas morreram nas estradas do Rio Grande do Sul de janeiro a agosto de 2013, segundo o Departamento Estadual de Trânsito (Detran).”

Nos últimos seis anos, mais de 500 pessoas morreram em acidentes na Região do Planalto do Rio Grande do Sul. Segundo os dados do Detran, 32% foram jovens de idade entre 18 e 24 anos. A imprudência dos motoristas e as más condições das estradas contribuem para o aumento dos acidentes.

- Física e Segurança no Trânsito -

- Últimas notícias:

“Operação registra mais de 500 acidentes de trânsito em 2 dias no RS
Desde a noite de quinta-feira foram realizados 608 testes de bafômetro. Previsão de chuva na noite deste domingo (13/10/2013) preocupa agentes.

Fonte: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/10>

- Física e Segurança no Trânsito -

- Últimas notícias:

“Desde a noite de quinta-feira (10) até a madrugada de sábado (12), a Operação Viagem Segura registrou 506 acidentes nas rodovias do Rio Grande do Sul, com 10 vítimas fatais e 306 feridos. Foram 7.416 infrações, com 48.713 veículos fiscalizados, 639 veículos recolhidos e 188 documentos de habilitação apreendidos.

Neste período, os agentes realizaram 608 testes de bafômetro, onde detectaram 125 condutores dirigindo embriagados. Do total, 62 foram enquadrados pela legislação em crime de trânsito, sendo encaminhados à delegacia. Como a previsão é de chuva para a noite de domingo (13) na maioria das regiões do estado, os agentes pedem que os motoristas redobrem a atenção no retorno do feriado.

Fonte: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/10>

- Física e Segurança no Trânsito -

- Últimas notícias:

“Motorista embriagado provoca acidente com morte em Sapiranga, RS. Jovem de 22 anos foi preso em flagrante pela Brigada Militar. Teste do bafômetro acusou 4 vezes acima do limite máximo tolerável.

(...) O teste do bafômetro do homem acusou 0,47 mg/l, quando o tolerável é de 0,13 mg/l. Ou seja, estava cerca de quatro vezes acima do limite”.

Fonte: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/10>

- Física e Segurança no Trânsito -

- Últimas notícias:

“IMPRUDÊNCIA

Jovem morre após sofrer acidente a caminho do Enem em Varginha, MG.

Motociclista bateu em uma carreta que invadiu a contramão na rodovia. Fernando Ximenes, de 26 anos, foi socorrido com vida, mas não resistiu.

Um rapaz de 26 anos que estava a caminho da prova do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) morreu após sofrer um acidente na BR-491, entre Varginha (MG) e Elói Mendes (MG). Segundo o Corpo de Bombeiros, uma carreta invadiu a contramão e acertou em cheio a motocicleta em que Fernando Ximenes estava, na tarde deste sábado (26). A vítima foi socorrida pelos bombeiros para o Hospital Bom Pastor, em Varginha, mas não resistiu aos ferimentos.

Fonte: <http://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2013/10/jovem-morre-apos-sofrer-acidente-caminho-do-enem-em-varginha-mg.html>

- Física e Segurança no Trânsito -

- Últimas notícias:

" O total de indenizações pagas entre janeiro e setembro deste ano superou a casa dos R\$ 1,6 bilhão."

Fonte: <http://www.dpvatsegurodotransito.com.br/>



Imagem: <http://www.institutosalus.com/noticias/saude-publica>

- Física e Segurança no Trânsito -

- Impacto social:

- Gastos públicos com acidentes de trânsito: R\$ 200 milhões em 2012.

- Motociclistas representam 48% das 153 mil vítimas internadas em hospitais da rede pública.

-30% dos leitos dos prontos-socorros são ocupados por vítimas de acidentes de trânsito, e 25% dos condutores que dão entrada nos hospitais morrem.

-Do total das internações, praticamente a metade (48%) envolve motociclistas."



Fonte: zerohora.clicrbs.com.br/rs/geral/noticia/2013/09

- Física e Segurança no Trânsito -

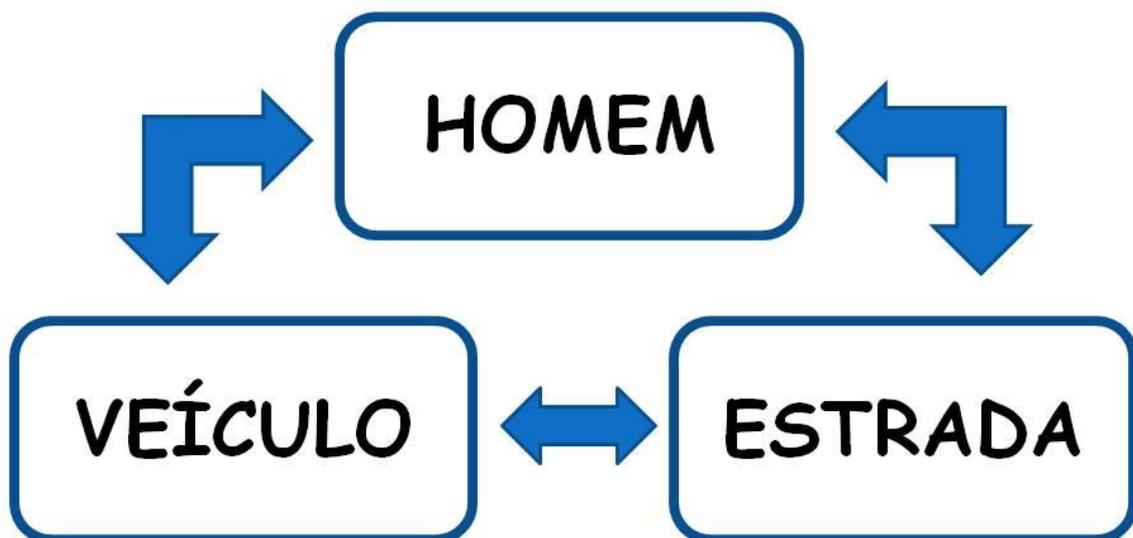
-Quais as principais causas de acidentes de trânsito?



-Mapa.

- Física e Segurança no Trânsito -

- Fatores associados às causas de acidentes de tráfego:



- Física e Segurança no Trânsito -

- Principais causas de acidentes:

- Condições do veículo: freios, pneus, suspensão, sistema de direção, elétrica, iluminação, entre outros;
- Condições dos condutores: imperícia, estado emocional, reflexos e concentração, distrações diversas, etc;
- Condições da via: sinalização, buracos, condições do piso da pista de rolamento, acostamento, desnivelamento, etc;
- Condições do ambiente: chuva, neblina e cerração, vento, iluminação, etc;
- Desrespeito às leis de trânsito!!!



- Física e Segurança no Trânsito -

- Qual fator ou causa é o principal responsável por acidentes fatais?



- Física e Segurança no Trânsito -

- Fator determinante na gravidade dos acidentes:



-EXCESSO DE VELOCIDADE!!!

- Física e Segurança no Trânsito -

- Acidentes: O que se pode fazer para evitá-los?



- Física e Segurança no Trânsito -

-O desenvolvimento de itens de segurança automotiva é suficiente para suprir as potências dos motores e as velocidades legais e usuais?



-Vídeo "Fantástico".

- Física e Segurança no Trânsito -

- Limites legais de velocidades:

- Lei 9503/97 - Código de trânsito Brasileiro - CTB.

Art. 61. A velocidade máxima permitida para a via será indicada por meio de sinalização, obedecidas suas características técnicas e as condições de trânsito.

§ 1º Onde não existir sinalização regulamentadora, a velocidade máxima será de:

I - nas vias urbanas:

- a) oitenta quilômetros por hora, nas vias de trânsito rápido;
- b) sessenta quilômetros por hora, nas vias arteriais;
- c) quarenta quilômetros por hora, nas vias coletoras;
- d) trinta quilômetros por hora, nas vias locais;

- Física e Segurança no Trânsito -

- Limites legais de velocidades:

- Código de trânsito Brasileiro - CTB.

Art. 61. A velocidade máxima permitida para a via será indicada por meio de sinalização, obedecidas suas características técnicas e as condições de trânsito.

II - nas vias rurais:

a) nas rodovias:

- 1) 110 (cento e dez) quilômetros por hora para automóveis, camionetas e motocicletas; (Redação dada pela Lei nº 10.830, de 2003)
- 2) noventa quilômetros por hora, para ônibus e micro-ônibus;
- 3) oitenta quilômetros por hora, para os demais veículos;

b) nas estradas, sessenta quilômetros por hora.

§ 2º O órgão ou entidade de trânsito ou rodoviário com circunscrição sobre a via poderá regulamentar, por meio de sinalização, velocidades superiores ou inferiores àquelas estabelecidas no parágrafo anterior.

- Física e Segurança no Trânsito -

- Penalidade para excessos de velocidades:

- Alterações do Código de Trânsito Brasileiro, Artigo 218, pela Lei 11.334 de 25/07/2006:

:: Infrações Leves			
PONTOS	MULTA	PENALIDADES	INFRAÇÕES
3	R\$ 53,20		Usar luz alta em via iluminada
3	R\$ 53,20		Buzinar Prolongadamente entre 22 e 6 horas
3	R\$ 53,20		Ultrapassar veículos em cortejo
3	R\$ 53,20	RT	conduzir sem portar documentos obrigatórios
3	R\$ 53,20		Estacionar afastado mais de 50 cm da calçada

:: Infrações Médias			
PONTOS	MULTA	PENALIDADES	INFRAÇÕES
4	R\$ 86,13		Atirar lixo na via pública
4	R\$ 86,13		Dirigir com fone de ouvido ou celular
4	R\$ 86,13	RV	Parar por falta de combustível
4	R\$ 86,13	RV	Estacionar a menos de 5 metros da esquina
4	R\$ 86,13		Dirigir com uma só mão
4	R\$ 86,13		Dirigir com o braço do lado de fora
4	R\$ 86,13		Estacionar na contra mão
4	R\$ 86,13		Excesso de Velocidade até 20% acima da rodovia / trânsito rápido ou 50% acima da via de trânsito local

SIGLAS DAS PENALIDADES

AV = Apreensão de veículo	CNH = Carteira Nac. de Habilitação
CCNH = Cassação da CNH	DET = Detenção de 6 meses a 3 anos
RC = Retenção da CNH	RDH = Recolhim. do docto. de habilitação
RT = Retenção do veículo	RV = Remoção do veículo
SDD = Suspensão do direito de dirigir	

- Física e Segurança no Trânsito -

- Penalidade para excessos de velocidades:

- Alterações do Código de Trânsito Brasileiro, Artigo 218, pela Lei 11.334 de 25/07/2006:

:: Infrações Graves				
PONTOS	MULTA	PENALIDADES	INFRAÇÕES	
5	R\$ 127,69		Conversão a direita ou esquerda proibida	
5	R\$ 127,69	RT	Veículo sem acionar limpador de para brisa na chuva	
5	R\$ 127,69	RT	Motorista ou Passageiro sem cinto de segurança	
5	R\$ 127,69	RV	Estacionar na calçada	
5	R\$ 127,69	RV	Estacionar em fila dupla	
5	R\$ 127,69		Não transferir o veículo em 30 dias	
5	R\$ 127,69		Não manter distância lateral ou frontal	
5	R\$ 127,69		Seguir veículo urgência (Bombeiro, Ambulância, Polícia)	
5	R\$ 127,69	RT	Conduz. veículo em mau estado de conservação	
5	R\$ 127,69	RT	Veículo expelindo fumaça ou gás nível superior ao permitido	
5	R\$ 127,69		Conversão em locais proibidos	
5	R\$ 127,69		Não dar seta para conversão	
5	R\$ 127,69		Ultrapassar pelo acostamento	
5	R\$ 127,69		Transitar em marcha a ré em trechos longos ou com perigo	
5	R\$ 127,69	RV	Estacionar viadutos / túneis / pontes	
5	R\$ 127,69		Ultrapassar veículo em fila ou sinal	
5	R\$ 127,69	RT	Não usar cinto de segurança	
5	R\$ 127,69	RT	Farol desregulado ou luz alta	

SIGLAS DAS PENALIDADES

AV = Apreensão de veículo	CNH = Carteira Nac. de Habilitação
CCNH = Cassação da CNH	DET = Detenção de 6 meses a 3 anos
RC = Retenção da CNH	RDH = Recolhim. do docto. de habilitação
RT = Retenção do veículo	RV = Remoção do veículo
SDD = Suspensão do direito de dirigir	

- Física e Segurança no Trânsito -

- Penalidade para excessos de velocidades:

- Alterações do Código de Trânsito Brasileiro, Artigo 218, pela Lei 11.334 de 25/07/2006:

Infrações Gravíssimas				
PONTOS	MULTA	PENALIDADES	INFRAÇÕES	
7	R\$ 574,00	AV	Dirigir sem ser habilitado	
7	R\$ 957,70	AV	Dirigir com CNH Cassada ou suspensa	
7	R\$ 191,54	AV	Dirigir com CNH vencida a mais de 30 dias	
7	R\$ 191,54	RC+RT	Dirigir sem óculos obrigatório	
7	R\$ 957,70	CCNH+RT+RV+SDD+DET	Dirigir sob efeito de álcool ou outro entorpecente	
7	R\$ 191,54	RT	Entregar veículo a pessoa sem condições	
7	R\$ 191,54	RT	Transportar criança sem proteção	
7	R\$ 191,54	RC+RT+SDD+RDH	Dirigir ameaçando pedestres	
7	R\$ 957,70	SDD+AV+RV+CCNH+DET	Promover ou participar de competição, exibição, rachas e demonstração de perícia	
7	R\$ 574,52	AV+RV+SDD+RC	Velocidade acima de 50% da máxima permitida	
7	R\$ 957,70	DD+RV+RC+DET	Não prestar socorro à vítima	
7	R\$ 191,54	RV	Estacionar na pista das estradas	
7	R\$ 191,54		Transitar pela contra mão em vias de sentido único	
7	R\$ 492,00		Transitar pela calçada, ciclovia, etc	
7	R\$ 191,54		Retorno proibido	
7	R\$ 191,54		Avançar sinal vermelho	
7	R\$ 191,54		Não dar preferência pedestre na faixa	
7	R\$ 191,54	AV+RT	Passageiro no compartimento carga	
7	R\$ 191,54	SDD+RC	Conduzir moto sem capacete	
7	R\$ 191,54	SDD+RC	Passageiro da moto sem capacete	
7	R\$ 191,54	SDD+RC	Conduzir moto com farol apagado	
7	R\$ 191,54	AV+RV+SDD+RC	Transpor bloqueio policial	
7	R\$ 191,54		Não reduzir velocidade perto de escola, etc.	
7	R\$ 191,54	AV	Veículo sem placa ou licenciamento	
7	R\$ 191,54	RV	Dirigir/exibir manobra perigosa	
7	R\$ 191,54		Não dar passagem a Bombeiros, Ambulância.	
7	R\$ 191,54		Ultrapassar pela contramão, etc	
7	R\$ 191,54	AV+RV	Bloquear via com o veículo	

SIGLAS DAS PENALIDADES

AV = Apreensão de veículo	CNH = Carteira Nac. de Habilitação
CCNH = Cassação da CNH	DET = Detenção de 6 meses a 3 anos
RC = Retenção da CNH	RDH = Recolhim. do docto. de habilitação
RT = Retenção do veículo	RV = Remoção do veículo
SDD = Suspensão do direito de dirigir	

- Física e Segurança no Trânsito -

- Penalidade para excessos de velocidades:

Multas e quantidades de pontos para infração de limites de velocidades:

1. Transitar em rodovias com velocidade de até 20% acima da máxima permitida, infração média. R\$ 86,13 e 4 pontos.
2. Entre 20% e 50% acima, infração grave. R\$ 127,69 e 5 pontos.
3. Mais de 50% infração Gravíssima - 7 pontos. Penalidade Multa - R\$ 191,54 (vezes 3 = R\$ 574,72) Suspensão do direito de dirigir. Suspensão imediata do direito de dirigir e apreensão da CNH.
4. Participar de racha ou pega - Multa gravíssima - Multa de R\$ 518,99, suspensão do direito de dirigir, apreensão e remoção do veículo e recolhimento do documento de habilitação.

