

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA**

Fabio Moreira de Oliveira

**FÍSICA APLICADA AO TRÂNSITO**

Florianópolis

2019



Fabio Moreira de Oliveira

## **FÍSICA APLICADA AO TRÂNSITO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Nicolao

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Oliveira, Fabio Moreira de  
Física aplicada ao trânsito / Fabio Moreira de  
Oliveira ; orientador, Lucas Nicolao, 2019.  
174 p.

Dissertação (mestrado profissional) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de  
Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós  
Graduação em Ensino de Física, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Física aplicada ao  
trânsito. 3. Ensino de física . 4. Educação para o  
trânsito. I. Nicolao, Lucas. II. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação  
em Ensino de Física. III. Título.

## FÍSICA APLICADA AO TRÂNSITO

Fabio Moreira de Oliveira

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de **MESTRE EM ENSINO DE FÍSICA**, aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, nível Mestrado Profissional.

---

Prof. Dr. Lucas Nicolao  
(UFSC/FSC - orientador)

---

Prof. Dr. Oswaldo de Medeiros Ritter  
(UFSC/FSC – Coordenador do Programa)

---

Prof. Dr. Lucas Nicolao  
(UFSC/FSC - presidente)

---

Prof. Dr. Marcelo Henrique Romano  
Tragtenberg  
(membro titular) - UFSC/FSC

---

Prof. Dr. Nilton da Silva Branco  
(membro titular) - UFSC/FSC

---

Prof. Dr. Marcelo Girardi Schappo  
(membro externo) - IFSC/SJ



Este trabalho é dedicado a todos aqueles que acreditam que o conhecimento é a única ferramenta de que realmente dispõe o homem para livrar-se das profundezas escuras da ignorância.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família, por sempre apoiar-me em todas as batalhas e tempestades que inevitavelmente delas resultam. Agradeço ao meu orientador, prof. Dr. Lucas Nicolao pela colaboração estratégica e assertiva em vários momentos difíceis. Agradeço ao coordenador do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do polo UFSC/Florianópolis, prof. Dr. Oswaldo de Medeiros Ritter, e a todos os demais professores dos polos Florianópolis e Blumenau, dos quais tive a grata satisfação de ser aluno.



Em algum lugar, algo incrível está esperando para ser descoberto.  
(Carl Sagan)



## RESUMO

Este estudo descreve a produção do material paradidático “Física aplicada ao trânsito”, versando sobre conteúdos de física básica voltados a automóveis e situações de trânsito; e sua utilização com alunos do curso Técnico em Mecânica do IFSUL, campus em Passo Fundo. O material compôs-se de três capítulos divididos entre cinemática, leis de Newton e força de atrito. Para a aplicação, convidou-se uma turma composta de aproximadamente 54 alunos, quase todos habilitados e condutores frequentes. Destes, 34 alunos concordaram em participar do experimento, mas apenas 17 concluíram o mesmo. Os alunos foram convidados a responder um questionário inicial sobre física do trânsito, depois foi-lhes fornecido o material, para que lessem por duas semanas, ao final das quais um questionário final foi aplicado. O trabalho mostrou que mesmo após (aproximadamente) 8 anos longe dos bancos escolares regulares, os alunos conseguiram realizar a correta vinculação entre temas de mecânica e situações de condução de veículos. Alguns pontos, no entanto, chamaram a atenção, indicando falhas no conhecimento dos alunos. Dentre estes pontos, pode-se verificar a pouca noção de quantificação de tempo e, conseqüentemente, de distâncias percorridas com determinado valor de velocidade. Verificou-se também o baixo interesse em participar, que poderia ser explicado pela modalidade de recompensa zero (para os alunos) no qual o experimento foi realizado. Concluiu-se ainda que futuras iniciativas de aplicação da física a temas de trânsito devem incluir outros temas além da mecânica, e devem ser realizados de forma conexa como atividade avaliativa, ou passíveis de avaliação o que poderia aumentar a participação e possivelmente o aproveitamento do material proposto.

**Palavras-chave:** Física. Educação. Trânsito. Prevenção de acidentes de trânsito.



## ABSTRACT

This study describes the production of supplementary educational materials "traffic applied physics", dealing with basic physical contents aimed at automobiles and traffic situations; and its use with students of the Technical Course in Mechanics of the IFSul, campus at Passo Fundo. The material consisted of three chapters divided between kinematics, Newton's laws and frictional force. For the application, a group of approximately 54 students, almost all of them qualified and frequent drivers, were invited. Of these, 34 students agreed to participate in the experiment, but only 17 completed the same. The students were asked to respond to a initial questionnaire on traffic physics, then they were given the material to read for two weeks, at the end of which a subsequent questionnaire was applied. The work showed that even after (approximately) 8 years away from the regular school benches, the students were able to make the correct connection between mechanics and driving situations. Some points, however, drew attention, indicating flaws in students' knowledge. Among these points, it was possible to verify the little notion of time's quantification and, consequently, of distances traveled with certain speed value. The low interest in participating was also verified, which could be explained by the zero reward modality (for the students) in which the experiment was performed. It was also concluded that future initiatives of applying physics to traffic themes should include subjects other than mechanics, and should be carried out in a related way as an evaluation activity, or subject to evaluation which could increase the participation and possibly the use of the material proposed.

**Keywords:** Physics. Education. Traffic. Prevention of traffic accidents.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	O <i>Le Fardier</i> de Nicolas-Joseph Cugnot.....	37
Figura 2	O Puffing Devil.....	38
Figura 3	O automóvel à vapor Doble Model E11, de 1924.....	39
Figura 4	Um Keen Steamliner número 2, de 1963.....	39
Figura 5	Dutcher 1974.....	40
Figura 6	Baker Electrics, model Victoria, de 1908.....	40
Figura 7	O electrobat de Morris e Salom, de 1894.....	41
Figura 8	<i>La Jamais Contente</i> , o automóvel elétrico com nome exótico que primeiro ultrapassou a marca dos 100km/h.....	42
Figura 9	Karl Benz ao “volante” do modelo aperfeiçoado (e disponibilizado para vendas) do Patent-Motorwagen, em 1887.....	42
Figura 10	Benz Velo Comfortable 1897.....	43
Figura 11	O movimento de ida.....	46
Figura 12	O movimento de volta.....	47
Figura 13	O movimento de ida.....	48
Figura 14	Comportamento de um passageiro (representado como um círculo azul) enquanto o ônibus em que viaja aproxima-se de uma curva (figura à esquerda) e depois percorre-a à direita.....	56
Figura 15	Garrafa de água posicionada sob um dos pedais, comprometendo a eficiência do mesmo.....	57
Figura 16	Exemplo de uma bolsa sobre o porta-pacotes de um automóvel.....	58
Figura 17	Homem tenta mover uma caixa que ainda assim permanece parada devido à ocorrência da força de atrito.....	62
Figura 18	Comportamento dos valores das forças de atrito estático e cinético.....	63
Figura 19	Sinaleiros sincronizados em Campo Grande, MS.....	64
Figura 20	Imagem do Fiat Uno Attractive 1.0 flex 2019 e do Chevrolet Omega CD 3.6 v6 2005.....	66
Figura 21	Chevrolet Opala 1969.....	66
Figura 22	Linhas de fluxo de ar que passam sobre e sob a carroceria de um automóvel em movimento.....	68
Figura 23	O SF71H, carro da Ferrari para a temporada 2018 de F1.....	69

Figura 24 Ford Escort Cosworth 2.0 1993.....	69
Figura 25 Ford Escort XR3 2.0 1995.....	70
Figura 26 Forças aerodinâmicas em uma ultrapassagem.....	70
Figura 27 Placa indicando trecho sujeito à ventos laterais.....	71
Figura 28 Levantamento do tempo de conclusão do ensino médio.	81
Figura 29 Opinião dos alunos sobre a importância do estudo de física. ....	82
Figura 30 A utilidade da física, segundo os alunos. ....	83
Figura 31 Assiduidade dos alunos na direção de automóveis.....	84
Figura 32 Quantificação das palavras e conceitos mais utilizados pelos alunos nas respostas à questão 5. ....	87
Figura 33 Quantificação dos alunos que consideraram importante a leitura proposta. ....	91
Figura 34 Alunos que veem a utilidade da física em seus cotidianos.	92
Figura 35 Importância de estudar física aplicada ao trânsito, na escola. ....	93
Figura 36 Importância de estudar física aplicada ao trânsito, nas autoescolas, na visão dos alunos. ....	97
Figura 37 Palpites dos alunos quanto a distância de frenagem de um carro à $60km/h$ . ....	98
Figura 38 Opinião dos alunos sobre o limite de velocidade de $40km/h$ em frente à uma escola. ....	100
Figura 39 Movimento de um carro que perde o controle em uma curva à direita. ....	101
Figura 40 Respostas finais para o movimento de um carro que perde o controle em uma curva à direita. ....	101
Figura 41 Noção dos alunos sobre a troca de forças entre um caminhão e um automóvel em uma colisão frontal. ....	102
Figura 42 Será a força do caminhão maior ou menor do que a força do carro em uma colisão? ....	102
Figura 43 Respostas dos alunos à “serem os carros mais antigos, mais seguros”, no questionário inicial.....	103
Figura 44 Respostas dos alunos à “serem os carros mais antigos, mais seguros”, no questionário final. ....	103
Figura 45 Percepção dos alunos sobre a melhor maneira de transportar um recém-nascido. ....	104