- Física e Segurança no Trânsito -

Causa principal de acidentes GRAVES:

- EXCESSO DE VELOCIDADE !!!

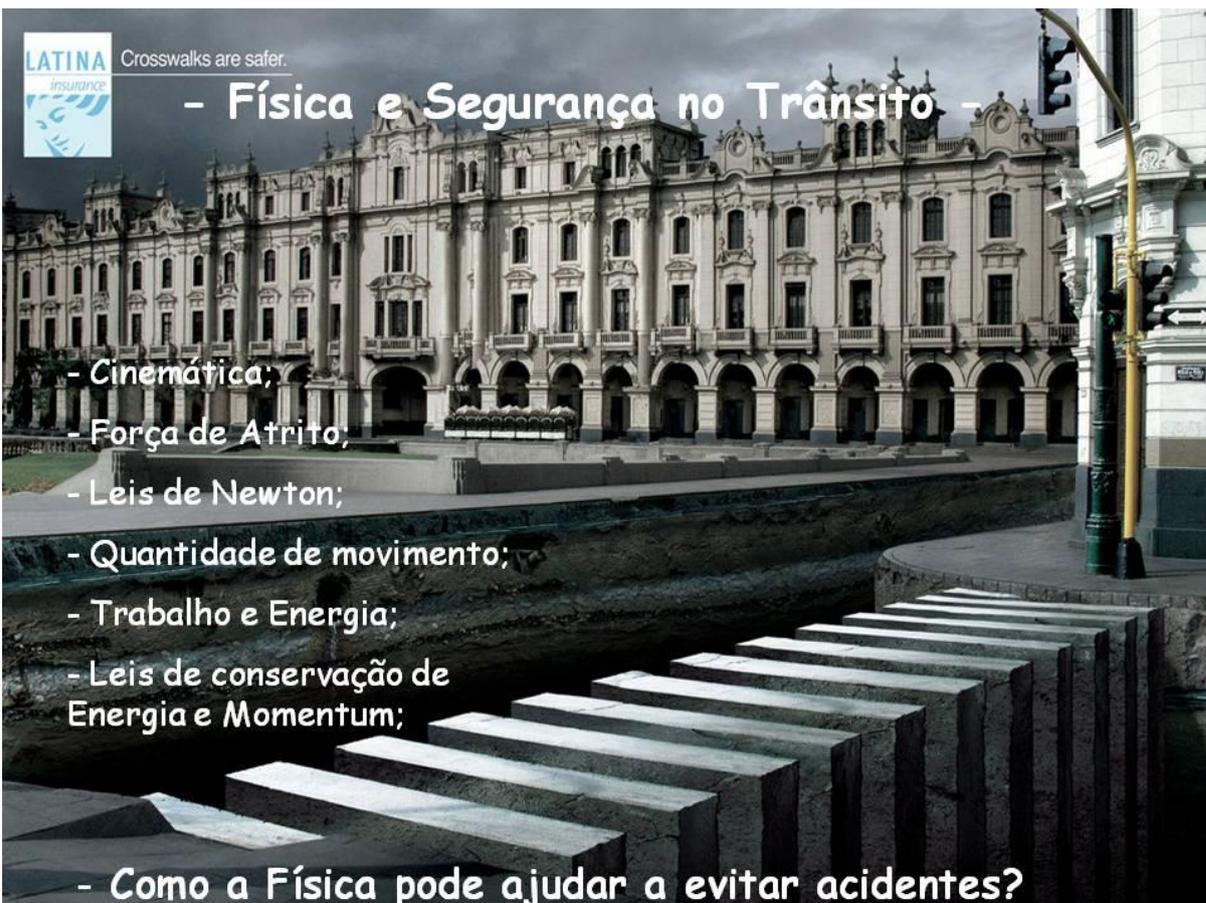
- PRF: mais de 80% dos acidentes acontecem em pistas em bom estado de conservação e nas retas, quando o motorista acaba abusando da velocidade e não cumpre as regras de segurança no trânsito!

- Carro tem 3 aceleradores: pedal acelerador, pedal de freio e o volante;

- Todos dependem do ATRITO dos pneus com a pista;

- Por que respeitar os limites de velocidade?





LATINA insurance
Crosswalks are safer.

- Física e Segurança no Trânsito -

- Cinemática;
- Força de Atrito;
- Leis de Newton;
- Quantidade de movimento;
- Trabalho e Energia;
- Leis de conservação de Energia e Momentum;

- Como a Física pode ajudar a evitar acidentes?

- Física e Segurança no Trânsito -

FORÇA DE ATRITO



- Física e Segurança no Trânsito - FORÇA DE ATRITO



Atrito



Fonte: <http://www.ufpa.br>



- Física e Segurança no Trânsito - FORÇA DE ATRITO



de Física

- Física e Segurança no Trânsito -

FORÇA DE ATRITO



UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL



IF
Instituto
de Física

- Física e Segurança no Trânsito -

FORÇA DE ATRITO



UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL



IF
Instituto
de Física

- Física e Segurança no Trânsito -
FORÇA DE ATRITO



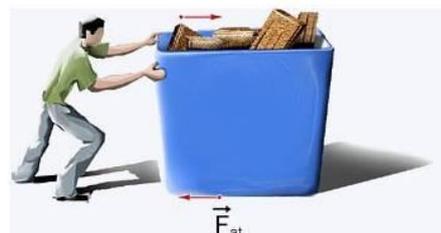
- Física e Segurança no Trânsito -
FORÇA DE ATRITO



www.pixmac.com

- Física e Segurança no Trânsito -

FORÇA DE ATRITO



- Física e Segurança no Trânsito -

FORÇA DE ATRITO



- Física e Segurança no Trânsito -

FORÇA DE ATRITO

- A força de atrito depende do contato entre as superfícies?
- A força de atrito depende da força de contato entre as superfícies?

- Física e Segurança no Trânsito -

FORÇA DE ATRITO

- A força de atrito depende dos tipos de superfícies?
- A força de atrito depende da área de contato entre as superfícies?

- Física e Segurança no Trânsito -

FORÇA DE ATRITO

- A força de atrito depende do fato de existir derrapagem ou não?

- Física e Segurança no Trânsito -

Força de Atrito cinético: força que se opõe ao movimento relativo entre as duas superfícies em contato.

- É de natureza eletromagnética.

$$F_A \propto N$$

- Sua intensidade (F_A) depende diretamente da intensidade Força Normal (N) entre as superfícies.

- Depende dos tipos de superfícies em contato e do polimento delas.

- Não depende da (aparente) área de contato.

- Física e Segurança no Trânsito -

Força de Atrito estático: força que se opõe ao movimento relativo que aconteceria entre as duas superfícies em contato caso não houvesse atrito.

- É de natureza eletromagnética.

$$F_A \propto N$$

- Seu valor máximo depende diretamente da intensidade da Força Normal entre as superfícies.

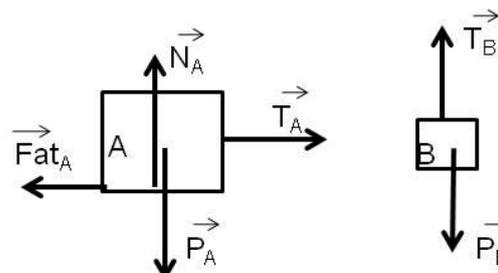
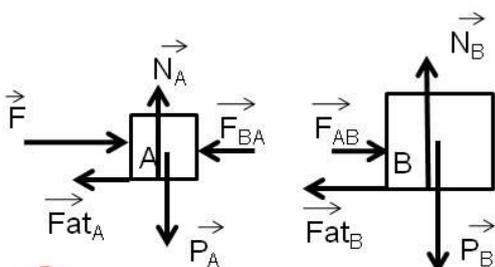
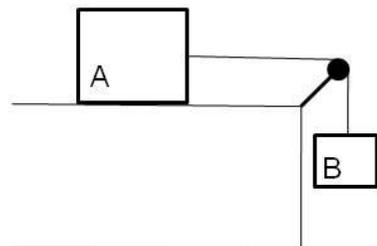
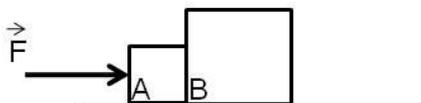
- Depende dos tipos de superfícies em contato e do polimento delas.

- Não depende da (aparente) área de contato.

- Física e Segurança no Trânsito -

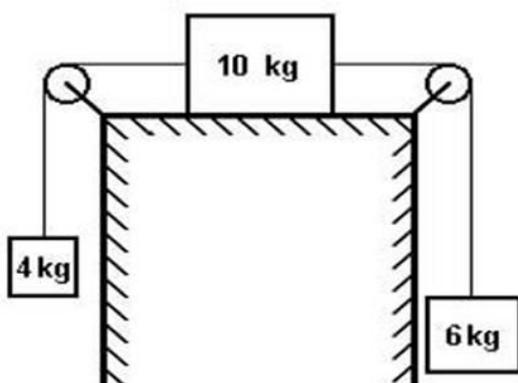
IDENTIFICAR FORÇAS:

- Diagramas de forças:



- Física e Segurança no Trânsito -

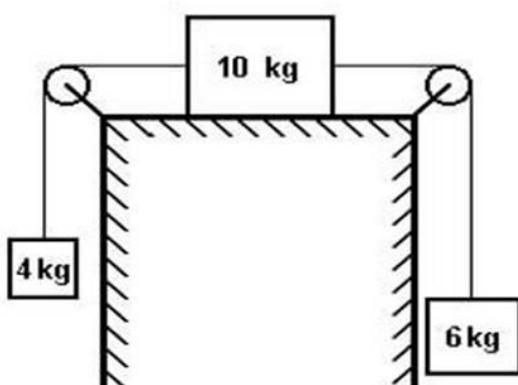
1) De acordo com a figura abaixo, se o bloco de 10kg permanece em repouso, quanto vale e para onde aponta a força de atrito sobre ele?



- A) 10N, para a direita.
- B) 10N, para a esquerda.
- C) 20N, para a direita.
- D) 20N, para a esquerda.
- E) Não há força de atrito.

- Física e Segurança no Trânsito -

2) De acordo com a figura abaixo, se o bloco de 10kg desliza com velocidade constante para a direita, quanto vale e para onde aponta a força de atrito sobre ele?



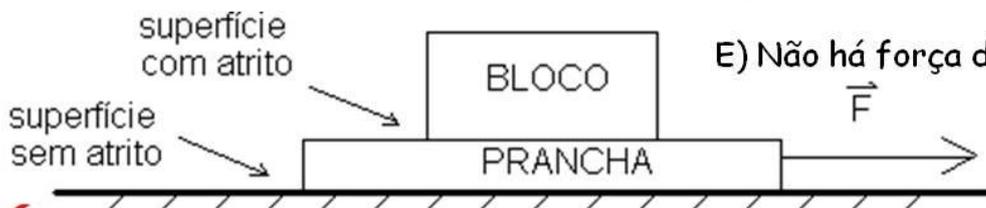
- A) 10N, para a direita.
- B) 10N, para a esquerda.
- C) 20N, para a direita.
- D) 20N, para a esquerda.
- E) Não há força de atrito.

- Física e Segurança no Trânsito -

3) O bloco e a prancha deslizam com velocidade constante sobre uma superfície, com atrito desprezível. Uma força "F" é, então, aplicada sobre a prancha.

Qual o sentido da força de atrito sobre o bloco?

- A) Para a direita.
- B) Para a esquerda.
- C) Para cima.
- D) Para baixo.
- E) Não há força de atrito.

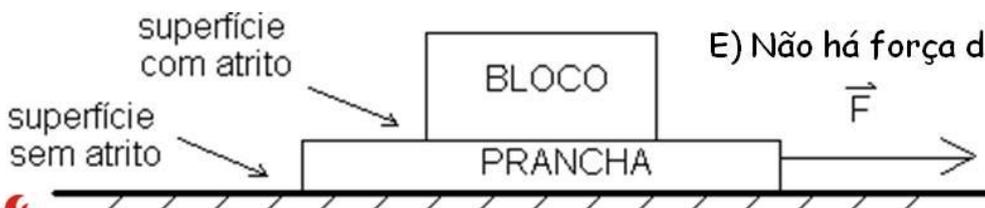


- Física e Segurança no Trânsito -

4) O bloco e a prancha deslizam com velocidade constante sobre uma superfície, com atrito desprezível. Uma força "F" é, então, aplicada sobre a prancha.

Qual o sentido da força de atrito sobre a prancha?

- A) Para a direita.
- B) Para a esquerda.
- C) Para cima.
- D) Para baixo.
- E) Não há força de atrito.



- Física e Segurança no Trânsito -

5) Em que sentido apontará a força de atrito nos pés da menina quando ela começar a caminhar para a direita?



- A) Para a direita.
- B) Para a esquerda.
- C) Para cima.
- D) Para baixo.
- E) Não há força de atrito.

- Física e Segurança no Trânsito -

6) Em que sentido apontará a força de atrito nos pés da menina quando ela estiver andando com velocidade para a direita e quiser parar?



- A) Para a direita.
- B) Para a esquerda.
- C) Para cima.
- D) Para baixo.
- E) Não há força de atrito.

- Física e Segurança no Trânsito -

(ENEM 2013) Uma pessoa necessita da força de atrito em seus pés para se deslocar sobre uma superfície. Logo, uma pessoa que se desloca sobre uma superfície plana e horizontal é auxiliada pela força de atrito que atua sobre os pés. Em relação ao movimento da pessoa, qual o sentido da força de atrito e o sentido do movimento?

- A) Perpendicular ao movimento e sentido para cima.
- B) Paralelo ao movimento e sentido para a direita.
- C) Paralelo ao movimento e sentido para a esquerda.
- D) Horizontal e sentido para a direita.
- E) Vertical e sentido para cima.



$v + f?$

- Física e Segurança no Trânsito -

7) Um automóvel, inicialmente em repouso sobre uma superfície plana horizontal, arranca para frente (direita). Qual o sentido da força de atrito que o piso exerce no pneu que o traciona?



- A) Para a direita.
- B) Para a esquerda.
- C) Para cima.
- D) Para baixo.
- E) Não há força de atrito.

- Física e Segurança no Trânsito -

8) Um automóvel se move com velocidade constante, para a direita, sobre uma pista plana e horizontal. O motorista, ao observar um obstáculo, aciona os freios que atuam nas quatro rodas até parar o carro. Qual é o sentido da força de atrito que o piso faz sobre cada pneu durante a frenagem?



- A) Para a direita.
- B) Para a esquerda.
- C) Para cima.
- D) Para baixo.
- E) Não há força de atrito.

- Física e Segurança no Trânsito -

FORÇA DE ATRITO

- A força de atrito depende do contato entre as superfícies?
- A força de atrito depende da força de contato entre as superfícies?

- Física e Segurança no Trânsito -

FORÇA DE ATRITO

- A força de atrito depende dos tipos de superfícies?
- A força de atrito depende da área de contato entre as superfícies?

- Física e Segurança no Trânsito -

FORÇA DE ATRITO

- A força de atrito depende do fato de existir derrapagem ou não?

- Física e Segurança no Trânsito -

Força de Atrito cinético: força que se opõe ao movimento relativo entre as duas superfícies em contato.

- É de natureza eletromagnética.

$$F_A \propto N$$

- Sua intensidade (F_A) depende diretamente da intensidade Força Normal (N) entre as superfícies.

- Depende dos tipos de superfícies em contato e do polimento delas.

- Não depende da (aparente) área de contato.

- Física e Segurança no Trânsito -

Força de Atrito cinético: força que se opõe ao movimento relativo entre as duas superfícies em contato.