Figura 46	Percepção à afirmação de ser seguro transportar objetos no porta pacotes.....	105
Figura 47	Opinião sobre o atrito entre os pneus e a pista.....	106
Figura 48	Opinião sobre carros leves e pesados. ....	106
Figura 49	O pensamento dos alunos sobre ventos laterais.....	107
Figura 50	Opinião dos alunos sobre a influência do peso do carro em uma manobra de ultrapassagem.....	108



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Coeficientes de atrito de rolamento . . . . .	62
Tabela 2	Proposta de agrupamento de ideias . . . . .	87
Tabela 3	Conceitos físicos mais lembrados pelos alunos. . . . .	88
Tabela 4	Respostas com itens comportamentais. . . . .	89
Tabela 5	Respostas “estranhas” à pergunta. . . . .	90
Tabela 6	Tópicos importantes segundo o grupo I (cinemática). . .	94
Tabela 7	Tópicos importantes segundo o grupo II (leis de Newton). .	95
Tabela 8	Respostas desconectadas da pergunta. . . . .	95
Tabela 9	Tópicos importantes segundo o grupo III (atrito). . . . .	96



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CFC	Centro de Formação de Condutores
IFSul	Instituto Federal Sul-rio-grandense
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
IAT	Investigação de Acidentes de Trânsito
UFRG	Universidade Federal do Rio Grande (ou FURG)
ABS	Anti-lock Breaking System
UFC	Universidade Federal do Ceará
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TAC	Traffic Accident Commission
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CNH	Carteira Nacional de Habilitação



## LISTA DE SÍMBOLOS

$\Delta s$	Espaço percorrido
$s$	Espaço final
$s_0$	Espaço inicial
$\Delta x$	Deslocamento
$x$	Posição final
$x_0$	Posição inicial
$v_m$	Velocidade média
$\Delta t$	Intervalo de tempo
$v_{m(r)}$	Rapidez
$a_m$	Aceleração média
$\Delta v$	Variação de velocidade
$F$	Força
$F_r$	Força resultante
$m$	Massa
$f_a$	Força de atrito
$\mu$	Coefficiente de atrito
$N$	Força de reação normal
$f_r$	Força de atrito de rolamento
$\mu_r$	Coefficiente de atrito de rolamento
$G$	Força de reação normal por roda, no caso de um automóvel
$f_d$	Força de atrito de destaque (atrito estático máximo)
$p$	Pressão em um fluido (Neste texto, ar atmosférico)
$\rho$	Densidade de um fluido (Neste texto, ar atmosférico)
$y$	Altura em relação ao nível mínimo de um fluido



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	29
1.1	OBJETIVOS .....	31
1.1.1	Objetivo Geral .....	32
1.1.2	Objetivos Específicos .....	32
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	35
2.1	OS PRIMÓDIOS DO AUTOMÓVEL E SEUS MOTORES .....	37
2.2	A FÍSICA DO MOVIMENTO DO AUTOMÓVEL .....	43
2.2.1	A cinemática .....	44
2.2.1.1	A velocidade .....	44
2.2.1.2	A aceleração .....	53
2.2.2	A dinâmica .....	55
2.2.2.1	Leis de Newton .....	55
2.2.2.2	Lei da inércia .....	56
2.2.2.3	Princípio fundamental da dinâmica .....	58
2.2.3	A força de atrito .....	60
2.2.3.1	O atrito e aspectos ecológicos da condução de automóveis .....	64
2.2.3.2	A questão do peso do automóvel .....	65
2.2.3.3	Atrito e efeitos aerodinâmicos .....	67
2.3	ALGUMAS INICIATIVAS EM FÍSICA APLICADA AO TRÂNSITO .....	72
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	77
3.1	O MATERIAL DESENVOLVIDO .....	77
3.2	OS PARTICIPANTES DO EXPERIMENTO .....	77
3.3	A APLICAÇÃO DO MATERIAL PARADIDÁTICO PRODUZIDO .....	78
<b>4</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> ..	81
4.1	QUESTIONÁRIO INICIAL - PARTE GERAL .....	81
4.1.1	O tempo de conclusão do ensino médio .....	81
4.1.2	A importância de estudar física na escola .....	82
4.1.3	Ver ou não ver aplicações da física .....	83
4.1.4	São os alunos, motoristas? .....	83
4.1.5	Será necessário abordar trânsito em aulas de física? Por quê? .....	84
4.1.6	Conteúdos mais lembrados pelos alunos .....	88
4.1.7	Gostaria de ter estudado física na autoescola? .....	90

4.2	RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO FINAL	
	PARTE GERAL .....	91
4.2.1	Foi importante ter lido o texto sobre física aplicada ao trânsito? .....	91
4.2.2	Você vê aplicações da física em sua vida diária? ...	92
4.2.3	Teria sido importante estudar física do trânsito na escola? .....	92
4.2.4	Tópicos importantes de física .....	94
4.2.4.1	Grupo I: cinemática .....	94
4.2.4.2	Grupo II: leis de Newton .....	95
4.2.4.3	Grupo III: força de atrito .....	96
4.2.5	Seria importante o estudo de física para os candidatos à CNH? .....	96
4.3	RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS INICIAL E FINAL - PARTE DE GRUPOS DE CONTEÚDOS .....	97
4.3.1	<b>Grupo I - Cinemática</b> .....	97
4.3.1.1	A noção de velocidade .....	97
4.3.1.2	A noção de tempo de reação .....	98
4.3.1.3	Que distância seria percorrida no tempo de reação .....	99
4.3.1.4	O limite em frente à uma escola é ou não adequado? .....	99
4.3.1.5	Se os motoristas hovessem estudado física na escola, o problema com excessos de velocidade seria resolvido? ...	100
4.3.2	<b>Grupo II - Leis de Newton</b> .....	101
4.3.2.1	A noção de inércia .....	101
4.3.2.2	A troca de força .....	102
4.3.2.3	O poder dos carros mais antigos .....	103
4.3.2.4	Sobre a melhor maneira para o transporte de crianças ...	104
4.3.2.5	Objetos sobre o porta pacotes .....	104
4.3.3	<b>Grupo II - Atrito</b> .....	105
4.3.3.1	A noção de ser positivo ou negativo o fenômeno do atrito .	105
4.3.3.2	Opinião sobre peso do carro e segurança .....	106
4.3.3.3	Sobre os ventos laterais .....	107
4.3.3.4	Sobre o efeito do peso do carro durante uma ultrapassagem	107
4.4	DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS .....	108
5	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES</b> .....	111
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	115
	<b>APÊNDICE A - Questionário inicial - Grupo I</b> ..	123
	<b>APÊNDICE B - Questionário inicial - Grupo II</b> ..	129
	<b>APÊNDICE C - Questionário inicial - Grupo III</b> .	137
	<b>APÊNDICE D - Questionário final - Grupo I</b> ....	145
	<b>APÊNDICE E - Questionário final - Grupo II</b> ...	151

<b>APÊNDICE F – Questionário final - Grupo III...</b>	<b>157</b>
<b>APÊNDICE G – Autorização da escola .....</b>	<b>163</b>
<b>APÊNDICE H – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>	<b>167</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento efetivo do automóvel, em fins do século XIX, o número de acidentes de trânsito tem aumentado continuamente no mundo todo, ao ponto de o trânsito ser considerado hoje uma das principais causas de mortes. No Brasil, este fato é corroborado pelo resultado de 2010, que colocou o país na 4ª posição do ranking internacional de mortes do trânsito, atrás apenas de China, Índia e Nigéria (GOMES, 2014). Em números, esta posição correspondeu, naquele ano, à 42.844 óbitos em uma população estimada, à época, de 194.946.488 habitantes. Teve-se, naquele ano, 0,66 mortes para cada 1000 veículos registrados no país. Muito embora, no mesmo ano, houve casos mais críticos como o do Paquistão, que, mesmo tendo ficado na 7ª posição no ranking geral, perdeu no mesmo ano, 3,84 vidas para cada 1000 veículos registrados no país, os números brasileiros não são, em nenhum momento, motivos de comemoração. A título de comparação, verifica-se que nos 9 anos de intervenção norte americana no Vietnã (de 1964 a 1973), os Estados Unidos<sup>1</sup> perderam (apenas em combate), 47.434 soldados (DEBRUYNE, 2018). Estes números mostram que já em 2010, havia uma guerra urbana em curso no Brasil, sendo travada dia a dia.