- Física e Segurança no Trânsito -

Força de Atrito estático: força que se opõe ao movimento relativo que aconteceria entre as duas superfícies em contato caso não houvesse atrito.

- É de natureza eletromagnética.

$$F_A \propto N$$

- Seu valor máximo depende diretamente da intensidade da Força Normal entre as superfícies.

- Depende dos tipos de superfícies em contato e do polimento delas.

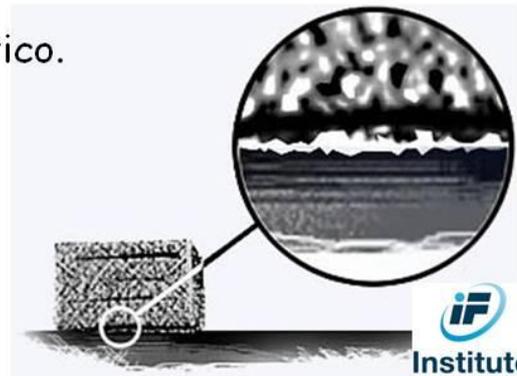
- Não depende da (aparente) área de contato.

- Física e Segurança no Trânsito -

-Força de Atrito Cinético ou Dinâmico - Derrapando!

$$F_{Ac} = \mu_c \cdot N$$

μ_c - Coeficiente de Atrito Cinético.



- Física e Segurança no Trânsito -

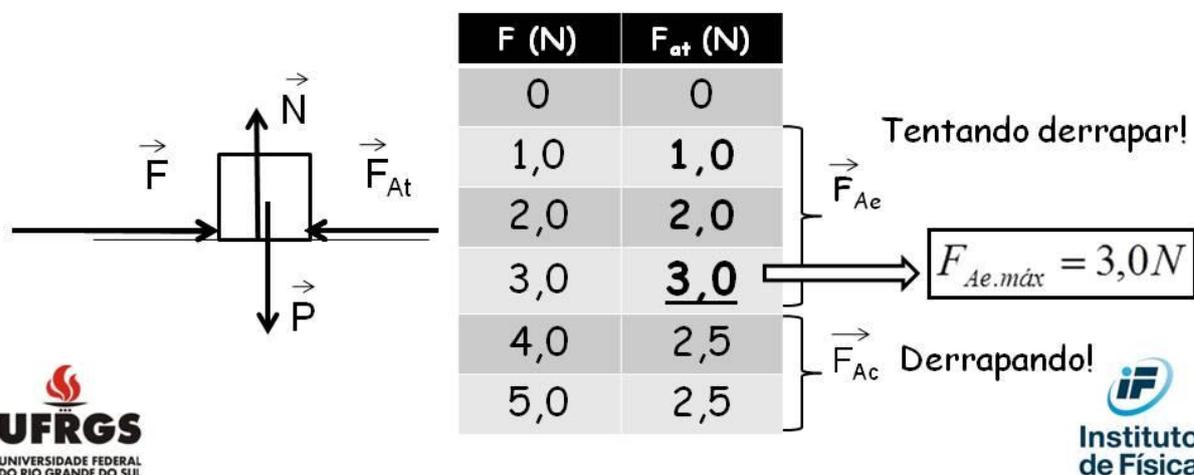
Força de Atrito Estático - Sem deslizamento!

Força de Atrito Estático **Máxima**

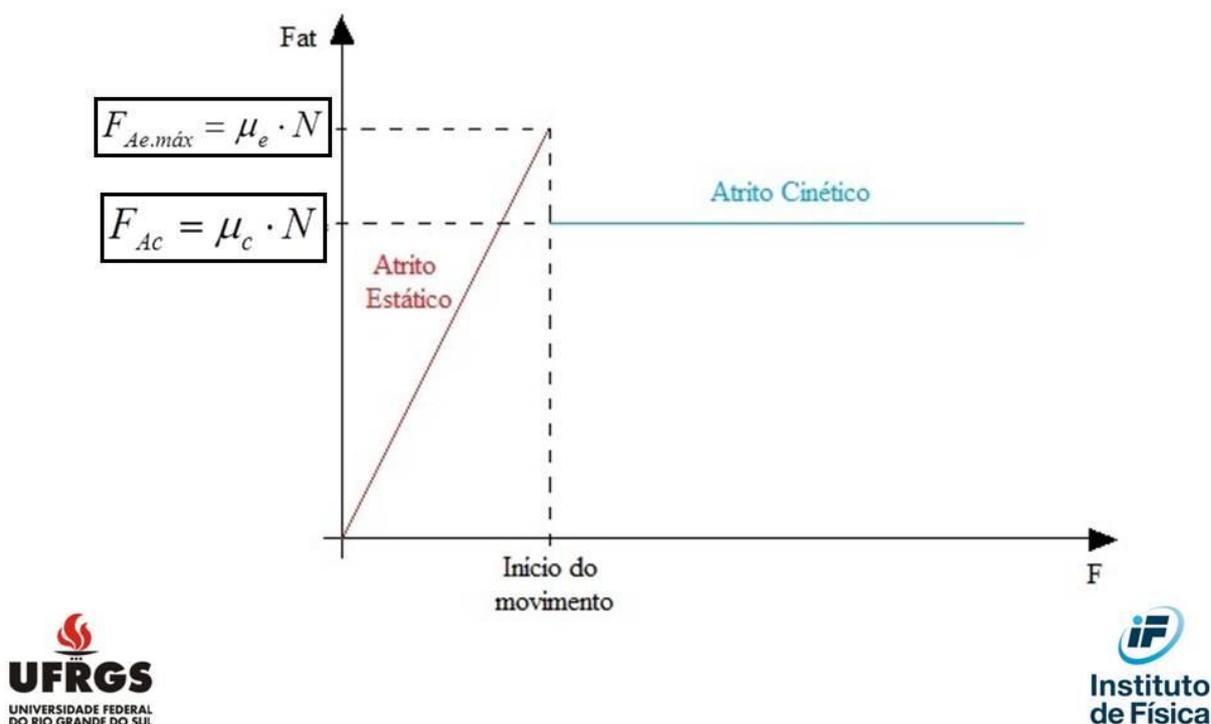
$$F_{Ae.máx} = \mu_e \cdot N$$

Força de Atrito Cinético ou Dinâmico - Deslizando!

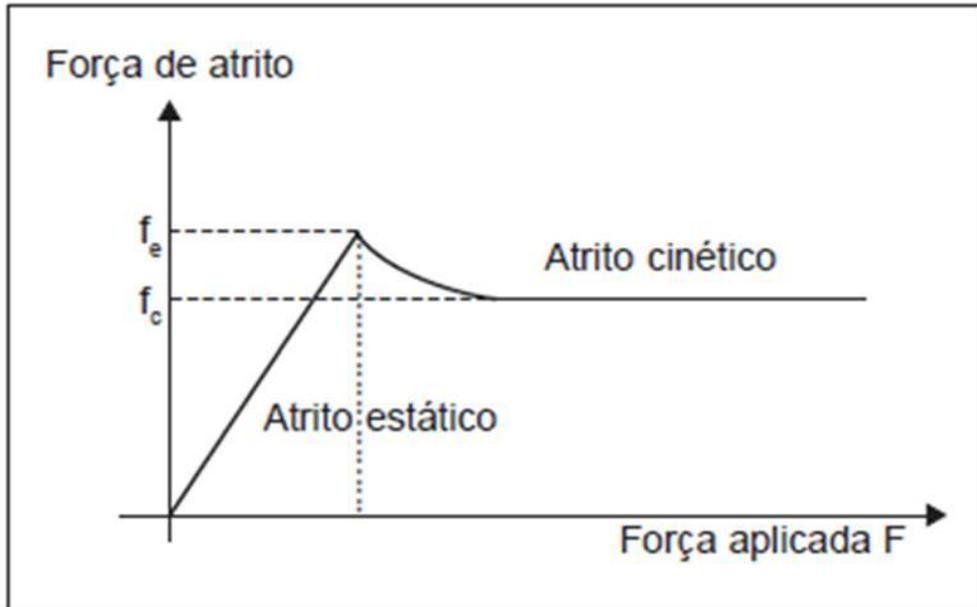
$$F_{Ac} = \mu_c \cdot N$$



- Física e Segurança no Trânsito -



- Física e Segurança no Trânsito -



- Física e Segurança no Trânsito -

- Determinação de coeficientes de atrito:

$$\mu_e = \frac{F_{AeMÁX}}{N}$$

$$\mu_c = \frac{F_{Ac}}{N}$$



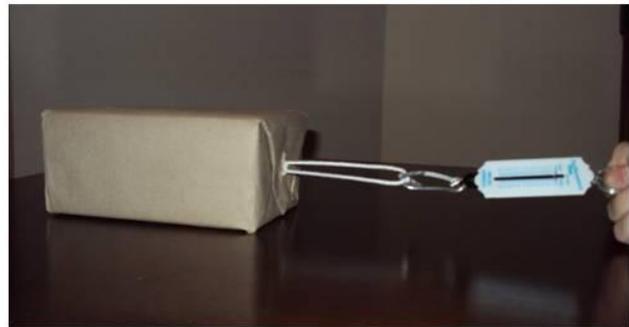
- Física e Segurança no Trânsito -

- Determinação de coeficientes de atrito:

μ_e - Coeficiente de Atrito Estático



$$\mu_e = \frac{F_{AeMÁX}}{N}$$



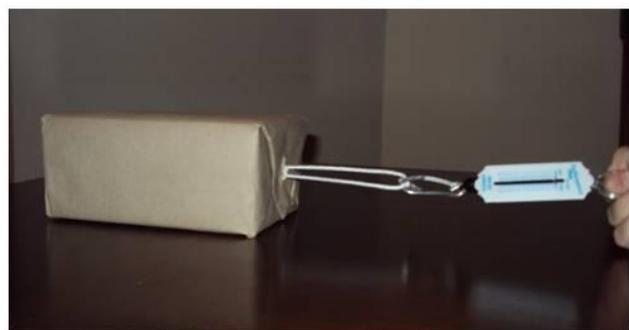
- Física e Segurança no Trânsito -

- Determinação de coeficientes de atrito:

μ_c - Coeficiente de Atrito Cinético



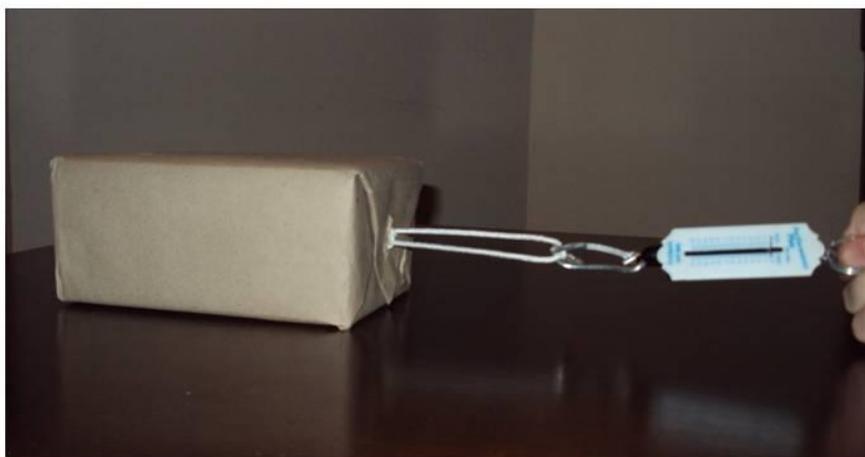
$$\mu_c = \frac{F_{Ac}}{N}$$



- Física e Segurança no Trânsito -

ATIVIDADE 1:

-Determinação de coeficientes de atrito.



- Física e Segurança no Trânsito -

ATIVIDADE 2:

-Determinação de coeficientes de atrito.



- Física e Segurança no Trânsito -
DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM



- Física e Segurança no Trânsito -
DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM



- Física e Segurança no Trânsito -

DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM



UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

if
Instituto
de Física

- Física e Segurança no Trânsito -

DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM



UFRGS
UNIVERSIDADE
DO RIO GRAND

if
stituto
Física

- Física e Segurança no Trânsito -
DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM




UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL




**Instituto
de Física**

- Física e Segurança no Trânsito -
DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM




UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL


**Instituto
de Física**

- Física e Segurança no Trânsito -
DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM

- Como determinar distâncias de frenagem em situações de emergência?

- Física e Segurança no Trânsito -
DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM

- Qual a energia associada ao movimento de um móvel?

- De quais grandezas essa energia depende?

- Física e Segurança no Trânsito -

Energia Cinética: Energia do movimento

- Energia relativa ao movimento:

ENERGIA CINÉTICA!

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

- Depende diretamente da MASSA do móvel.
- Depende diretamente da VELOCIDADE do móvel AO QUADRADO.

E_c	m
2 E_c	2 m
3 E_c	3 m
4 E_c	4 m
5 E_c	5 m
6 E_c	6 m

E_c	v
4 E_c	2 v
9 E_c	3 v
16 E_c	4 v
25 E_c	5 v
36 E_c	6 v
49 E_c	7 v
64 E_c	8 v

- Física e Segurança no Trânsito -

DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM

- O que se deve ou se pode fazer para parar um veículo em movimento?
- Para frear um automóvel o motorista depende da força de atrito entre os pneus e a pista?

- Física e Segurança no Trânsito -

DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM

• A energia relativa ao movimento do veículo:
ENERGIA CINÉTICA.

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

• Reduzir a velocidade:
reduzir a Energia Cinética.

- Energia Mecânica dissipada pelo Trabalho da Força de Atrito;

- Transformar a E_c em outros tipos de energia (energias potenciais, dissipação por atrito: som e calor, deformações...)

- Relação Trabalho-Energia Mecânica.

$$\Delta E_{M_{total}} = W_{F_{Nc}}$$



- Energia Mecânica -

ENERGIA MECÂNICA TOTAL:

$$E_T = E_c + E_{pg} + E_{pe}$$

- Energia Cinética: ("VELOCIDADE")

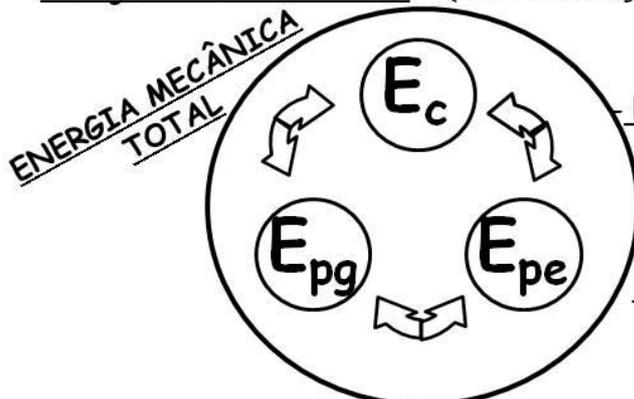
$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

- Energia Potencial Gravitacional: ("ALTURA/DESNÍVEL")

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

- Energia Potencial Elástica: ("DEFORMAÇÃO ELÁSTICA")

$$E_{pe} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$



- Forças conservativas: conservam a E_T .

- Forças NÃO conservativas: podem aumentar ou reduzir a E_T .

- Forças dissipativas: reduzem a E_T .

- Testes de Colisões -

Conservação da Energia Mecânica Total

ENERGIA MECÂNICA TOTAL:

$$E_T = E_c + E_{pg} + E_{pe}$$

- Forças conservativas: conservam a E_T .

Ex.: Força gravitacional, força elástica, força elétrica.

- Forças NÃO-conservativas: podem aumentar ou reduzir a E_T .

Ex.: Força de atrito estático.

- Forças dissipativas: reduzem a E_T .

Ex.: Força de atrito cinético.

- Física e Segurança no Trânsito -

Energia Mecânica

• A energia relativa ao movimento do veículo = ENERGIA CINÉTICA;

• Reduzir a velocidade = reduzir a Energia Cinética;

- Transformar a E_c em outros tipos de energia (energias potenciais, dissipação por atrito: som e calor, deformações...)