Embora tenha havido uma redução em 2013, para 40.401 mortes, o número de feridos saltou de 146.066 em 2010 para 170.805 em 2013 (MONTEIRO, 2018). Vê-se que o número de mortes reduziu-se (o que é realmente significativo, considerando-se que o número de veículos da frota aumentou muito, com base nos recentes incentivos governamentais para aquisição de veículos particulares) e pode-se inferir que esta redução não está relacionada ao menor número de acidentes de trânsito, o que parece ser indicado pelo grande aumento no número de feridos, mas, possivelmente, a veículos mais seguros e dispositivos de controle de velocidade e de circulação.

Então, ainda que o trânsito seja este meio ambiente de convívio social tão perigoso quanto mostram os números (nacionais e mundiais), chega a ser surpreendente o fato de que, a cada dia, mais e mais condutores novos e potencialmente despreparados são colocados (oficialmente) em circulação. A falta de uma educação escolar, dirigida especificamente para este assunto tão importante, resulta no fato de que, em 2012, 41% do total de acidentes de trânsito foram registrados

---

<sup>1</sup>Note-se que este número trata apenas de perdas militares americanas, sem considerar as perdas vietnamitas, que passam de um milhão de pessoas (HIRSCHMAN; PRESTON; LOI, 1995).

com jovens entre 18 e 34 anos e, ainda, que do mesmo total, 95% foram causados por irresponsabilidade e imperícia (COUTINHO, 2013). Ainda que margens de erro e regionalismos devam ser considerados, 95% de qualquer coisa é um número alto. Mas, considerando-se que o número de veículos nas ruas deve seguir aumentando nos próximos anos, e que, por extensão, o número de acidentes de trânsito também seguirá aumentando ou, no mínimo, ficará estável, surge a necessidade (urgente) de uma discussão mais ampla a respeito da educação para o trânsito com objetivo de preparar melhor o futuro condutor, para que seja mais eficiente o controle da máquina à que está tendo acesso.

Neste contexto, a disciplina de física ministrada nas escolas de ensino médio, em escolas técnicas e instituições de ensino superior do país, tem muito a contribuir pois pode, paulatinamente, conscientizar o futuro condutor sobre suas possibilidades (e o que é mais importante, suas impossibilidades) no relacionamento com a máquina. Surge então, a possibilidade (e potencialidade) de uma readequação dos famosos “exemplos contextualizados” utilizados em sala de aula, para que abordem questões ligadas a veículos, ao processo de condução e ao fenômeno do trânsito. Desta forma, ganha-se duplamente pois um dos maiores motores de críticas dos alunos (principalmente nos anos de ensino fundamental e médio), é a utilidade duvidosa (do ponto de visto dos próprios alunos) dos conteúdos ministrados, o que fica óbvio quando o aluno faz a famosa pergunta: “Professor, por que estamos estudando este assunto, se pretendo ser...” A resposta, óbvia neste caso, é que, embora o aluno pretenda tornar-se um futuro profissional em qualquer área onde o conhecimento de física não será essencial (como nas áreas de direito e de administração de empresas, para citar apenas dois casos), a maioria deve comprar veículos e tornar-se condutor. Portanto, conhecimentos como velocidade, atrito, forças e efeitos aerodinâmicos, serão de grande valia e poderão levar à salvaguarda de vidas e à redução de prejuízos materiais e emocionais.

Neste trabalho propõe-se a leitura paralela de material paradidático para o nível de ensino médio, como estratégia de inserção de conteúdos ligando o trânsito aos já tradicionais conteúdos de física. O material em questão foi desenvolvido como produto do curso de mestrado profissional em ensino de física aqui descrito e foi pensado de maneira a ser utilizado por alunos regulares de ensino médio como material didático ou paradidático, bem como por alunos egressos do ensino médio, como material de complementação de estudos. Tal material pode ser indicado aos alunos na forma de tarefa de casa ou de aprofundamento de tema. Some-se a isto que, sendo o mesmo de caráter

fortemente dialógico, pode ser indicado aos alunos e, após sua leitura e discussão em ambiente escolar, cobrado em provas e avaliações, estimulando entre outras coisas, o hábito da leitura entre os estudantes, e sem que o professor precise fazer intervenções prévias em sala. Para auxiliar neste caminho, o material proposto possui um bom número de exemplos qualitativos e quantitativos devidamente discutidos e resolvidos, inseridos no texto. Pensou-se também em um material que possua um pequeno número de exercícios dirigidos, o que o tornará aplicável (de forma limitada) até mesmo como livro-texto para os tópicos que explora (basicamente Cinemática e Leis de Newton).

Mas, não restringindo-se apenas aos espaços formativos tradicionais da física, propõe-se um material que poderia, com algumas ressalvas, ser utilizado em cursos de formação de condutores nos CFCs, possivelmente como disciplina integrante de seus currículos formativos. Vislumbra-se mesmo a possibilidade de o tópico “Princípios de física voltada para o trânsito de veículos e pessoas” vir a ser incluído de maneira permanente nos cursos de formação de condutores, objetivo para o qual a presente proposta poderia colaborar.

## 1.1 OBJETIVOS

Como hipótese norteadora deste trabalho, admitiu-se ser possível incluir os conteúdos relativos a trânsito de veículos e pessoas nos conteúdos tradicionais de um curso técnico subsequente de uma instituição pública de ensino, com resultados satisfatórios, mesmo que a disciplina de física não esteja nominalmente elencada no rol de disciplinas do curso em questão. Esta inserção colabora para que o curso ajuste-se ao que preconiza o artigo 76 da lei 9.503, Código Brasileiro de Trânsito (CTB).

“Art. 76. A educação para o trânsito será promovida na pré-escola e nas escolas de 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> 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.

Parágrafo único. Para a finalidade prevista neste artigo, o Ministério da Educação e do Desporto, mediante proposta do CONTRAN e do Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras, diretamente ou mediante convênio, promoverá:

I - a adoção, em todos os níveis de ensino, de um currículo interdisciplinar com conteúdo programático sobre segurança de trânsito;

II - a adoção de conteúdos relativos à educação para o trânsito nas escolas de formação para o magistério e o treinamento de professores e multiplicadores;

III - a criação de corpos técnicos interprofissionais para levantamento e análise de dados estatísticos relativos ao trânsito;

IV - a elaboração de planos de redução de acidentes de trânsito junto aos núcleos interdisciplinares universitários de trânsito, com vistas à integração universidades-sociedade na área de trânsito.”

Admite-se ainda que esta inter-relação entre as duas matérias possa fazer com que ambos os conteúdos sejam melhor assimilados pelos alunos, uma vez que reforçam-se como representações complementares de um mesmo conjunto de fenômenos e conceitos.

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Pretende-se estudar como os alunos de uma turma de curso técnico subsequente do IFSul, Campus Passo Fundo, vinculam os conteúdos de física e de trânsito, bem como analisar a aquisição de conhecimentos após a leitura de um material paradidático desenvolvido no âmbito do curso de mestrado profissional em ensino de física da Universidade Federal de Santa Catarina, voltado à estas temáticas.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

01 - Produção de um material paradidático sobre física aplicada ao trânsito, voltado a alunos do ensino médio, e sua validação posterior através da aplicação junto à uma turma de curso técnico pós-médio.

02 - Avaliar como (ou se) os alunos do curso técnico subsequente em mecânica do Instituto Federal Sul-rio-grandense, campus Passo Fundo, vinculam os conteúdos de física do ensino médio com a atividade de guiar veículos automotores, através de uma avaliação dos conhecimentos adquiridos pelo aluno na região de fronteira/sobreposição entre os dois corpos de conhecimentos.

03 - Verificar a pré disposição dos mesmos alunos, em adquirir conhecimentos sobre trânsito e segurança no trânsito, durante suas formações técnicas.

04 - Mensurar-se (estimar-se) o crescimento nos conhecimentos dos alunos (se algum) após a leitura de um texto paradidático sobre trânsito e segurança no trânsito, vinculado com conhecimentos de física básica.