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

- Energia Mecânica dissipada pelo Trabalho da Força de Atrito;

$$W_{F_a} = F_a \cdot d \cdot \cos \varphi$$

$$F_a = N \cdot \mu$$

$$W_{F_a} = N \cdot \mu \cdot d \cdot \cos \varphi$$

- Testes de Colisões -

- Lei da conservação de Energia Mecânica Total e relação da Energia com o Trabalho de uma força;

$$\Delta E_{M_{total}} = W_{F_{Nc}}$$

$$\Delta E_{M_{total}} = \Delta E_c + \Delta E_{pot} = W_{F_{Nc}}$$

$$\Delta E_c = W_{F_a}$$

$$E_{cf} - E_{ci} = F_a \cdot d \cdot \cos \varphi$$

$$-\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_i^2 = -N \cdot \mu \cdot d$$

$$N = P_m = m \cdot g$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_i^2 = m \cdot g \cdot \mu \cdot d$$

$$\frac{1}{2} \cdot v_i^2 = g \cdot \mu \cdot d$$

- Distância necessária para parar o veículo:

$$d = \frac{v_i^2}{2g\mu}$$

VELOCIDADE (Km/h) e (m/s)		FRENAGEM (m)
20	5,6	2,0
30	8,3	4,4
40	11,1	7,9
50	13,9	12,3
60	16,7	17,7
70	19,4	24,1
80	22,2	31,5
90	25,0	39,8
100	27,8	49,2
110	30,6	59,5
120	33,3	70,8
130	36,1	83,1
140	38,9	96,4

g (m/s ²)	Coefficiente de Atrito Cinético
9,81	0,80

- Física e Segurança no Trânsito -

DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM

- Suponha que você esteja trafegando de carro numa rodovia, quando percebe à sua frente um pedestre atravessando-a. Imediatamente você aciona o freio do automóvel. O que faz veículo parar?

- Em que condição essa frenagem seria mais eficiente?

$$d = \frac{v_i^2}{2g\mu}$$

- Física e Segurança no Trânsito -

DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM

- Qual a diferença entre o uso de freios comuns, que permitem o travamento das rodas, e o sistema de freios ABS?



- Física e Segurança no Trânsito -

DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM

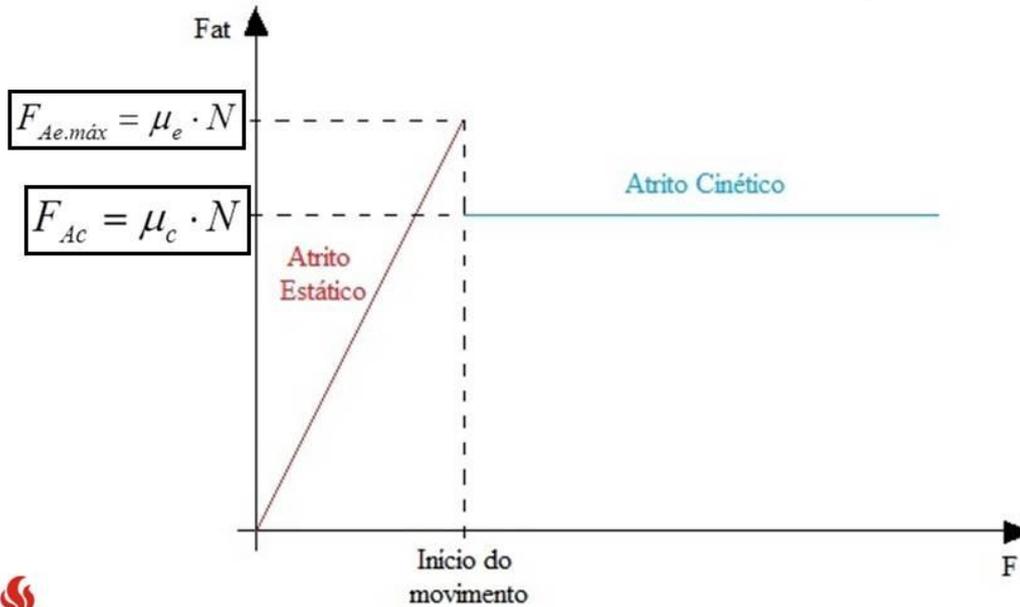
- ABS (Antiblockier-Bremssystem), sistema antibloqueio de frenagem.
- Obrigatório para 100% os veículos novos comercializados no Brasil a partir de janeiro de 2014.

- Vídeo "Auto Esporte - ABS".

- Física e Segurança no Trânsito -

DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM

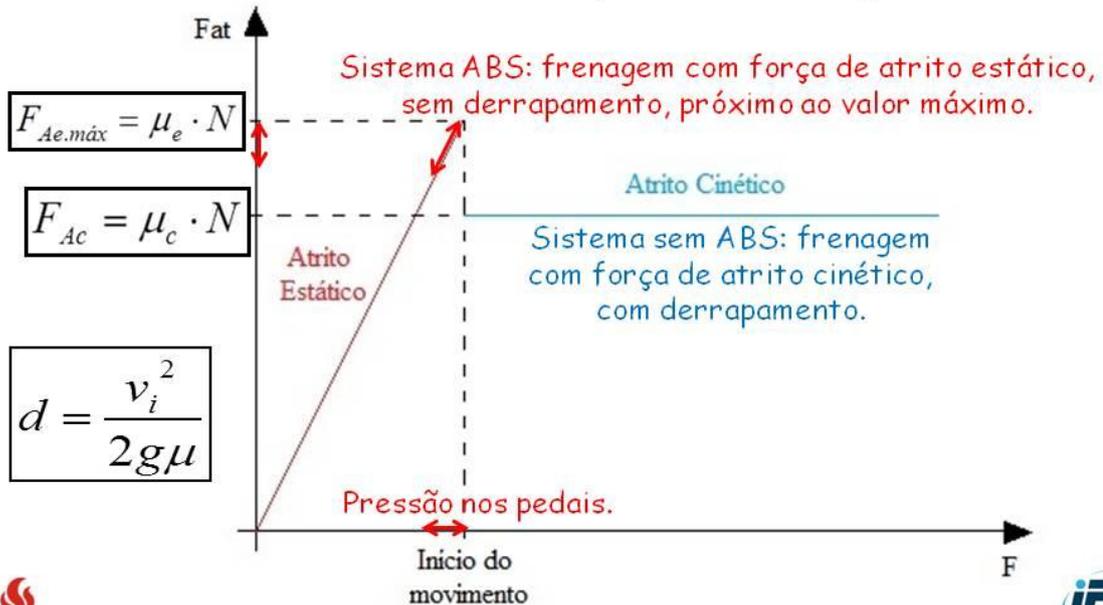
- ABS: sistema antibloqueio de frenagem.



- Física e Segurança no Trânsito -

DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM

- ABS: sistema antibloqueio de frenagem.



- Testes de Colisões -

Diferença entre os freios;



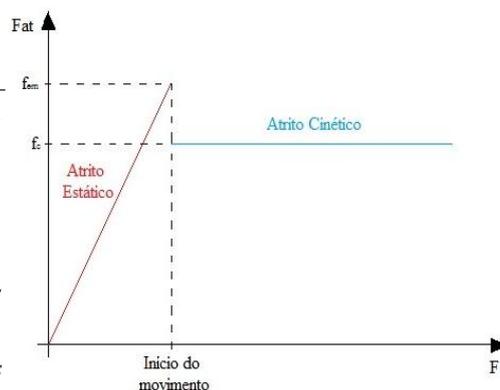
- Freios sem ABS: permite a derrapagem; (frenagem)
- Freios com ABS: não permite a derrapagem; (espelhamento)
- Asfalto, concreto;
- Grama, cascalho, neve;

$$d_{SemABS} = \frac{v_i^2}{2g\mu_c}$$

$$d_{ABS} \cong \frac{v_i^2}{2g\mu_e}$$

$$d_{ABS} < d_{SemABS}$$

$$d_{ABS} > d_{SemABS}$$



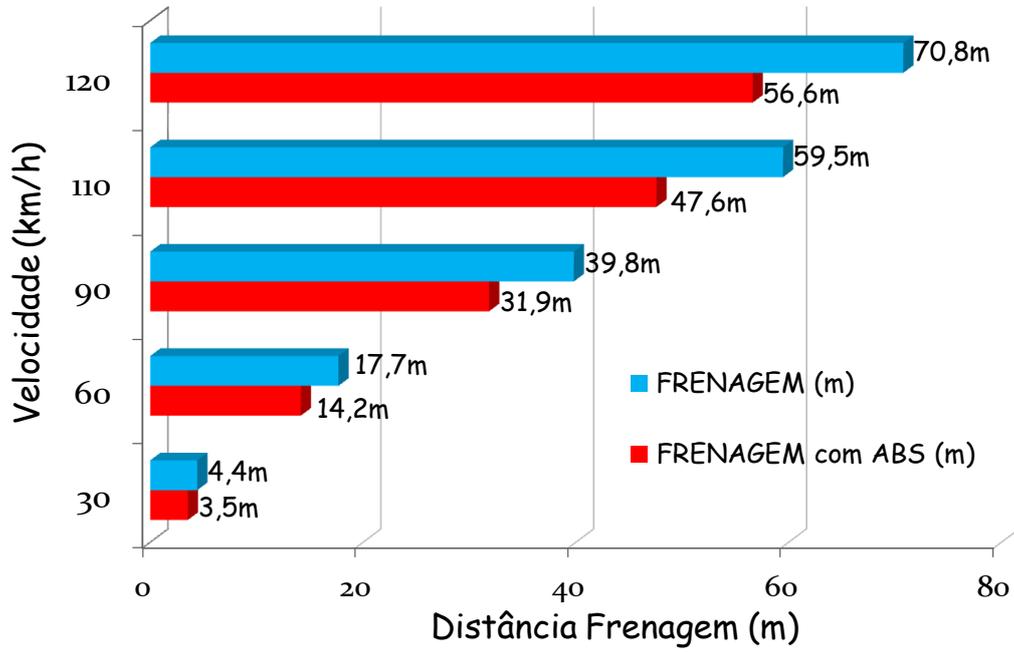
- Testes de Colisões -

Diferença entre os freios;

VELOCIDADE (Km/h) e (m/s)		FRENAGEM (m)	FRENAGEM com ABS (m)
20	5,6	2,0	1,6
30	8,3	4,4	3,5
40	11,1	7,9	6,3
50	13,9	12,3	9,8
60	16,7	17,7	14,2
70	19,4	24,1	19,3
80	22,2	31,5	25,2
90	25,0	39,8	31,9
100	27,8	49,2	39,3
110	30,6	59,5	47,6
120	33,3	70,8	56,6
130	36,1	83,1	66,5
140	38,9	96,4	77,1

g (m/s ²)	Coefficiente de Atrito Cinético	Coefficiente de Atrito Estático
9,81	0,80	1,00

- Testes de Colisões -
Diferença entre os freios;



- Testes de Colisões -
Diferença entre os freios;



- Vídeo "Freios ABS - teste Bosch"
- Vídeo "Teste ABS em motos".

- Física e Segurança no Trânsito -

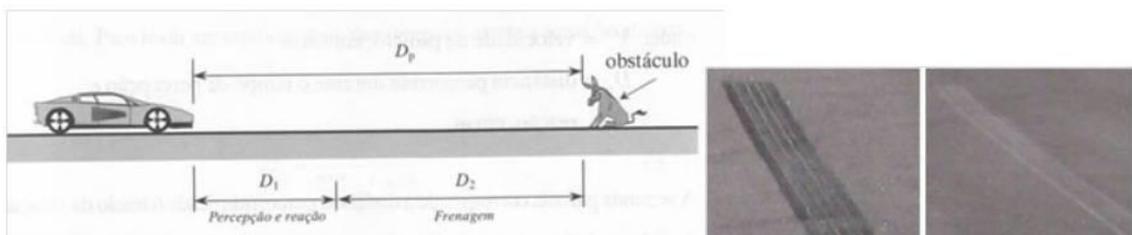
- Vídeo "Física no Trânsito - FIAT".



- Física e Segurança no Trânsito -

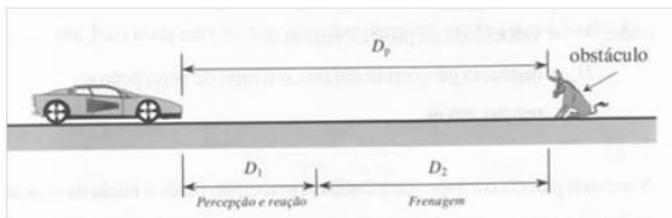
- Em uma situação real:

- O motorista percebe o obstáculo e reage acionando os freios;
- Travamento com espelhamento e derrapagem;



- Física e Segurança no Trânsito -

- Em uma situação real:

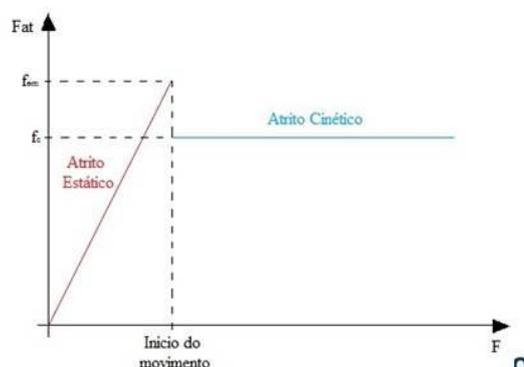


- Tempo de Reação do motorista;
- Distância percorrida durante o tempo de reação (D_1) + distância percorrida durante o travamento (D_2);

$$D_T = D_1 + D_2$$

$$D_1 = v_i \cdot t_r \quad D_2 \equiv d = \frac{v_i^2}{2g\mu_c}$$

- Como calcular D_1 ?



- Física e Segurança no Trânsito -

Tempo de Reação

- Como determinar este tempo?
- Atividade 5.
- Este tempo seria o mesmo em uma situação real?
- Quais fatores aumentariam este tempo?
- Estimar alguns valores de D_1 .



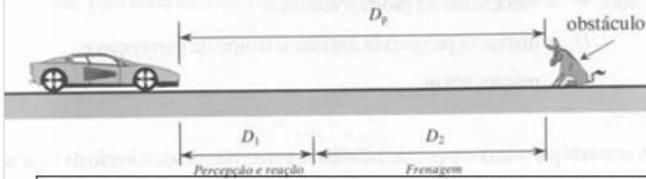
$$t_r = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$$

$$D_1 = v_i \cdot t_r$$



- Física e Segurança no Trânsito -

- Em uma situação real:



$$D_T = D_1 + D_2$$

$$D_1 = v_i \cdot t_r \quad D_2 \cong d = \frac{v_i^2}{2g\mu_c}$$

- Qual distância é realmente segura?