05 - Estimular o desenvolvimento de uma conduta de trânsito seguro nos alunos de cursos técnicos, colaborando desta forma para redução nos acidentes de trânsito nas ruas e estradas brasileira, por meio do aprimoramento no conhecimento dos princípios físicos envolvidos na condução de veículos automotores, uma vez que um número maior de informações pode contribuir para a melhoria nos processos decisórios durante a condução.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Desde o seu surgimento, o automóvel despertou grande interesse em homens e mulheres, ao ponto de ser considerado um dos ícones da sociedade moderna (LUCHESE, 2010). Este fascínio é justificado quando verifica-se que o automóvel (desde seu lançamento) transcendeu sua função de mero instrumento de transporte, para tornar-se, em muitas interpretações, uma extensão do próprio corpo do motorista. Por meio do automóvel, homens e mulheres podem expressar aspectos íntimos de sua personalidade como se, ao estar ao volante de um automóvel, o condutor estivesse na verdade ao volante de sua própria vida, como destaca a psicanalista e professora da Unijorge Jackeline Kruschewsky, citada no trabalho de Mariana Czerwonka (CZERWONKA, 2014). Nos Estados Unidos, a produção de automóveis foi estimulada como forma de superação da crise econômica decorrente da primeira guerra mundial, e para isso, estimulou-se a compra e posse de veículos particulares de passeio como símbolos do poder e liberdade americanos (SARRETA, 2012).

Neste contexto, o dirigir pode resultar em uma grande sensação de poder e superioridade sobre o outro levando ao desrespeito às normas do trânsito.

Em outro aspecto, a capacidade de conduzir um veículo automotor é tão valorizada nos dias atuais, que condutores costumazes e habilidosos frequentemente desprezam e humilham outros condutores, menos seguros e/ou experientes, ao ponto de desenvolver neste segundo grupo a *amaxofobia*, ou seja, o medo de dirigir (BARP; MAHL, 2013). Este medo, mesmo em condutores devidamente habilitados, está intimamente ligado ao estresse de estradas e ruas cada vez mais abarrotadas de automóveis, caminhões, motocicletas pedestres e outros atores do trânsito, e resulta em insegurança (sendo esta, na verdade, uma causa retroalimentada da amaxofobia), o que pode levar a acidentes e mortes.

A condução perigosa, vista por muitos como uma audaciosa demonstração de coragem, destreza e, em alguns casos, de virilidade (GOMES, 2018) e condição socioeconômica, recebe um grande incentivo com comerciais de televisão (SANTOS, 2018) e filmes de cinema como os longas da franquia Velozes e Furiosos, que em sua 5ª edição chegou ao Rio de Janeiro com corridas de carros impressionantes e cenas fisicamente impossíveis que, para além de não respeitarem regras de trânsito, ultrapassam até os limites da biologia humana. Na tentativa de repetir

façanhas como as interpretadas pelos atores nas telas, muitos jovens perdem suas vidas todos os anos, sendo ilustrativo o fato de que o próprio ator Paul Walker, estrela da maioria dos filmes da série, perdeu sua vida na carona de um Porsche (FERNANDES, 2013). Esta infelizmente não é a primeira, mas mais uma de uma lista de mortes da qual faz parte também o ídolo jovem do cinema na primeira metade da década de 50, James Dean (SANTOS, 2016).

Do exposto, resta a certeza de que o trânsito ocupa um papel central na sociedade, com suas potencialidades e problemas. Portanto é necessário que, de fato, estas discussões sejam incluídas nos programas escolares brasileiros, e em todos os níveis de ensino como preconiza o artigo 76, capítulo VI do CTB (BRASIL, 1997):

A educação para o trânsito será promovida na pré-escola e nas escolas de 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> 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.

Assim, buscando atender ao que preconiza a lei, algumas iniciativas de inserção de conteúdos ligados ao trânsito já se fazem presentes na educação infantil e no ensino fundamental (SOARES, 2005) (COUTO, 2016) (BATISTA, 2010), no ensino médio (BRITO; SILVA, 2010) (PINTO; WALTER; HOLZ, 2015) e no ensino superior (PINHEIRO et al., 2006b). Algumas destas iniciativas serão revisadas na seção 2.3 desta dissertação. Na maioria dos trabalhos consultados, trata-se a educação para o trânsito como tema transversal, o que evidencia seu elevado potencial interdisciplinar (THOMAZ; SILVA; TAHA, 2016), servindo inclusive como motivador a projetos integradores em alguns níveis de ensino, com forte potencial de conexão com atores externos à escola, possibilitando uma grande integração entre os conhecimentos adquiridos nos bancos escolares e a realidade de motoristas e órgãos estatais de planejamento e controle do trânsito (FONTES; FERREIRA, 2011).

Entretanto, embora apresente um caráter interdisciplinar e multidisciplinar, parece muito claro que a disciplina que mais tem a contribuir em termos de educação para o trânsito, ao menos nos cursos de ensino médio, é a física. Várias iniciativas existem nesta disciplina, procurando inserir conhecimentos de física naturalmente nos assuntos já tratados tradicionalmente nas escolas de ensino médio e superior do Brasil (SILVA, 2009). Neste processo, tem-se ganho duplo e retroalimentação: se por um lado, pode-se utilizar as situações práticas do trânsito

e da condução de veículos como fator de significação para os conceitos físicos estudados em sala de aula (ABUD, 2017), por outro lado atua-se para a melhoria do trânsito em geral, na medida em que se colabora para a formação de um condutor (ou futuro condutor, dependendo do nível de ensino considerado) mais consciente de suas verdadeiras potencialidades e limitações na condução do automóvel. Este segundo resultado é, na verdade, o que busca a maior parte dos pesquisadores em ensino que seguem por este caminho, pois parece fácil perceber que esta abordagem pode colaborar como a redução de acidentes de trânsito (VIZZOTTO; MACKEDANZ, 2017).

## 2.1 OS PRIMÓRDIOS DO AUTOMÓVEL E SEUS MOTORES

Define-se como automóvel todo o veículo que move-se autonomamente em função de um motor interno, em contraste aos veículos tirados à tração humana ou animal. Com base nesta definição, reconhece-se que o primeiro automóvel da história foi criado pelo engenheiro militar francês Nicolas-Joseph Cugnot, em 1770; era movido à vapor e chamou-se *Le Fardier*. Entretanto, para alguns estudiosos do tema, este pioneirismo parece um pouco inadequado pois, como ser visto na figura 1, o veículo de Cugnot possuía apenas três rodas, escapando à atual configuração de automóveis (ou carros, mais especificamente), e aproximando-se mais da denominação de triciclos.



Figura 1: O *Le Fardier* de Nicolas-Joseph Cugnot.

Fonte: (AEAARP, 2016).

É emblemático que o primeiro automóvel tenha sido também o protagonista do primeiro acidente de trânsito: em uma demonstração de seu *Le Fardier*, que havia sido construído inicialmente sem freios, Cugnot conseguiu fazê-lo parar apenas quando jogou-o em uma colisão contra um muro. Este acidente acabou se tornando uma das causas da falência de Cugnot que, mesmo tendo recebido uma pensão paga

por Luís XV e mais tarde tendo seu mérito reconhecido por Napoleão Bonaparte, acabou morrendo na pobreza em 1804.

Entretanto, a ideia era promissora e a revolução do automóvel, inevitável, de modo que o desenvolvimento dos motores a vapor continuou após as conquistas de Cugnot, e merece destaque o veículo *Puffing Devil* (figura 2), idealizado e construído por Richard Trevithick em 1801, que entrou para a história como o primeiro veículo a efetivamente transportar pessoas.



Figura 2: O Puffing Devil.

Fonte: E&T - Engineering and Technology<sup>1</sup>.

Os modelos a vapor (ao contrário do que muita gente pensa) foram muito além dos primórdios, culminando com modelos de automóveis como os criados pelo engenheiro Abner Doble que, com a ajuda de três irmãos, fundou a Doble Steam Motors Corporation. Um de seus últimos automóveis, de 1924, pode ser visto<sup>2</sup> na figura 3.

Abner Doble ainda colaborou no projeto de Charles Keen, que deu origem ao Keen Steamliner, que pode ser visto na figura 4.

---

<sup>1</sup>Disponível em <https://eandt.theiet.org/content/articles/2013/11/puffing-devil-rebuilt/>. Acesso em 28/12/18.

<sup>2</sup>No site [youtube.com](https://www.youtube.com/watch?v=rUg_ukBwsyo&t=1126s) podem ser encontrados diversos vídeos sobre carros e motores à vapor, servindo como exemplo o vídeo [https://www.youtube.com/watch?v=rUg\\_ukBwsyo&t=1126s](https://www.youtube.com/watch?v=rUg_ukBwsyo&t=1126s), que trata do Doble E-20, modelo 1925 e foi acessado em 06/01/19.



Figura 3: O automóvel à vapor Doble Model E11, de 1924.  
Fonte: All Car Central Magazine<sup>3</sup>.



Figura 4: Um Keen Steamliner número 2, de 1963.  
Fonte: Kimmel Steam Power<sup>4</sup>.

O desenvolvimento de motores a vapor continuou, ainda que sem poder comercial e suplantado pelos motores a combustível fóssil, e vem sendo reavivado aos poucos, basicamente em função do grande apelo verde desta tecnologia, com baixo impacto ambiental. Em exemplar mais recente é o Dutcher, mostrado na figura 5, produzido na Califórnia pela Steam Power Systems, em 1974.

Uma segunda linha de ação no desenvolvimento dos automóveis foi o carro com motor elétrico, que como tal deveu-se a uma série de descobertas em eletricidade e magnetismo, com suas respectivas aplicações à engenharia. Uma prova desta afirmação está no que conhece-se como o primeiro automóvel elétrico da história, contruído pelo francês Gustave Trouvé, em 1881, antes portanto, do trabalho de James C. Maxwell

<sup>3</sup>Disponível em <http://allcarcentral.com/Doble.html>. Acesso em 29/12/18.

<sup>4</sup>Disponível em <http://kimmelsteam.com/keenengine.html>. Acesso em 28/12/18.

que originaria o eletromagnetismo (EHSANI et al., 2005). Durante algum tempo os automóveis elétricos competiram lado a lado com seus congêneres à gasolina, mas começaram a perder espaço para estes últimos na Europa, pois a crescente malha rodoviária asfaltada convidava à viagens mais longas, cenário no qual os automóveis elétricos, com sua baixa autonomia, acabaram em desvantagem.



Figura 5: Dutcher 1974.

Fonte: All Car Index<sup>5</sup>.

Em 1889, a empresa Baker Motor Vehicle Company, com sede em Cleveland, Estados Unidos, lança o Baker Electrics (figura 6)



Figura 6: Baker Electrics, model Victoria, de 1908.

Fonte: PlanetCarsZ<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup>Disponível em <http://www.allcarindex.com/main-index/car-make-details/United-States-Dutcher/>. Acesso em 29/12/18.

<sup>6</sup>Disponível em <http://planetcarsz.com/marcas/imagens-de-carros/baker-electrics-model-v-victoria/42924>. Acesso em 28/12/18.

Chama atenção neste automóvel o fato de ter suas baterias desenvolvidas por Thomas Edison (AEAARP, 2016). O primeiro automóvel elétrico comercial foi o Electrobat, de 1894 (figura 7). Este veículo operou como táxi em uma companhia de Nova York, fundada pelos criadores do automóvel, Henry G. Morris e Pedro G. Salom. O Electrobat conseguia operar por períodos de quatro horas, com intervalos de recarga de 90 minutos e autonomia de 40km.



Figura 7: O electrobat de Morris e Salom, de 1894.  
Fonte: ResearchGate.net<sup>7</sup>.

É desta época a criação do sistema de freio restaurativo, que encarregava-se de aproveitar a energia cinética liberada durante as frenagens, recarregando as baterias do automóvel. Este sistema aumenta a autonomia do carro e foi criado em 1897 pelo engenheiro francês Alexandre Darracq.

Resultados importantes foram obtidos com automóveis elétricos durante seus anos de ouro, como ter sido elétrico o primeiro carro a ultrapassar a velocidade de 100km/h. Este feito foi realizado em 1889 pelo *La Jamais Contente* (figura 8), automóvel criado pelo engenheiro belga Camille Jenatzy, e que chegou a velocidade de 105km/h.

O motor de combustão interna à gasolina, criado por Étienne Lenoir, em 1860 e aprimorado por Nicolaus Otto (que criou o motor de quatro tempos utilizado até os dias atuais) em 1876, acabou superando seus concorrentes e estabeleceu-se como regra em automóveis quando em 1886, dois funcionários egressos da empresa de Nicolaus Otto, Karl Benz e Gottlieb Daimler, após uma série de experimentos com motores de combustão interna aplicados à bicicletas e triciclos, adaptaram a

<sup>7</sup>Disponível em [https://www.researchgate.net/figure/Electrobat-first-successful-electric-car-1894\\_fig7\\_273763429](https://www.researchgate.net/figure/Electrobat-first-successful-electric-car-1894_fig7_273763429). Acesso em 29/12/18.

invenção de Otto a uma carroça com capacidade para quatro ocupantes. Esta adaptação deu origem ao Benz Patent-Motorwagen (figura 9). Com este veículo, a esposa de Karl Benz, Bertha Benz, realizou a primeira viagem de automóvel, em um percurso de 100km entre as cidades de Mannheim e Pforzheim, na Alemanha (AEAARP, 2016).



Figura 8: *La Jamais Contente*, o automóvel elétrico com nome exótico que primeiro ultrapassou a marca dos 100km/h.

Fonte: New Atlas<sup>8</sup>.



Figura 9: Karl Benz ao “volante” do modelo aperfeiçoado (e disponibilizado para vendas) do Patent-Motorwagen, em 1887.

Fonte: Heacock Classic<sup>9</sup>.

O primeiro carro à gasolina e com quatro rodas surge em 1889, fruto do trabalho de Gottlieb Daimler e Wilhelm Maybach. Logo à

<sup>8</sup>Disponível em <https://newatlas.com/le-jamais-contente-first-land-speed-record/23094/>. Acesso em 29/12/18.

<sup>9</sup>Disponível em <https://heacockclassic.com/articles/1886-benz-patent-motorwagen-birth-of-the-motorcar/>. Acesso em 28/12/18.

seguir, Karl Benz lança o modelo Benz Velo (figura 10), que teve 1200 unidades produzidas entre 1894 e 1901. Com este lançamento surge o automobilismo.



Figura 10: Benz Velo Comfortable 1897.  
Fonte: Louwman Museum<sup>10</sup>.

## 2.2 A FÍSICA DO MOVIMENTO DO AUTOMÓVEL

A palavra *automóvel* possui origem em dois vocábulos: do grego vem a palavra *autós*, que significa 'por si mesmo', e do latim vem a expressão *mobilis*, que remete a ideia de mobilidade. O casamento das duas palavras resulta na ideia do 'que se move por si mesmo'.

Há muita física em praticamente todas as etapas de produção, manutenção e condução de automóveis. Nos processos de projeto, produção e manutenção, empregam-se grandes números de profissionais (notadamente engenheiros e técnicos mecânicos), atentos à física e que trazem este conhecimento em base sólida, de seus tempos escolares. Entretanto, é na condução de automóveis que encontra-se o maior número de pessoas, grande parte delas, oriundas de áreas distantes da física, como direito e administração. Para este grande grupo, os conhecimentos de física voltados à condução segura são mais importantes do que aqueles relacionados a projeto ou produção de automóveis. Neste contexto, um dos conteúdos mais relevantes é aquele que estuda o movimento do automóvel e suas causas.

A parte do curso de física do ensino médio que estuda o movimento e suas causas, é a mecânica, tradicionalmente ministrada no primeiro ano. Estudar o movimento de um automóvel nesta etapa con-

<sup>10</sup>Disponível em <https://www.louwmanmuseum.nl/en/Ontdekken/Ontdek-de-collectie/benz-velo-comfortable>. Acesso em 28/12/18.

siste em uma excelente oportunidade para um ensino mais significativo da física (KLEER; THIELO; SANTOS, 1997).

### 2.2.1 A cinemática

Em geral, quando iniciam seus estudos de física no ensino médio, os alunos encontram a cinemática. Este conteúdo é considerado a porta de entrada da mecânica, ao abordar o movimento independente de suas causas; por isso, é muito importante que o aluno se aproprie adequadamente dos conceitos apresentados nesta etapa de estudos. Entretanto, resente-se que o ensino de cinemática poderia ser mais eficiente, mas deixa de sê-lo quando estes conceitos aparecem para o aluno excessivamente matematizados e desligados da realidade (NAPOLITANO; LARIUCCI, 2001). Esta crítica torna-se mais significativa quando se verifica que os conceitos de cinemática possuem visceral importância no comportamento do trânsito. Diversas metodologias didáticas tem sido propostas para potencializar este estudo, que por meio de vídeos (BUSE, 2014) ou de experimentos tentam torná-lo mais atrativo e significativo (SANTOS, 2016). A proposta deste trabalho soma-se a essas iniciativas, pois sugere revestir os conteúdos estudados em sala de aula com significados adicionais, ao aplicá-los à situações de trânsito e a condução de veículos, realidade na qual todos os cidadãos, praticamente sem exceções, estão inseridos.