DISTÂNCIAS DE FREIAGEM				
VELOCIDADE (Km/h) e (m/s)		FREIAGEM (m)	PERCEPÇÃO/REAÇÃO (m)	DISTÂNCIA Total (m)
20	5,6	2,0	5,6	7,5
30	8,3	4,4	8,3	12,8
40	11,1	7,9	11,1	19,0
50	13,9	12,3	13,9	26,2
60	16,7	17,7	16,7	34,4
70	19,4	24,1	19,4	43,5
80	22,2	31,5	22,2	53,7
90	25,0	39,8	25,0	64,8
100	27,8	49,2	27,8	76,9
110	30,6	59,5	30,6	90,0
120	33,3	70,8	33,3	104,1
130	36,1	83,1	36,1	119,2
140	38,9	96,4	38,9	135,2



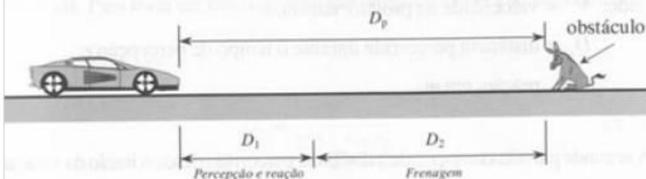
g (m/s ²)	Coeficiente de Atrito	Tempo de Reação (s)
9,81	0,80	1,00



Instituto de Física

- Física e Segurança no Trânsito -

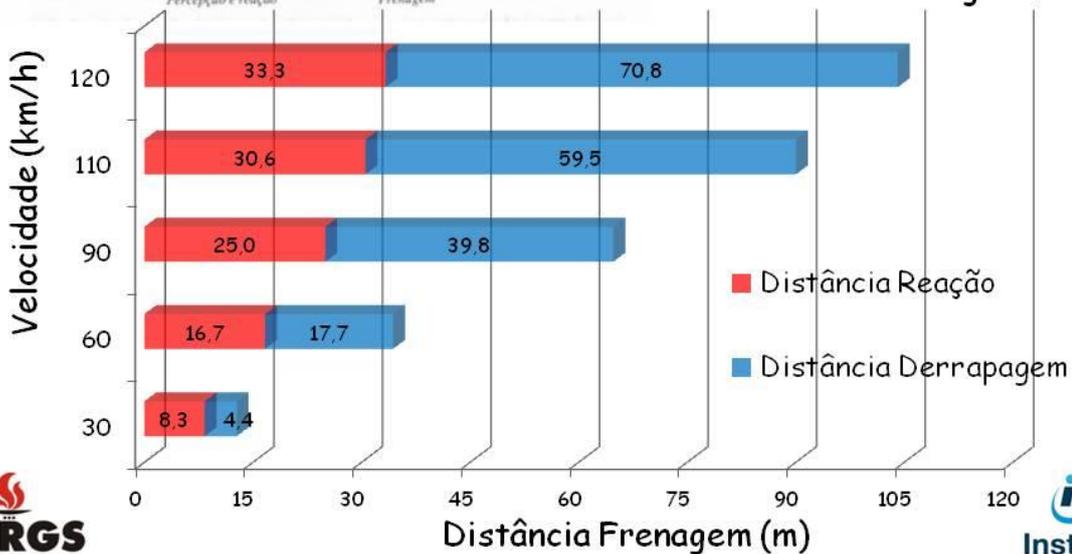
- Em uma situação real:



$$D_T = D_1 + D_2$$

$$D_1 = v_i \cdot t_r \quad D_2 \cong d = \frac{v_i^2}{2g\mu_c}$$

- Qual distância é realmente segura?



Instituto de Física

- Física e Segurança no Trânsito -

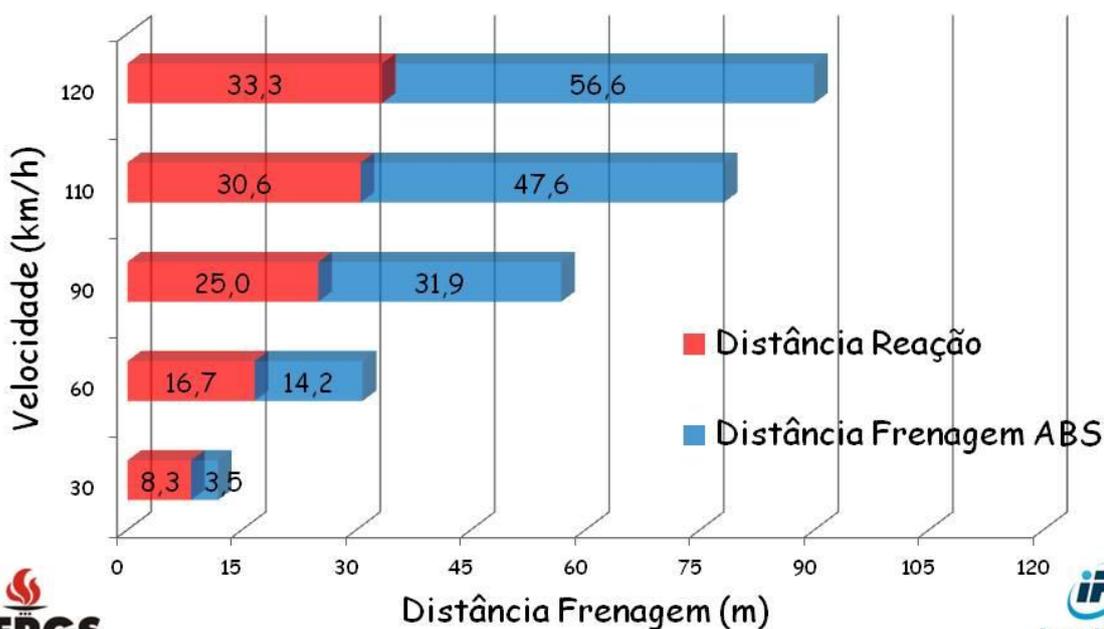
- Em uma situação real: $D_T = D_1 + D_2$ $D_1 = v_i \cdot t_r$ $D_2 \cong d = \frac{v_i^2}{2g\mu_c}$

VELOCIDADE (Km/h) e (m/s)		FRENAGEM (m)	FRENAGEM com ABS (m)	PERCEPÇÃO/REAÇÃO (m)	DISTÂNCIA TOTAL (m)	DIST. TOTAL - ABS (m)
20	5,6	2,0	1,6	5,6	7,5	7,1
30	8,3	4,4	3,5	8,3	12,8	11,9
40	11,1	7,9	6,3	11,1	19,0	17,4
50	13,9	12,3	9,8	13,9	26,2	23,7
60	16,7	17,7	14,2	16,7	34,4	30,8
70	19,4	24,1	19,3	19,4	43,5	38,7
80	22,2	31,5	25,2	22,2	53,7	47,4
90	25,0	39,8	31,9	25,0	64,8	56,9
100	27,8	49,2	39,3	27,8	76,9	67,1
110	30,6	59,5	47,6	30,6	90,0	78,1
120	33,3	70,8	56,6	33,3	104,1	90,0
130	36,1	83,1	66,5	36,1	119,2	102,6
140	38,9	96,4	77,1	38,9	135,2	116,0

g (m/s ²)	Coef. Atr. Cinético	Coef. Atr. Estático	Tempo de Reação (s)
9,81	0,80	1,00	1,00

- Física e Segurança no Trânsito -

- Em uma situação real: $D_T = D_1 + D_2$ $D_1 = v_i \cdot t_r$ $D_2 \cong d = \frac{v_i^2}{2g\mu_c}$



- Física e Segurança no Trânsito -

- Distância de segurança entre veículos - CTB.

- Art. 29. O trânsito de veículos nas vias terrestres abertas à circulação obedecerá às seguintes normas:

II - o condutor deverá guardar distância de segurança lateral e frontal entre o seu e os demais veículos, bem como em relação ao bordo da pista, considerando-se, no momento, a velocidade e as condições do local, da circulação, do veículo e as condições climáticas;

- Art. 192. Deixar de guardar distância de segurança lateral e frontal entre o seu veículo e os demais, bem como em relação ao bordo da pista, considerando-se, no momento, a velocidade, as condições climáticas do local da circulação e do veículo:

Infração - grave;

Penalidade - multa.

- Física e Segurança no Trânsito -

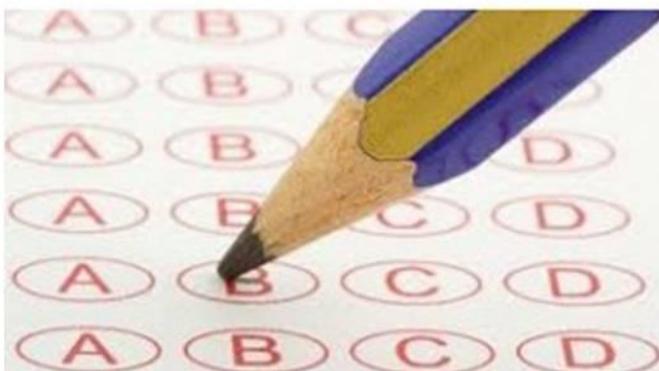
- Vídeo "Auto Esporte 10km/h a mais".



- Física e Segurança no Trânsito -

ATIVIDADE 6:

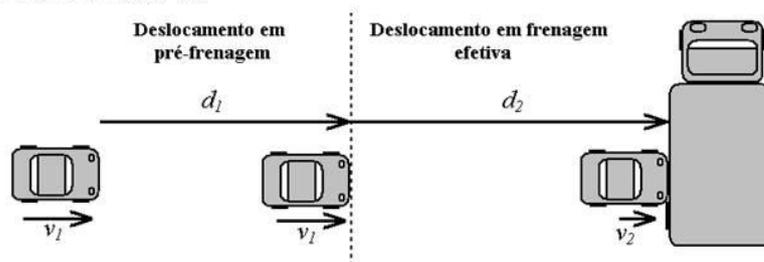
-Vídeo: Diferença 60km/h e 65km/h.



- Física e Segurança no Trânsito -

ATIVIDADE 6: Exercício Desafio.

Um automóvel desloca-se a 60 km/h quando o motorista avista à sua frente um caminhão atravessado na pista. Transcorre um intervalo de tempo de 1 s entre a percepção do obstáculo pelo motorista e o início efetivo da frenagem do automóvel. A frenagem ocorre em situação ideal (pista seca, pneus desgastados mas em bom estado, freios ABS, aceleração na frenagem tem módulo de 10m/s^2) e o automóvel acaba por colidir com o caminhão, tendo no momento da colisão sua velocidade valendo 5 km/h (nesta velocidade a colisão produz estragos de pequena monta). Qual seria o valor da velocidade no momento da colisão caso o automóvel, nas mesmas condições, se deslocasse inicialmente a 65 km/h?



- Física e Segurança no Trânsito -

(RESOLUÇÃO) Primeiro carro:

Deslocamento d_1

$t_{PF} = 1 \text{ s}$

$v_1 = 60 \text{ km/h} = 16,7 \text{ m/s}$

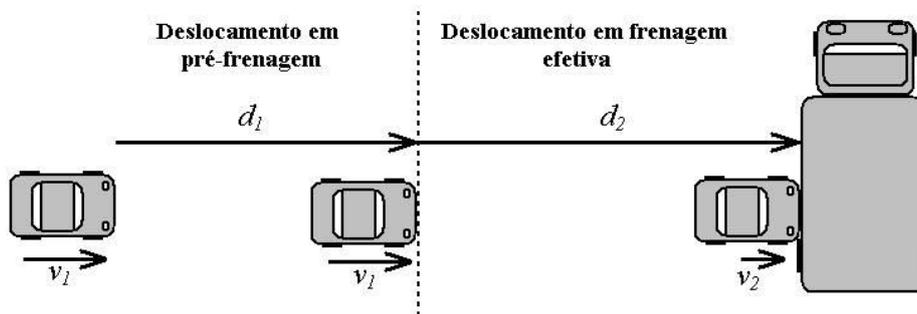
Deslocamento d_2

Freia com aceleração

constante $a = 10 \text{ m/s}^2$

$v_1 = 60 \text{ km/h} = 16,7 \text{ m/s}$

$v_2 = 5 \text{ km/h} = 1,39 \text{ m/s}$



- Física e Segurança no Trânsito -

(RESOLUÇÃO)

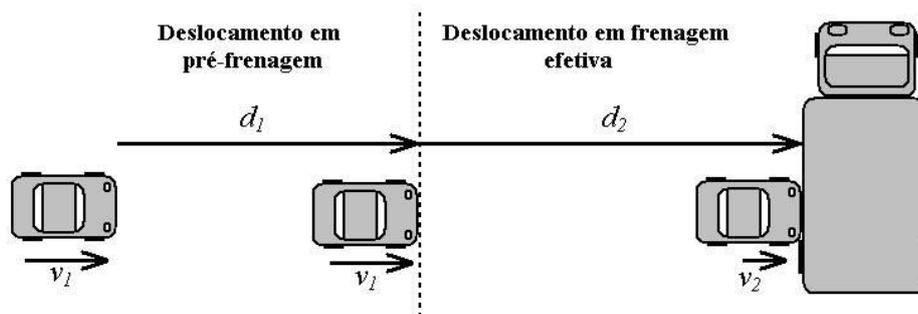
$$d_t = d_1 + d_2$$

Deslocamento pré-frenagem ---> Mov. Ret. Uniforme
- Equação da velocidade media.

$$d_1 = v_1 \cdot t_{PF}$$

Deslocamento em frenagem ---> M. R. Unif. Variado
- Equação de Torricelli.

$$v_2^2 = v_1^2 + 2 \cdot a \cdot d_2$$



- Física e Segurança no Trânsito -

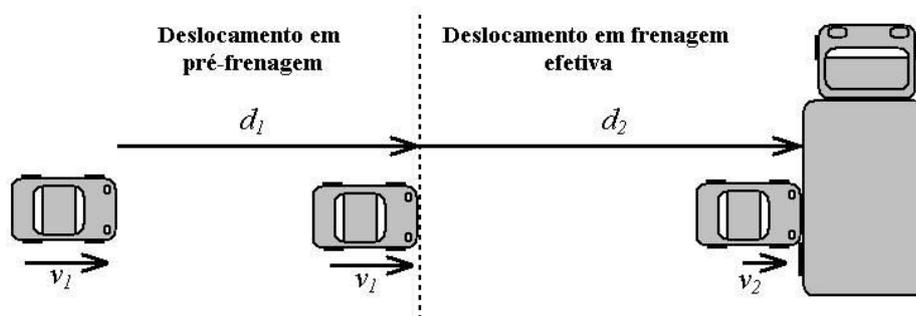
(RESOLUÇÃO)

$$d_t = d_1 + d_2$$

$$d_1 = v_1 \cdot t_{PF}$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2 \cdot a \cdot d_2$$

$$d_t = v_1 \cdot t_{PF} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot a}$$



- Física e Segurança no Trânsito -

(RESOLUÇÃO) Segundo carro:

Deslocamento D_1

$t_{PF} = 1 \text{ s}$

$V_1 = 65 \text{ km/h} = 18,1 \text{ m/s}$

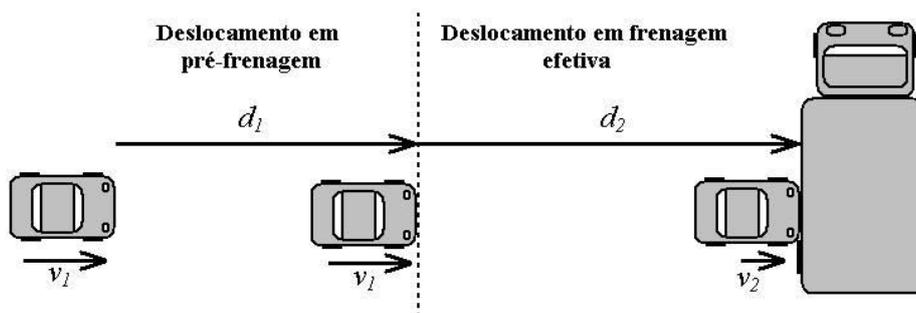
Deslocamento D_2

Freia com aceleração

constante $a = 10 \text{ m/s}^2$

$V_1 = 65 \text{ km/h} = 18,1 \text{ m/s}$

$V_2 = ?$



- Física e Segurança no Trânsito -

(RESOLUÇÃO)

$$D_t = D_1 + D_2$$

$$D_1 = V_1 \cdot t_{PF}$$

$$V_2^2 = V_1^2 + 2 \cdot a \cdot D_2$$

$$D_t = V_1 \cdot t_{PF} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \cdot a}$$

- Física e Segurança no Trânsito -

(RESOLUÇÃO)

$$d_t = D_t$$

$$v_1 \cdot t_{PF} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot a} = V_1 \cdot t_{PF} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \cdot a}$$

- Isolar

V_2

:

OBS: $a = -|a|$

$$V_2^2 = V_1^2 + v_2^2 - v_1^2 + 2 \cdot |a| \cdot (V_1 - v_1) \cdot t_{PF}$$

- Física e Segurança no Trânsito -

(RESOLUÇÃO)

Valores:

$$V_2 = ?$$

$$V_1 = 65 \text{ km/h} = 18,1 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 5 \text{ km/h} = 1,39 \text{ m/s}$$

$$v_1 = 60 \text{ km/h} = 16,7 \text{ m/s}$$

$$a = 10 \text{ m/s}^2$$

$$t_{PF} = 1 \text{ s}$$

$$V_2^2 = V_1^2 + v_2^2 - v_1^2 + 2 \cdot |a| \cdot (V_1 - v_1) \cdot t_{PF}$$

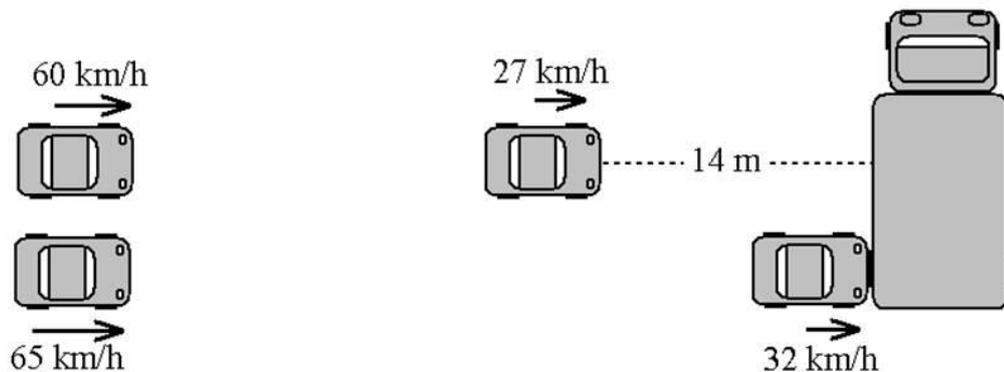
$$V_2^2 = 78,5 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$V_2 = 8,86 \text{ m/s} \approx 32 \text{ km/h}$$

- Física e Segurança no Trânsito -

(RESOLUÇÃO)

$$V_2^2 = V_1^2 + v_2^2 - v_1^2 + 2 \cdot |a| \cdot (V_1 - v_1) \cdot t_{PF}$$



- COLISÕES E MOMENTUM LINEAR -

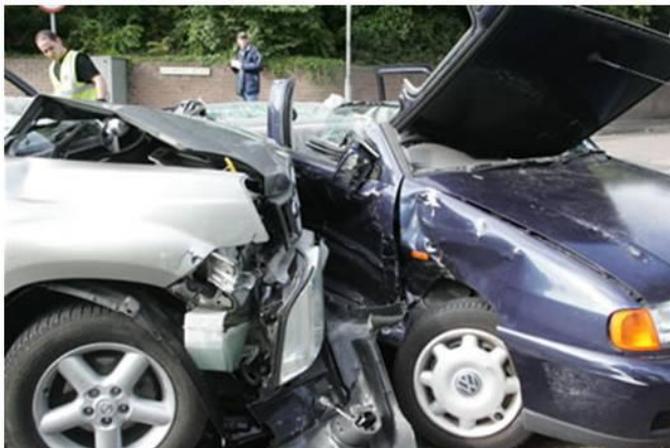


- Professor Henrique Goulart;
profhenriquefis@hotmail.com



- Colisões e Momentum Linear -

COLISÕES



- Colisões e Momentum Linear -

COLISÕES

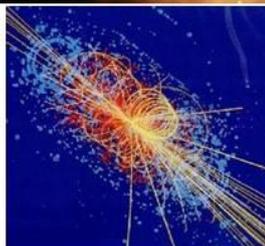


UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

IF
Instituto
de Física

- Colisões e Momentum Linear -

COLISÕES

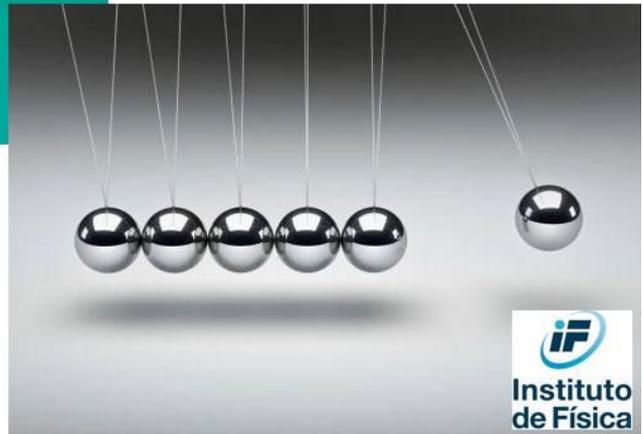


UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

IF
Instituto
de Física

- Colisões e Momentum Linear -

COLISÕES



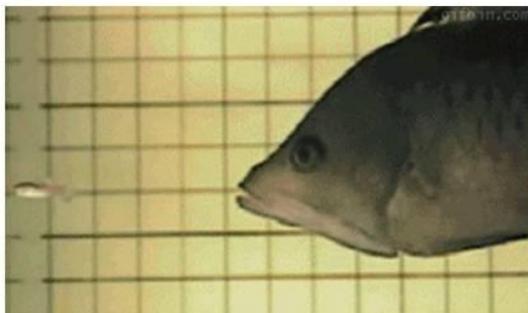
- Colisões e Momentum Linear -

COLISÕES



- Colisões e Momentum Linear -

COLISÕES



- Colisões e Momentum Linear -

COLISÕES



- Colisões e Momentum Linear -

COLISÕES



- Colisões e Momentum Linear -

COLISÕES



- Colisões e Momentum Linear -

COLISÕES



- Colisões e Momentum Linear -

COLISÕES



- Colisões e Momentum Linear -

COLISÕES



- Colisões e Momentum Linear -

O QUE É MELHOR:

- Ser atropelado por um carro ou por um caminhão?

- Estar num caminhão ou estar num carro no caso de uma colisão frontal entre os dois?

- Colisões e Momentum Linear -

Momentum Linear ou Quantidade de Movimento Linear

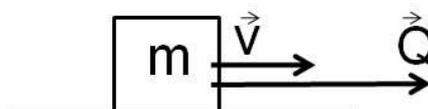
$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

- m: massa (kg).

- v: velocidade (m/s)

- [Q] = kg . m/s

- Grandeza VETORIAL: mesma orientação da velocidade.



- Quantidade de Movimento -

QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR (Momentum Linear):

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

-Conservação da Quantidade de Movimento Linear Total:

$$\vec{Q}_{T.Antes} = \vec{Q}_{T.Depois}$$

$$\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \dots (ANTES) = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \dots (DEPOIS)$$

$$m_1 \cdot v_{1.antes} + m_2 \cdot v_{2.antes} = m_1 \cdot v_{1.depois} + m_2 \cdot v_{2.depois}$$

- Colisões e Momentum Linear -

Tipos de colisões:

1) ELÁSTICAS

- Ocorre conservação da quantidade de movimento linear total.
- Ocorre conservação da energia cinética total.

2) INELÁSTICAS

- Ocorre conservação da quantidade de movimento linear total.
- **NÃO** ocorre conservação da energia cinética total.

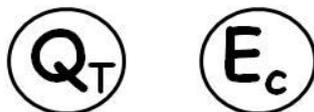
- Quantidade de Movimento -

COLISÕES:

- 1) Colisão Elástica = Os corpos não se agrupam e nem ficam deformados após a colisão. Não há perda de Energia Cinética.
- 2) Colisão Inelástica = Os corpos ficam deformados após a colisão. Há perda de Energia Cinética.
- 3) Colisão Perfeitamente Inelástica = Os corpos se unem (fundem), formando um único corpo após a colisão. Ocorre máxima deformação. Há máxima perda de Energia Cinética.

- A Quantidade de Movimento Total se conserva nos três tipos de colisões.
- A Energia Cinética pode ou não se conservar.

-Colisão Elástica:



-Colisão Inelástica:



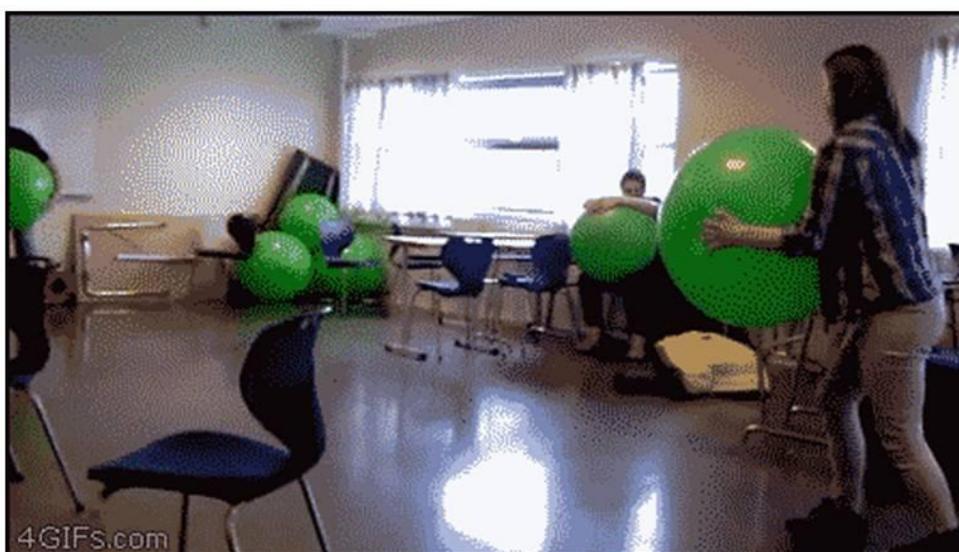
- Colisões e Momentum Linear -

-Colisões elásticas ou inelásticas?



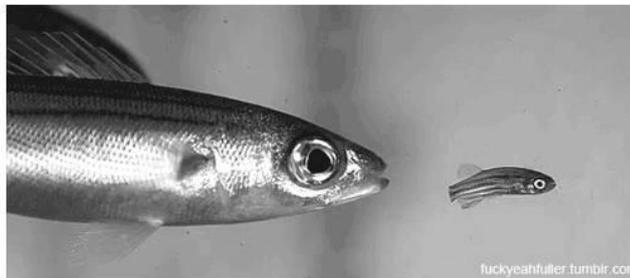
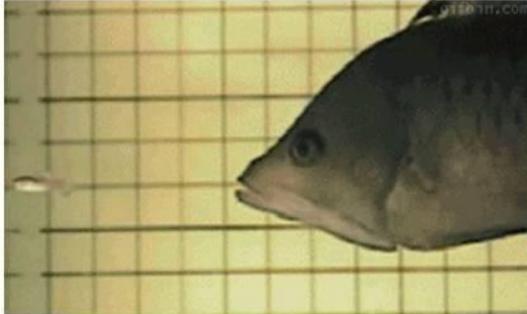
- Colisões e Momentum Linear -

-Colisão elástica ou inelástica?



- Colisões e Momentum Linear -

-Colisões elásticas ou inelásticas?



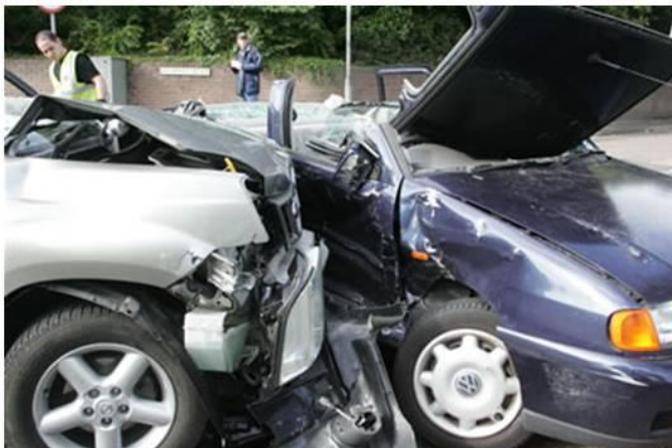
- Colisões e Momentum Linear -

-Colisões elásticas ou inelásticas?



- Colisões e Momentum Linear -

- Colisões elásticas ou inelásticas?



Vídeos:

- Acidentes de Carro.
- Batida Legal.
- Caminhão sem freio.
- Câmeras flagram batida.



- Quantidade de Movimento -

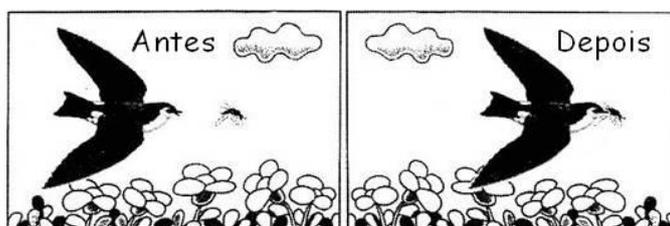
DICA PARA RESOLVER PROBLEMAS:

- 1) Identificar o tipo de colisão.
- 2) Separar os dados de antes e depois da colisão.

3) Aplicar:

$$\vec{Q}_{T.Antes} = \vec{Q}_{T.Depois}$$

$$\vec{Q}_T = m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 + \dots$$



$$\vec{Q}_{T.Antes} = \vec{Q}_{T.Depois}$$

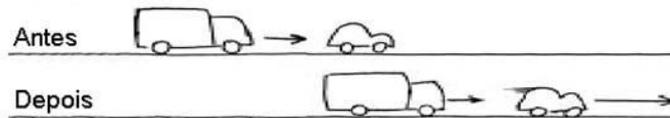
**Colisão perfeitamente
inelástica**

$$m_1 \cdot v_{1.antes} + m_2 \cdot v_{2.antes} = (m_1 + m_2) \cdot v_{depois}$$

- Colisões e Momentum Linear -

-Exercício.

- Um caminhão de massa 3000kg viajando com velocidade de 20m/s, por uma estrada envolta em uma densa neblina, colide repentinamente com um automóvel de massa 1000kg que estava parado na pista.

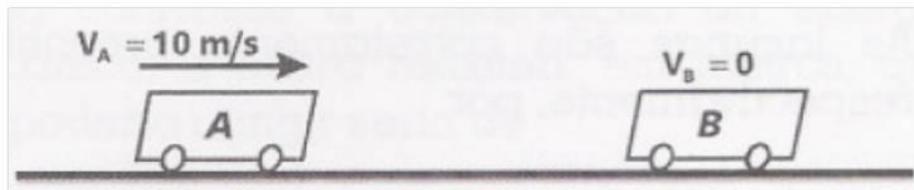


Após a colisão, o carro sai na mesma direção e sentido em que se movia o caminhão com velocidade de 30m/s. Qual o valor da velocidade do caminhão após colidir com o automóvel?

- Colisões e Momentum Linear -

-Exercício.

- A figura abaixo representa dois carrinhos, A e B, de massas iguais em um plano horizontal sem atrito.



O carrinho B está em repouso e o carrinho A tem velocidade constante de intensidade igual a 10m/s. Os carrinhos colidem e ficam unidos após a colisão. Qual a velocidade dos carros, após a colisão?

- Colisões e Momentum Linear -

-Exercício.

- Um canhão de massa 400 kg dispara um projétil de massa 5 kg, com velocidade de 200 m/s. Qual a velocidade com que o canhão começa o seu recuo?



- Colisões e Momentum Linear -

-Exercício.