#### 2.2.1.1 A velocidade

Conceitos extremamente fundamentais no estudo da cinemática, o referencial e a posição escalar parecem simples e por isso mesmo, podem ser transmitidos de forma leviana pelo professor, uma vez que trata-se de informação apenas literal e não conduz diretamente à contas. Entretanto, diga-se de passagem, estas ideias possuem pouco de triviais pois foi a partir de sua análise que Albert Einstein edificou a teoria da relatividade.

Uma rápida olhada na literatura disponível para ensino médio pode fornecer pistas sobre o porque isso é como é. Por exemplo, na parte dedicada aos princípios de cinemática do livro *Física Completa*, volume único (BONJORNO et al., 2001), encontram-se definições para pontos material e extenso, trajetória e posição escalar destacados em pequenas caixas com preenchimento em roxo o que, considerando o

destaque, induz o aluno (e possivelmente seu professor também) a considerar estes conceitos como básicos e importantes. E isto está correto, mas ressentem-se que o conceito de referencial está extremamente diluído no texto da página 16, utilizando para isso a ideia de que uma pessoa na beira de uma estrada é considerada como *ponto de referência*, não recebendo portanto a mesma importância dos outros conceitos. Outro texto consultado (DOCA; BISCOLOLA; BÔAS, 2010) é mais categórico na medida em que traz o conceito de referencial destacado em uma caixa semelhante à observada no primeiro livro, conferindo importância a este conceito, mas desta vez não destaca o conceito de posição escalar, por exemplo.

Em uma abordagem moderna, pode-se afirmar que:

*Referencial é um ponto ou conjunto de pontos em relação ao quais se faz alguma afirmação a respeito do movimento.*

De modo semelhante, tem-se que:

*A posição escalar é um lugar geométrico dentro de um determinado referencial.*

Com estas duas definições, pode-se ir além e definir que:

*Movimento é a mudança de posição escalar em um determinado referencial.*

Neste ponto, costuma-se apresentar aos alunos a ideia de espaço percorrido como sendo o próprio movimento, ou seja, a mudança de posição. Este será o primeiro conceito matematizado, pois pode-se escrever (TIPLER; MOSCA, 2009):

$$\Delta s = s - s_0 \quad (2.1)$$

O conceito de deslocamento está associado a este e em muitos livros de ensino médio não é feita a devida distinção entre eles. O deslocamento matematiza-se de modo semelhante, como:

$$\Delta x = x - x_0 \quad (2.2)$$

Embora as duas representações sejam muito semelhantes, o espaço percorrido descreve o total de espaço *efetivamente* percorrido e o deslocamento descreve apenas a diferença nas posições inicial e final do móvel. No caso de um movimento unidimensional (ao longo de uma

trajetória retilínea), pode-se dizer que o espaço percorrido é dado como o módulo do deslocamento em cada trecho, como na equação 2.3.

$$\Delta s = |\Delta x| \quad (2.3)$$

Como exemplo, considere a situação mostrada na figura 11.

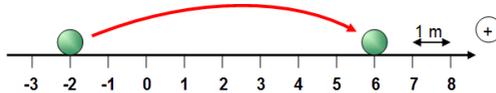


Figura 11: O movimento de ida.

Fonte: Adaptado de sites.google.com<sup>11</sup>.

Neste caso, utiliza-se como referencial a reta horizontal com posições marcadas a cada 1m uma da outra. A bolinha verde parte da posição inicial  $x_0 = -2m$  e vai até a posição final  $x = 6m$ . Pode-se escrever o deslocamento no movimento de ida ( $\Delta x_i$ ) como:

$$\begin{aligned} \Delta x_i &= x - x_0 \\ &= 6m - (-2m) \\ &= 8m \end{aligned}$$

Do mesmo modo, pode escrever o espaço percorrido no movimento de ida ( $\Delta s_i$ ) como:

$$\begin{aligned} \Delta s_i &= s - s_0 \\ &= 6m - (-2m) \\ &= 8m \end{aligned}$$

Neste primeiro movimento não há problemas: o deslocamento e o espaço percorrido são concordantes. Considere-se agora o novo movimento, mostrado na figura 12.

<sup>11</sup>Disponível em <https://sites.google.com/site/montedefisica/disciplinas/cinematica/espaco-percorrido-e-deslocamento>. Acesso em 06/12/18.

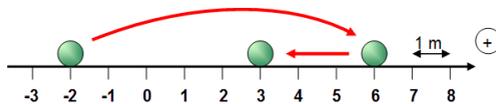


Figura 12: O movimento de volta.  
Fonte: Adaptado de sites.google.com.

Neste caso, pode-se perceber que o deslocamento de volta ( $\Delta x_v$ ) será:

$$\begin{aligned}\Delta x_v &= x - x_0 \\ &= 3m - 6m \\ &= -3m\end{aligned}$$

Por meio da equação 2.3, pode-se escrever o espaço percorrido neste novo movimento ( $\Delta s_v$ ) como:

$$\begin{aligned}\Delta s_v &= |\Delta x_v| \\ &= |-3m| \\ &= 3m\end{aligned}$$

Este simples resultado “esconde” o fato de que o deslocamento é uma quantidade vetorial<sup>12</sup> e o espaço percorrido é uma quantidade escalar. Entretanto, ao considerar-se o movimento total, deve-se somar as quantidades, o que resulta para o deslocamento:

$$\begin{aligned}\Delta x_t &= \Delta x_i + \Delta x_v \\ &= 8m + (-3m) \\ &= 5m\end{aligned}$$

Este resultado mostra que o deslocamento total é a diferença apenas entre a posição final e a posição inicial, independente de por

<sup>12</sup>Assim como na grande maioria dos livros didáticos de ensino médio, não foi incluída uma seta sobre a variável de deslocamento, o que seria o correto, mas optou-se por uma quantidade chamada de ‘deslocamento escalar’, que utiliza-se como ‘facilitador’ para o aluno do ensino médio

onde o móvel andou neste íterim. Por outro lado, procedendo-se a mesma soma com a variação de espaço  $\Delta s$ , resulta:

$$\begin{aligned}\Delta s_t &= \Delta s_i + \Delta s_v \\ &= 8m + 3m \\ &= 11m\end{aligned}$$

Fica claro neste caso, que o caminho por onde o móvel andou faz diferença no resultado final. Na figura 13 pode-se perceber a diferença entre o deslocamento (reta vermelha fina) e a trajetória (curva preta grossa) em uma viagem desde uma cidade  $A$  até um prédio em  $B$ . Percebe-se que o espaço percorrido (comprimento da trajetória) será sempre maior ou no mínimo igual ao deslocamento (o que ocorrerá quando o movimento for realizado em um caminho reto, coincidindo com o deslocamento, o que não é o caso nesta imagem).



Figura 13: O movimento de ida.

Fonte: Adaptado de Projeto somos físicos<sup>13</sup>.

Tradicionalmente, o próximo passo no estudo da cinemática é o desenvolvimento da ideia de velocidade média. A velocidade média é uma quantificação do quanto varia o espaço em função do tempo, e pode ser escrita como mostrado na equação 2.4.

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2.4)$$

Pode-se perceber nesta expressão o surgimento de mais um termo do tipo variação<sup>14</sup>:  $\Delta t$  chama-se *intervalo de tempo* e escreve-se como  $\Delta t = t - t_0$ , onde  $t_0$  é o tempo em que se inicia o movimento e  $t$  é o tempo em que se encerra<sup>15</sup>. O subscrito  $m$  nesta expressão in-

<sup>13</sup>Disponível em <http://www.vanialima.blog.br/2014/09/mecanica-deslocamento-e-espaco.html>. Acesso em 12/01/19.

<sup>14</sup>Talvez uma forma mais produtiva de iniciar a apresentação destes resultados para os alunos seja através de uma discussão do significado do símbolo  $\Delta$ , pois a cinemática se estrutura completamente em torno de cálculos de “taxas de variação”.

<sup>15</sup>Neste caso o “início” e o “fim” do movimento delimitam o período de tempo

dica que se trata de uma velocidade *média* e representa o fato de que se considera o tempo total de viagem e o deslocamento total  $\Delta x$ , desconsiderando-se possíveis detalhes do movimento, como por exemplo, intervalos de tempo nos quais o móvel esteve em repouso em relação à estrada. Desejando-se um estudo mais detalhado do movimento, pode ser considerado um intervalo de tempo  $\Delta t$  cada vez menor, de modo que quando  $\Delta t \rightarrow 0$  (nesta expressão, o símbolo  $\rightarrow$  lê-se: *tende para*), tem-se a chamada velocidade instantânea  $v_{inst}$ , que é o valor mostrado a cada momento no velocímetro do carro. O estudo matemático da velocidade instantânea entretanto, envolve conhecimentos que fogem ao objetivo deste trabalho, de maneira que será deixado de lado.

Considerando que a velocidade média é definida a partir do deslocamento, então deve ser possível escrever uma definição com o espaço percorrido, como mostrado na equação 2.5:

$$v_{m(r)} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (2.5)$$

Esta segunda equação sempre dará resultados menores<sup>16</sup> do que a equação 2.4, ou no máximo iguais, mas nunca maiores. Para uma compreensão mais correta desta afirmação, será considerada mais uma vez a situação do deslocamento total mostrado nas figuras 11 e 12. No caso da velocidade definida pela equação 2.4, e considerando-se que o tempo total do movimento foi de 10 segundos, tem-se:

$$\begin{aligned} v_m &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ &= \frac{5m}{10s} \\ &= 0,5m/s \end{aligned}$$

Por outro lado, considerando-se a velocidade definida tal como na equação 2.5, resulta:

---

estudado, desconsiderando se o corpo possui um história anterior, ou se continua se movimentando depois do período estudado.

<sup>16</sup>Neste trabalho, as expressões 'maior', 'menor' e 'igual', utilizadas para comparar os valores das velocidades, sempre consideram os módulos destes valores.

$$\begin{aligned}
 v_{m(r)} &= \frac{\Delta s}{\Delta t} \\
 &= \frac{11m}{10s} \\
 &= 1,1m/s
 \end{aligned}$$

Como primeiro resultado, observa-se que os valores serão concordantes quando o espaço tiver sido percorrido em linha reta e com trajeto apenas de ida. Neste caso, o espaço percorrido será igual ao deslocamento e os resultados também serão iguais. Mas no caso apresentado como exemplo nesta seção, para o qual se tem um retorno e um deslocamento visivelmente menor do que o espaço percorrido, surge um problema com a nomenclatura, pois se estará chamando equações que apresentam resultados diferentes, ambos corretos, pelo mesmo nome.

Este paradoxo não é devidamente explorado em livros de física de ensino médio, mas recebe um tratamento mais adequado em alguns livros de ensino superior, como por exemplo o livro *Física para cientistas e engenheiros*, de Paul Tipler (TIPLER; MOSCA, 2009), que chama a velocidade definida por meio do espaço efetivamente percorrido de *rapidez*<sup>17</sup>.

Do exposto, percebe-se que o aluno iniciante no ensino médio encontrará logo no início de seu curso, conceitos complicados, cuja leviandade de alguns professores tornará ainda mais indigestos, comprometendo o aprendizado de conteúdos posteriores por desenvolvimento de um dissabor com a disciplina, e que culmina com comentários do tipo 'odeio física' (BODIAO; ARAÚJO, 2011). Porém, considerando-se que até este momento, analisou-se apenas situações completamente descoladas da realidade, deve-se dar a razão ao aluno que reclama, pois em pleno século XXI, ainda se tenta ministrar um conteúdo escolar com (aparentemente) pouca ou nenhuma relevância na vida do aluno.

Entretanto, com o estudo de cinemática tem-se uma grande oportunidade de mostrar ao aluno, e já no início de seus estudos em física do ensino médio, que os conteúdos que vai estudar, de fato estão conectados à sua realidade do dia a dia, mais especificamente neste caso, à realidade do trânsito. Para explorar mais um pouco esta conexão, ainda faltará tratar sobre a conversão de unidades. Neste caso será dada ênfase à conversão de unidades de velocidade, por é mais diretamente aplicável à situações de trânsito.

---

<sup>17</sup>Neste trabalho utilizou-se o símbolo  $v_{m(r)}$  para representar a rapidez.

O primeiro passo no estudo de conversão de unidades<sup>18</sup> pode ser a incontestável igualdade entre algumas unidades de medida. Aqui, pode-se tirar proveito dos pré-conceitos que os alunos trazem em relação ao tema. Por exemplo, é inegável para a grande maioria dos alunos que 1 quilômetro é igual a 1000 metros. Uma rápida e simples conta de multiplicação pode levar ao conhecimento de que uma hora é igual a 3600 segundos. Com base nisto, parte-se para a explicação das “frações que valem 1”, como mostrado na sequência:

$$\frac{1000m}{1km} = 1$$

$$\frac{3600s}{1h} = 1$$

Então, desejando-se converter a velocidade de  $72km/h$  para metros por segundo, pode-se utilizar o fato (já bem conhecido dos estudantes) de que o número 1 é o elemento neutro da multiplicação, e tem-se:

$$v_m = 72 \frac{km}{h} \cdot \frac{1000m}{1km} \cdot \frac{1h}{3600s}$$

Cancelando-se as unidades semelhantes, tem-se:

$$v_m = 72 \frac{k\cancel{m}}{\cancel{h}} \cdot \frac{1000m}{1k\cancel{m}} \cdot \frac{1\cancel{h}}{3600s}$$

Ou seja:

$$v_m = 72 \frac{1000 m}{3600 s}$$

Simplificando a fração numérica que restou, tem-se:

$$v_m = 72 \frac{1 m}{3,6 s}$$

ou

$$v_m = \frac{72 m}{3,6 s}$$

---

<sup>18</sup>A rigor, o estudo de conversão de unidade já, a esta altura, deve ter sido conduzido quando estudou-se unidade, em um minicurso de introdução à física, que informalmente faz parte dos cursos formais de física. Entretanto, naquele momento pode ter parecido ao aluno apenas um punhado de regras matemáticas sem propósito, o que tende a mudar quando se estuda a conversão de unidades de velocidade.

Esta conta resulta:

$$v_m = 72km/h = 20m/s$$

Na prática, observa-se que basta dividir o valor da velocidade em  $km/h$  por 3,6, e se tem o valor em  $m/s$ .

Mas, para além da conversão ou dos problemas escolares onde este conhecimento será utilizado, será que os alunos têm consciência do verdadeiro significado dos valores de velocidades em suas vidas? Com carros cada vez mais velozes e filmes de TV que exaltam a técnica e a perícia de motoristas destemidos, esta noção pode perder-se facilmente. Assim, a fórmula de conversão de velocidades, aliada ao conhecimento do tempo (médio) de reação de motoristas, de aproximadamente 1,3 segundos (SOUZA; RIBEIRO, 2013), pode trazer novamente os estudantes à consciência do quão rápido é um ou outro valor de velocidade.

Por fim, destaque-se o fato de que a velocidade correta para determinada viagem está relacionada a diversas características desta viagem:

- A densidade de carros na via, ou seja o quão pesado o tráfego está é um dos fatores determinantes para a escolha da velocidade. Pode-se ter ruas urbanas e estradas intermunicipais com tráfego pesado (intenso). Em ambos os casos, o condutor deve ter em mente que a velocidade a ser escolhida está relacionada a seu tempo de reação. Como foi visto, uma velocidade de  $72km/h$  significa que o automóvel move-se  $20m$  a cada segundo. Se o tempo de reação de um motorista saudável é de aproximadamente 1,3 segundos, isso significa que o automóvel andará 26 metros antes mesmo que o motorista pise no freio. Esta distância pode ser aceitável em uma rodovia, mas poderá ser muito inadequada em ruas urbanas, onde em geral se tem um maior número de pedestres ou de outros veículos.
- As condições da própria estrada, em termos de conservação e traçado. Uma velocidade elevada em uma estrada com muitas irregularidades e/ou buracos pode fazer com que, ao realizar uma manobra evasiva, o motorista perca o controle do veículo, pois terá sempre pouco tempo para reagir. O traçado da estrada também é determinante nesta escolha, pois estradas com muitas curvas podem gerar os mesmos resultados das pistas com buracos.
- As características e condições de conservação do próprio veículo. Carros maiores, ou seja, mais pesados, com massas maiores, preci-

sam de maior força de frenagem para reduzirem suas velocidades, e esta pode não ser obtida no tempo necessário, ou devido a defeitos no sistema de frenagem do veículo por má conservação, por exemplo.

- Em uma noção que certamente escapa à maioria dos condutores, velocidade mais altas em situações de tráfego intenso concorrem para originar engarrafamentos devidos as ondas de redução de velocidade que tendem a propagar-se ao longo da via, causando estresse e atrasos, ainda que as velocidades sejam maiores<sup>19</sup> (LIZIERO, 2016).
- Finalmente, pode-se elencar como um dos mais importantes (se não o mais importante) fator de decisão do motorista quanto à velocidade correta para determinado trecho de estrada, sua própria condição de sobriedade, pois motoristas que estejam com sono ou sob o efeito de drogas neurodepressoras (legais ou não) terão seu tempo de reação aumentado, alterando consequentemente os resultados de frenagem de seus veículos.

### 2.2.1.2 A aceleração

Assim como a velocidade, a aceleração possui uma característica de variação: trata-se da variação da velocidade em relação ao tempo e é escrita de forma operacional, como mostrado na equação 2.6.