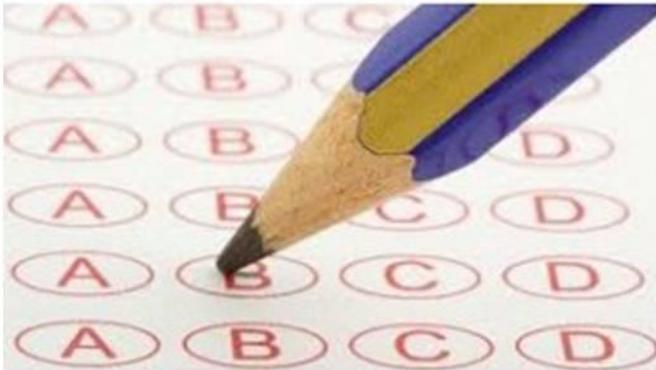
-Uma patinadora de 50 Kg, e um patinador de 75 Kg estão em repouso sobre a pista de patinação, na qual o atrito é desprezível. O patinador empurra a patinadora e desloca-se para trás com velocidade de 0.3 m/s em relação ao gelo. Após 5 segundos, qual será a separação entre eles, supondo que suas velocidades permaneçam praticamente constantes?



- Física e Segurança no Trânsito -

ATIVIDADE 7:

-Exercícios.



- TESTES DE COLISÕES -



Professor Henrique Goulart
profhenriquefis@hotmail.com

- Testes de Colisões -



UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

IF
Instituto
de Física

- Testes de Colisões -

- "Crash Tests"

- Vídeos de testes de colisões 1 - 8.



UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

TODOS OS RESULTADOS DO LATIN NCAP

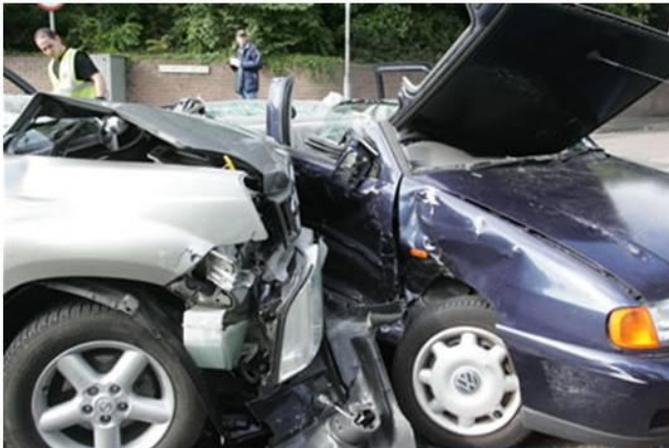
Listados em ordem de marca, todos os modelos já testados no Brasil. Destaque ficam por conta do New Fiesta e City

Modelo	Airbags duplos	Segurança para adultos	Segurança para crianças
 Celta	não	★★★★★	★★★★★
Classic	não	★★★★★	★★★★★
Cruze	sim	★★★★★	★★★★★
Meriva	sim	★★★★★	★★★★★
 Pallo	sim	★★★★★	★★★★★
Novo Uno	não	★★★★★	★★★★★
 EcoSport	sim	★★★★★	★★★★★
Focus	sim	★★★★★	★★★★★
Ka	não	★★★★★	★★★★★
New Fiesta	sim	★★★★★	★★★★★
 City	sim	★★★★★	★★★★★
HB20	sim	★★★★★	★★★★★
 J3	sim	★★★★★	★★★★★
 March	sim	★★★★★	★★★★★
Tiida	sim	★★★★★	★★★★★
207	sim	★★★★★	★★★★★
 Fluence	sim	★★★★★	★★★★★
Sandero	não	★★★★★	★★★★★
 Corolla	sim	★★★★★	★★★★★
Elios	sim	★★★★★	★★★★★
 Gol	sim	★★★★★	★★★★★
Polo	sim	★★★★★	★★★★★



- Testes de Colisões -

COLISÕES



- Colisões e Momentum Linear -

Momentum Linear ou Quantidade de Movimento Linear

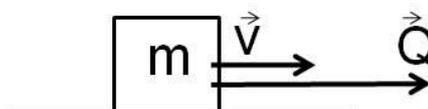
$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

- m: massa (kg).

- v: velocidade (m/s)

- [Q] = kg · m/s

- Grandeza VETORIAL: mesma orientação da velocidade.



- Quantidade de Movimento -

QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR (Momentum Linear):

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

-Conservação da Quantidade de Movimento Linear Total:

$$\vec{Q}_{T.Antes} = \vec{Q}_{T.Depois}$$

$$\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \dots (ANTES) = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \dots (DEPOIS)$$

$$m_1 \cdot v_{1.antes} + m_2 \cdot v_{2.antes} = m_1 \cdot v_{1.depois} + m_2 \cdot v_{2.depois}$$

- Física e Segurança no Trânsito -
DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM



- Física e Segurança no Trânsito -
DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIAS DE FRENAGEM



- Testes de Colisões -

Energia Mecânica

ENERGIA MECÂNICA TOTAL:

$$E_T = E_c + E_{pg} + E_{pe}$$

-Energia Cinética: ("VELOCIDADE")

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

-Energia Potencial Gravitacional: ("ALTURA/DESNÍVEL")

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

-Energia Potencial Elástica: ("DEFORMAÇÃO ELÁSTICA")

$$E_{pe} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

- Testes de Colisões -

- Colisão inelástica: E_{MEC} se dissipará na deformação do veículo;



- Testes de Colisões -

- Colisão inelástica: E_c se dissipará na deformação do veículo;



NÃO USAR CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA!!!



ANÁLISE E RECONSTITUIÇÃO DE UM ACIDENTE DE TRÂNSITO

DETERMINAR VELOCIDADES A PARTIR DAS DISTÂNCIAS DE FRENAGEM:

- Energia Mecânica dissipada pelo Trabalho da Força de Atrito.

$$W_{F_a} = N \cdot \mu \cdot d \cdot \cos \varphi$$

$$\Delta E_{M_{total}} = W_{F_{Nc}}$$

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$d = \frac{v_i^2}{2g\mu}$$

$$V_i = \sqrt{2 \cdot g \cdot \mu \cdot d}$$



DETERMINAR VELOCIDADES ANTES E/OU APÓS AS COLISÕES:

- Conservação da Quantidade de Movimento Linear Total.

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

$$\vec{Q}_{T.Antes} = \vec{Q}_{T.Depois}$$

$$m_1 \cdot v_{1.antes} + m_2 \cdot v_{2.antes} = m_1 \cdot v_{1.depois} + m_2 \cdot v_{2.depois}$$



- Testes de Colisões -

ANÁLISE E RECONSTITUIÇÃO DE UM ACIDENTE DE TRÂNSITO

- Vídeo "Perícia Porsche Fantástico".

"Porsche bateu a 150km/h, diz perícia; jovem morta no outro carro era da BA."

Fonte: <http://www.olhardireto.com.br/noticias/exibir.asp?id=190153>



- Testes de Colisões -

ANÁLISE E RECONSTITUIÇÃO DE UM ACIDENTE DE TRÂNSITO



ANÁLISE E RECONSTITUIÇÃO DE UM ACIDENTE DE TRÂNSITO

DETERMINAR VELOCIDADES A PARTIR DAS DISTÂNCIAS DE FRENAGEM:

- Energia Mecânica dissipada pelo Trabalho da Força de Atrito.

$$W_{F_a} = N \cdot \mu \cdot d \cdot \cos \varphi$$

$$\Delta E_{M_{total}} = W_{F_{Nc}}$$

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad d = \frac{v_i^2}{2g\mu}$$

$$V_i = \sqrt{2 \cdot g \cdot \mu \cdot d}$$

DETERMINAR VELOCIDADES ANTES E/OU APÓS AS COLISÕES:

- Conservação da Quantidade de Movimento Linear Total.

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

$$\vec{Q}_{T.Antes} = \vec{Q}_{T.Depois}$$

$$m_1 \cdot v_{1.antes} + m_2 \cdot v_{2.antes} = m_1 \cdot v_{1.depois} + m_2 \cdot v_{2.depois}$$

- Situação problema.

- Numa rodovia em reta e nível, uma caminhonete colidiu de sua dianteira contra a traseira de uma moto e a conduziu, em acoplamento, por uma distância de 69m, enquanto freia. Antes do impacto, a caminhonete já vinha usando os freios, deixando marcados 29m de frenagem, antes do embate, na pavimentação de asfalto seco e em bom estado.

- Qual a velocidade inicial da caminhonete?
- Qual a distância entre a caminhonete e a moto no instante em que o condutor da caminhonete a avistou?

Dados:

$$M = 1800\text{kg}$$

$$m = 220\text{kg}$$

$$V_{moto} = 30\text{km/h} = 8,33\text{m/s}$$

$$g = 9,81\text{m/s}^2$$

$$T_r = 1,8\text{s}$$

$$\mu = 0,6$$

$$V_i = ?$$



- Direção Defensiva -

- Vídeo RESPEITO CICLISTA.



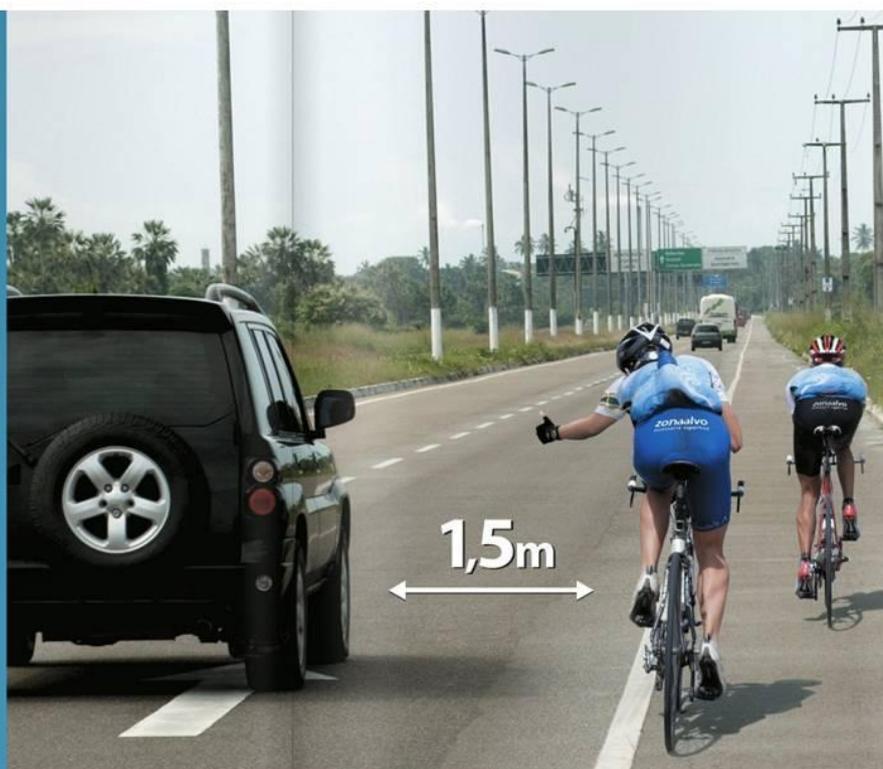
- Direção Defensiva -

A DISTÂNCIA QUE APROXIMA.

A Bicicleta, além de ser um meio de transporte não poluente, também é lazer e esporte. Porém nossas cidades ainda não estão preparadas com vias exclusivas e apropriadas para essa prática. Por isso vamos compartilhar as vias públicas respeitando a distância prevista em lei de um metro e meio ao passar por um ou mais ciclistas. Com bom senso e respeito, todos saem ganhando.



Art. 201 do Código de Trânsito Brasileiro - Lei 9503/97
Deixar de garantir a distância lateral de um metro e cinquenta centímetros ao passar ou ultrapassar bicicleta
Infração - multa
Penalidade - multa



- Direção Defensiva -



PROPOSTA GESTOS INDICATIVOS DE INTENÇÕES PARA CICLISTAS
© ROGÉRIO LEITE @ 2009



- Direção Defensiva -

- Vídeo DIREÇÃO DEFENSIVA.
- REPORTAGENS 1 e 2.



Evite acidentes!

- Dirija defensivamente.
- Respeite os limites de velocidade.
- Use cinto de segurança e exija que todos usem também, principalmente no banco de trás.
- Respeite a sinalização.
- Respeite pedestres e ciclistas.
- Dirigir sob efeito de álcool = acidente.
- Álcool + altas velocidades = MORTE!!!
- Vídeo Final.



Anexos

ANEXO 1 - Como Construir um Mapa Conceitual

Como construir um mapa conceitual

1. **Identifique os conceitos-chave** do conteúdo que vai mapear e ponha-os em uma lista.
2. Ordene os conceitos, colocando o(s) mais geral(is), mais inclusivo(s), no topo do mapa e, gradualmente, vá agregando os demais até completar o diagrama. Algumas vezes é difícil identificar os conceitos mais gerais, nesse caso é útil analisar o contexto no qual os conceitos estão sendo considerados.
3. Conecte os conceitos com linhas e rotule essas linhas com uma ou mais palavras-chave que explicitem a relação entre os conceitos. Os conceitos e as palavras-chave devem sugerir uma proposição que expresse o significado da relação.
4. Setas podem ser usadas quando se quer dar um sentido a uma relação.
5. Evite palavras que apenas indiquem relações triviais entre os conceitos. Busque relações horizontais e cruzadas.
6. Exemplos podem ser agregados ao mapa, embaixo dos conceitos correspondentes. Em geral, os exemplos ficam na parte inferior do mapa.
7. Talvez neste ponto você já comece a imaginar outras maneiras de fazer o mapa, outros modos de hierarquizar os conceitos. Lembre-se que não há um único modo de traçar um mapa conceitual. À medida que muda sua compreensão sobre as relações entre os conceitos, ou à medida que você aprende seu mapa também muda. **Um mapa conceitual é um instrumento dinâmico, refletindo a compreensão de quem o faz no momento em que o faz.**
8. Não se preocupe com “começo, meio e fim”, **o mapa conceitual é estrutural, não sequencial**. O mapa deve refletir a estrutura conceitual hierárquica do que está mapeado.
9. Compartilhe seu mapa com colegas e examine os mapas deles. Pergunte o que significam as relações, questione a localização de certos conceitos, a inclusão de alguns que não lhe parecem importantes, a omissão de outros que você julga fundamentais. **O mapa conceitual é um bom instrumento para compartilhar, trocar e “negociar” significados.**

OBS: Há aplicativos especialmente desenhados para a construção de mapas conceituais. O mais conhecido deles é o Cmap Tools: <http://cmap.ihmc.us>.

ANEXO 2 - A diferença entre 60 km/h e 65km /h

DOI: 10.5007/2175-7941.2011v28n2p468

UM INTERESSANTE E EDUCATIVO PROBLEMA DE CINEMÁTICA ELEMENTAR APLICADA AO TRÂNSITO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – A DIFERENÇA ENTRE 60 KM/H E 65 KM/H

Fernando Lang da Silveira
Instituto de Física – UFRGS
Porto Alegre – RS

Resumo

Um vídeo educativo do Monash University Accident Research Centre inspira a proposição de um problema de cinemática com um resultado contraintuitivo. A solução do problema tem como pressupostos conhecimentos sobre a aceleração máxima possível em frenagens de emergência, bem como do intervalo de tempo que transcorre entre a percepção do perigo de colisão pelo motorista e o início efetivo da frenagem. A resposta intuitiva de um engenheiro e de diversos alunos de graduação em física é discutida. O problema exemplifica que o ensino da física pode e deve envolver situações conceitualmente ricas e interessantes, em contraposição às questões repetitivas e irrelevantes usualmente encontradas nos livros- texto.

Palavras-chave: *Cinemática. Tempo de pré-frenagem. Aceleração máxima em frenagens. Trânsito de veículos automotores.*

Abstract

An educational video from The Monash University Accident Research Centre inspires a Kinematics problem proposition with a counter-intuitive result. The problem solution must have alleged knowledge on maximum possible acceleration in emergency braking, as well as the spent interval between the perception of the collision danger by the driver and the beginning of the effective braking. The intuitive answer of an engineer and various Physics undergraduated students is discussed. The problem illustrates that Physics teaching can and must involve rich and interesting conceptual situations, opposed to the repetitive and irrelevant questions that are found in textbooks.

Keywords: *Kinematics. Pre-braking time. Maximum acceleration in braking. Automotive traffic.*

I. O problema

O problema que proponho a seguir foi formulado tendo como referência um instrutivo vídeo produzido na Austrália pelo Monash University Accident Research Centre (Centro de Pesquisa de Acidentes da Universidade Monash), instituição dedicada à pesquisa e à prevenção de acidentes com veículos automotores. O vídeo, que explicitamente alerta para o perigo do excesso de velocidade no trânsito, com tradução de áudio para o português, é encontrado em <<http://www.youtube.com/watch?v=OeDgcTOOYdo>> (acessado em 03 jan. 2011).

O vídeo mostra o que ocorre com dois carros idênticos, inicialmente lado a lado, um a 60 km/h e o outro a 65 km/h, quando, então, os motoristas percebem o perigo e passam à ação de frenagem.

Com o objetivo de verificar a informação divulgada ao final desse vídeo, formulei o seguinte problema:

Diferença entre 60 km/h e 65 km/h!

Um automóvel desloca-se a 60 km/h quando o motorista avista à sua frente um caminhão atravessado na pista. Transcorre um intervalo de tempo de 1 s entre a percepção do obstáculo pelo motorista e o início efetivo da frenagem do automóvel. A frenagem ocorre em situação ideal (pista seca, pneus desgastados, mas em bom estado, freios ABS) e o automóvel acaba por colidir com o caminhão, tendo no momento da colisão sua velocidade valendo 5 km/h (nesta velocidade, a colisão produz estragos de pequena monta). Qual seria o valor da velocidade no momento da colisão caso o automóvel, nas mesmas condições, se deslocasse inicialmente a 65 km/h?

II. Frenagens de automóveis em condições ideais

Este problema se presta a uma profícua reflexão, contextualizada em uma situação verossímil e, portanto, potencialmente atraente aos alunos, ensejando, para começar, a explicação para o intervalo de *tempo de pré-frenagem* de cerca de 1 s. Tal se deve ao bem conhecido *tempo de reação* do condutor (0,2 a 0,4 s), acrescido do *tempo de transferência* do pé (0,2 a 0,3 s) em direção ao pedal do freio e do *tempo de resposta e de pressurização* (0,3 a 0,4 s) para que o sistema hidráulico que aciona os freios efetivamente atue nas rodas (Bosch, 2005). De fato, 1 s é um intervalo de tempo razoável para o início da frenagem, mas em algumas situações, dependendo do estado de atenção do motorista e da integridade do seu sistema perceptivo e de reação, poderá ser maior (ARTMANOV *et al.*, 1976).

Em condições ideais (pneus desgastados, pista seca com pavimento asfáltico ou cimentado), com sistema de freios ABS – *Anti-lock Breaking System* (Sistema de Freio Antibloqueante) – e em velocidades inferiores a 90 km/h, é possível se obter, durante a frenagem, acelerações médias de cerca de 36 km/h/s ou 10 m/s². Cabe aqui um comentário importante sobre as condições dos pneus, em conflito com as recomendações usualmente dadas em revendas de pneus. Os pneus novos (sem desgaste) apresentam um coeficiente de atrito estático com a estrada, seca e pavimentada com concreto ou com asfalto, de 0,85, enquanto que os pneus já desgastados (com profundidade de sulco na banda de rodagem não inferior a 1,6 mm) têm esse mesmo coeficiente em cerca de 1,0 (Bosch, 2005). Dessa forma, pneus novos acarretam acelerações, em frenagens e em curvas, inferiores àquelas que podem ser conseguidas com pneus desgastados, pois tais acelerações dependem do coeficiente de atrito. Por outro lado, a possibilidade de ocorrência de acelerações maiores repercute em distâncias de frenagem menores, bem como maior segurança nas curvas. A troca de pneus deve, preferencialmente, ocorrer com dois deles apenas, colocando-se os pneus novos no eixo traseiro do automóvel. Nas frenagens de emergência os pneus que mais colaboram para o efeito de “segurar” o automóvel são os pneus dianteiros e por isto não devem ser novos.

III. Resposta intuitiva ao problema

Tomei conhecimento do vídeo, que serve de inspiração para o problema proposto, através de um aluno do Curso de Licenciatura em Física, que me questionava sobre o resultado surpreendente e contraintuitivo apresentado no vídeo. O aluno expressava dúvidas sobre a plausibilidade do que o vídeo expõe e pedia a minha opinião. O vídeo indica que, no momento da colisão, a velocidade do automóvel mais veloz

(lembramos que inicialmente os automóveis se movimentavam, um a 60 km/h e o outro a 65 km/h) excede em 27 km/h a velocidade de colisão do automóvel menos veloz (enquanto um automóvel atinge o caminhão a 5 km/h, o outro o atinge a cerca de 32 km/h). O resultado intuitivo para o problema, apresentado pelo aluno que me questionava sobre a verossimilhança do que assistia no vídeo, era de que a diferença inicial de 5 km/h, entre as velocidades dos dois carros, se conservasse até a colisão.

No dia seguinte à chegada do questionamento, eu o repassei para diversos alunos de Física e, de um modo geral, eles se mostraram surpresos com o que viam, verbalizando sua intuição de que, até a colisão, haveria conservação da diferença entre as velocidades dos dois veículos.

Ao repassar o vídeo para outras pessoas com formação científica, aprofundando eu a verossimilhança do que lá é apresentado, recebi de um engenheiro o comentário que transcrevo literalmente: *A intuição nos diria que, na hora da batida, a diferença de velocidade entre os dois carros deveria ser os mesmos 5 km/h do momento do início da freada! Vou aguardar tua explicação.*

IV. A solução do problema

No problema que formulei na Seção 1, temos um único automóvel, em duas situações que diferem apenas pela velocidade inicial, que é conhecida em ambas as situações. É dada, também, a duração do intervalo de tempo de pré-frenagem, e assumirei agora um valor para a aceleração de frenagem compatível como as informações da literatura (vide seção 2). Conhecida a velocidade no momento da colisão, para a situação de menor velocidade inicial, queremos calcular com que velocidade colidirá o automóvel, na situação de maior velocidade inicial.

O deslocamento total d_T do automóvel na situação de menor velocidade inicial, desde o momento em que o motorista percebe a presença do caminhão até o momento da colisão, é a soma de dois deslocamentos (vide a Fig. 1): o deslocamento d_1 , durante o intervalo de tempo $t_{PF} = 1$ s, de pré-frenagem, que ocorre com velocidade constante $v_1 = 60$ km/h = 16,7 m/s; e o deslocamento d_2 , durante a etapa em que o automóvel efetivamente freia com aceleração constante $a = -10$ m/s². Esse segundo deslocamento é facilmente calculado, pela *equação de Torricelli*, pois são conhecidas as velocidades v_1 , no início, e v_2 , no final da frenagem (no momento da colisão com o caminhão, $v_2 = 5$ km/h = 1,39 m/s). Assim,

$$d_T = d_1 + d_2 = v_1 \cdot t_{PF} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}. \quad (1)$$

Representemos, agora, por D_T o deslocamento do automóvel na segunda situação, desde o momento que o motorista percebe o caminhão até a sua colisão. Novamente, esse deslocamento é a soma de dois deslocamentos: o deslocamento D_1 , durante o intervalo de tempo de pré-frenagem $t_{PF} = 1$ s, que ocorre com velocidade constante $V_1 = 65$ km/h = 18,1 m/s; e o deslocamento D_2 , durante a etapa em que o automóvel efetivamente freia com aceleração constante $a = -10$ m/s². Da mesma forma que na situação anterior, usaremos a *equação de Toricelli* para expressar esse segundo deslocamento em função das velocidades V_1 e V_2 , no início e no final da frenagem, respectivamente. Assim,

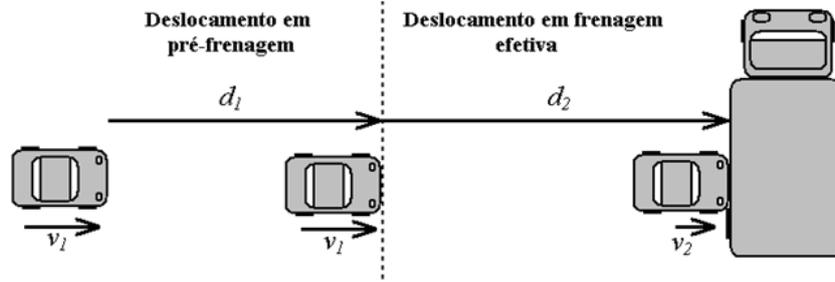


Fig. 1 - O deslocamento do automóvel até o momento da colisão.

$$D_T = D_1 + D_2 = V_1 \cdot t_{PF} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2a}. \quad (2)$$

Evidentemente, os deslocamentos d_T e D_T , dados pelas expressões (1) e (2), são iguais. Portanto, podemos escrever:

$$v_1 \cdot t_{PF} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} = V_1 \cdot t_{PF} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2a} \quad (3)$$

do qual, isolando V_2^2 , e usando o fato de que $a = -|a|$, obtemos:

$$V_2^2 = V_1^2 + v_2^2 - v_1^2 + 2 \cdot |a| \cdot (V_1 - v_1) \cdot t_{PF}. \quad (4)$$

Substituindo em (4) os valores conhecidos das velocidades v_1 , v_2 , V_1 , do tempo t_{PF} de pré-frenagem, e da aceleração a durante a frenagem, determinamos

$$V_2^2 = 78,5 \frac{m^2}{s^2}, \quad (5)$$

e, finalmente, a velocidade procurada:

$$V_2 = 8,86 \frac{m}{s} \cong 32 \frac{km}{h}. \quad (6)$$

Concluimos, portanto, que, caso o automóvel se deslocasse inicialmente a 65 km/h, sua velocidade no momento da colisão seria de 32 km/h. Esse valor corrobora a informação divulgada no vídeo. O vídeo é impactante, pois mostra o automóvel mais veloz “mergulhando” por baixo da carroceria do caminhão e, portanto, danificando diretamente a cabine dos passageiros. Dessa forma, o vídeo demonstra dramaticamente que aquela pequena diferença entre as velocidades iniciais pode determinar colisões com consequências muito diversas.

A expressão (4) é útil para uma discussão adicional. Ela pode ser reescrita da seguinte forma:

$$V_2^2 - V_1^2 = v_2^2 - v_1^2 + 2 \cdot |a| \cdot (V_1 - v_1) \cdot t_{PF}. \quad (7)$$

Caso o tempo de pré-frenagem t_{PF} pudesse ser desprezado (melhor situação possível para o automóvel mais veloz) haveria conservação da diferença entre os quadrados das velocidades iniciais, isto é, a diferença entre os quadrados das velocidades no momento da colisão seria a mesma diferença entre os quadrados das velocidades iniciais. Dessa forma, para velocidades iniciais de 60 km/h e 65 km/h, a expressão 7 resulta em

$$V_2^2 - 65^2 = v_2^2 - 60^2, \quad (8)$$

$$V_2^2 - v_2^2 = 65^2 - 60^2 = 625 \frac{km^2}{h^2}. \quad (9)$$

A diferença de $625 \text{ km}^2/\text{h}^2$, entre os quadrados das velocidades iniciais, manter-se-ia e assim, se o automóvel inicialmente menos veloz tiver velocidade de 5 km/h no momento da colisão, o automóvel mais veloz se chocaria com uma velocidade de $\sqrt{625 + 25} \cong 25 \text{ km/h}$.

Fica assim bem demonstrado que, contrariamente à intuição dos alunos e do engenheiro, a diferença entre as velocidades dos automóveis, no momento da colisão, é de, no mínimo, $(25 - 5) \text{ km/h} = 20 \text{ km/h}$, sendo esta diferença ampliada quando se considera tempos de pré-frenagem realistas.

Finalmente, a resposta que dei ao questionamento do engenheiro (vide o final da seção 3) foi a seguinte:

Quanto à tua intuição primeira (sobre a conservação da velocidade relativa, ou seja, da conservação da diferença de 5 km/h) está correta dado que as acelerações dos dois carros durante a frenagem são iguais, mas tal se aplica ao mesmo instante de tempo. De fato, os eventos de colisão são temporalmente diferentes, considerando que o início das frenagens é simultâneo como proposto no vídeo. Explicando melhor, quando o automóvel mais veloz colide, então a 32 km/h, a velocidade do outro automóvel é 27 km/h. Mas o automóvel menos veloz ainda está distante do caminhão (ainda não bateu) e continuará a ser freado durante mais algum tempo, colidindo, portanto, a uma velocidade menor ainda, ampliando, assim, a diferença entre as velocidades de colisão para os dois carros.

A Fig. 2 representa os dois automóveis inicialmente alinhados e depois, quando o automóvel mais veloz colide com o caminhão a 32 km/h, o outro automóvel se movimenta a 27 km/h mas lhe resta (como é fácil demonstrar) cerca de 3 m de espaço para frenagem até bater, então a apenas 5 km/h.

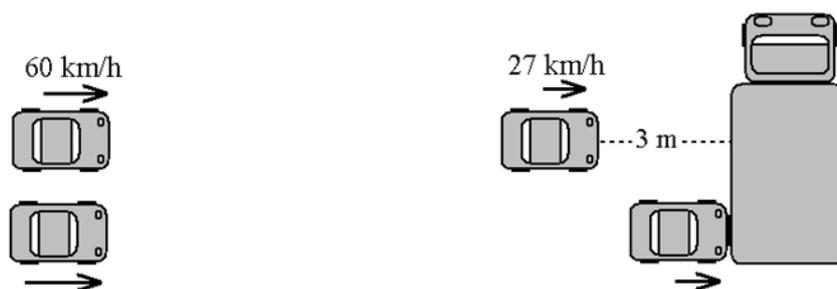


Fig. 2 - Representação dos dois automóveis inicialmente alinhados e depois quando o mais veloz colide com o caminhão.

V. Conclusão

Este instrutivo e interessante problema possui outras abordagens possíveis. Aqui, restringi-me a tratá-lo cinematicamente; uma abordagem dinâmica, por exemplo, a partir do *Teorema Trabalho - Energia Cinética* é possível também. Entretanto, intencionalmente o resolvi dessa forma, com o objetivo de mostrar que a cinemática pode (e deve, em nossa opinião) ser desenvolvida em contextos interessantes e desafiadores, conceitualmente ricos, evitando os problemas maçantes e de mera aplicação de fórmulas.

Finalmente, transcrevo o pertinente comentário de um dos dois árbitros *ad-hoc* do CBEF que julgaram o artigo:

O artigo apresenta uma situação simples e extremamente relevante que certamente vai interessar aos alunos do Ensino Médio e, mais importante ainda, acessível até mesmo àqueles que estão iniciando o seu estudo de física no Ensino Médio. É claro que isso só vai ocorrer se o professor iniciar o curso pela cinemática, procedimento criticado por muitos educadores da área de ensino de física, em geral sob a insensata alegação de que “cinemática não é física”. Se não o for, este artigo trata do que?

É verdade que o ensino da cinemática costuma ser lamentavelmente estendido ou inchado com problemas repetitivos e irrelevantes, mas essa não me parece razão suficiente para propor a sua exclusão. Que conteúdo da Física não costuma sofrer essa deformação no Ensino Médio?

Agradecimento

Agradeço à Prof.^a Maria Cristina Varriale do IM-UFRGS pela leitura criteriosa e pelas sugestões apresentadas. Agradeço também aos árbitros do CBEF por comentários e sugestões dadas.

Bibliografia

ARTMONOV, M. D.; ILARIONOV, V. A.; MORIN, N. M. Motor vehicles.

Moscou: MIR, 1976.

BOSCH, R. Manual de tecnologia automotiva. São Paulo: Edgard Blücher,

2005.

Material Instrucional

Disponibiliza-se um produto educacional, na forma de repositório digital, contendo os roteiros das aulas, guias de atividades e guia de apoio ao professor, além de sugestões de vídeos e *slides*, para livre reprodução, adaptação e aplicação.