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2.6)$$

Mais uma vez, o subscrito  $m$  indica que esta é uma aceleração média, ou seja, neste cálculo não é relevante o fato de o móvel ter ganhado velocidade de maneira contínua<sup>20</sup>, mas interessa apenas qual era a velocidade inicial, qual tornou-se a velocidade final e em quanto tempo ocorreu esta mudança de velocidade.

É importante destacar que, se a velocidade final  $v$  for maior do que a velocidade inicial  $v_0$ , então para  $\Delta v = v - v_0$  resulta  $\Delta v > 0$  e tem-se (considerando que o intervalo de tempo é sempre positivo) uma aceleração positiva. O caso contrário, se  $v < v_0$ , resulta  $\Delta v < 0$  tem-se

<sup>19</sup>Um simulador disponível no *website* <http://www.traffic-simulation.de/roundabout.html> possibilita experimentar-se algumas configurações de estrada, números de vias, densidade espacial e velocidade máxima dos automóveis que transitam nestas.

<sup>20</sup>O que significaria uma aceleração constate.

uma aceleração negativa<sup>21</sup>. No caso de um automóvel e de um motorista comum, nunca é necessária a noção de movimento retrógrado<sup>22</sup>, de modo que uma velocidade final maior sempre representa um movimento acelerado e uma velocidade final menor sempre representa um movimento retardado, ou uma frenagem, como se diz popularmente.

No dia a dia é muito comum que os estudantes associem a ideia de aceleração ao simples ato de pisar no acelerador de um veículo. Embora tenha-se o que aproveitar nesta concepção, ela é incompleta, pois ignora a aceleração negativa (frenagem).

Como exemplo: no *website* [car.blog.br](http://car.blog.br)<sup>23</sup> existe a informação de que o Novo VW Golf 1.4 TSI acelera de 0 à 100km/h (ou de 0 à  $v = 27,78m/s$ , fazendo-se a conversão discutida da seção 2.2.1.1) em apenas 8,9s. Isso resulta em uma aceleração positiva de:

$$\begin{aligned} a_m &= \frac{\Delta v}{\Delta t} \\ &= \frac{27,78m/s - 0}{8,9s} \\ &= 3,12m/s^2 \end{aligned}$$

Com relação à frenagem, o site informa que o carro deslocando-se a 100km/h percorre 39m até parar completamente. Como não consta o tempo de frenagem (como havia no item de aceleração) pode-se utilizar a equação 2.7, conhecida como Equação de de Torricelli (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016):

$$v^2 = v_0^2 + 2a_m\Delta s \quad (2.7)$$

ou, isolando-se a aceleração:

$$a_m = \frac{v^2 - v_0^2}{2\Delta s} \quad (2.8)$$

Então, a aceleração de frenagem (que entende-se como máximo

<sup>21</sup>Aqui deve-se tomar um cuidado especial, pois neste texto considerou-se apenas velocidades positivas (movimento progressivo). Entretanto, nos exercícios comuns de ensino médio, existem situações onde calcula-se a aceleração com velocidades negativas, e tem-se resultados opostos aos discutidos aqui.

<sup>22</sup>Via de regra, toma-se como sentido positivo do referencial o sentido do movimento do automóvel no momento da medida da velocidade.

<sup>23</sup>Disponível em <https://www.car.blog.br/2013/10/novo-golf-humilha-o-fo rd-focus-em-teste.html>. Acesso em 13/01/19.

deste veículo) é:

$$\begin{aligned} a_m &= \frac{v^2 - v_0^2}{2\Delta s} \\ &= \frac{(0)^2 - (27,78m/s)^2}{2(8,9s)} \\ &= -43,36m/s^2 \end{aligned}$$

Estes são números muito bons e indicam a qualidade tanto do propulsor quanto do sistema de freios do veículo. O fato de o resultado ser negativo indica que se tem uma frenagem.

## 2.2.2 A dinâmica

A dinâmica é a parte da mecânica (ministrada tradicionalmente no primeiro ano do ensino médio) que estuda as forças que originam os movimentos. Nesta parte são estudadas as três leis de Newton e na sequência, suas aplicações. Esta também é uma parte do curso em que são mais números os exemplos de aplicação a carros e ao trânsito. Para começar o estudo das leis de Newton, é conveniente que antes seja feito um estudo de vetores, pois a força, a velocidade e a aceleração irão, à partir das leis de Newton, adquirir seu caráter vetorial em definitivo e os alunos devem estar preparados para estes conceitos.

### 2.2.2.1 Leis de Newton

São três as leis de Newton (TIPLER; MOSCA, 2009):

- Lei da inércia: A lei da inércia estabelece que os corpos tendem a manter constante a sua velocidade<sup>24</sup>, a menos que alguma força resultante não nula atue sobre os mesmos.
- Lei fundamental da dinâmica: Esta lei, também chamada de princípio fundamental da dinâmica, determina que a aceleração que

---

<sup>24</sup>Lembrando que a velocidade é um vetor, então uma velocidade constante possui módulo, direção e sentido constantes. Em geral, as definições utilizadas no ensino médio, são bem detalhistas neste ponto, recorrendo ao conceito de Movimento Retilíneo Uniforme.

um corpo adquire em função da aplicação de uma força resultante não nula ( $F_r \neq 0$ ), depende diretamente desta força e do inverso da massa do corpo, como mostrado na equação 2.9.

$$a_m = \frac{F_r}{m} \quad (2.9)$$

- Lei da ação-e-reação: estabelece que a cada (força resultante de) ação corresponderá uma (força resultante de) reação de mesma intensidade, mesma direção mas sentido oposto à ação que a gerou. As forças de ação e reação atuam sempre em corpos diferentes.

Como já foi comentado, são diversas as aplicações das leis de Newton a carros e ao fenômeno do trânsito e nas próximas seções alguns casos serão discutidos brevemente.

#### 2.2.2.2 Lei da inércia

A lei da inércia pode ser aplicada aos passageiros dentro de um veículo quando o mesmo descreve uma curva, como pode ser visto na figura 14.

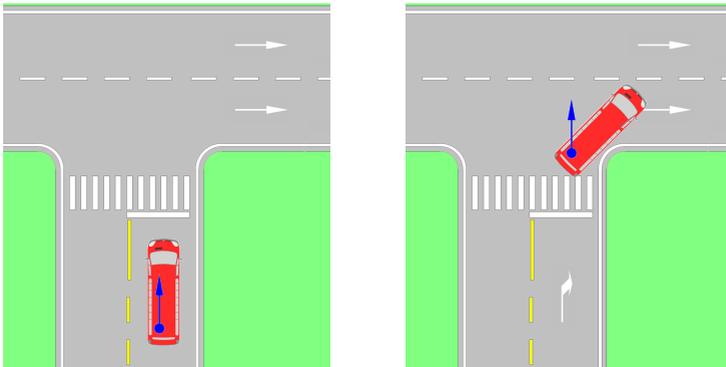


Figura 14: Comportamento de um passageiro (representado como um círculo azul) enquanto o ônibus em que viaja aproxima-se de uma curva (figura à esquerda) e depois percorre-a à direita.

Fonte: (OLIVEIRA, 2018).

Este simples exemplo de sala de aula pode ser transposto para uma situação real de trânsito: um condutor trafega com seu automóvel

em uma rodovia, quando recebe uma ligação em seu telefone celular. Atento as regras de segurança para estas situações, o condutor decide parar seu carro para atender a chamada. Esta é uma situação muito comum, mas o cuidado em considerar a lei da inércia, levará este condutor a não estacionar seu carro próximo de uma curva na estrada, principalmente de estiver parando do “lado de fora” desta curva, pois enquanto atende seu telefone, outro motorista que esteja percorrendo a curva pode perder o controle de seu carro (por qualquer razão) e sair em linha reta desta curva (em relação à direção inicial de movimento) colidindo com o veículo que encontra-se parado no costamento.

Outro exemplo bem ilustrativo de lei da inércia aplicada ao trânsito é o bem conhecido caso do cinto de segurança. Trata-se de um dispositivo de segurança que pretende manter o condutor e os passageiros de um carro presos aos assentos em caso de colisões (MADRUGA, 2011). Vale lembrar que o cinto de segurança de três pontos, bem como o apoio de cabeça<sup>25</sup> em todos os bancos, tornaram-se obrigatórios no Brasil após a adoção do novo Código de Trânsito Brasileiro, de 1997 (BRASIL, 1997).

Outro caso interessante é o de objetos soltos dentro do carro, em locais em que podem movimentar-se em frenagens ou aceleração intensas. Uma garrafa de água ou algo semelhante, deixado no piso do veículo, por exemplo, pode deslizar para os pedais de comando do motorista confundindo-o, ou até mesmo, posicionar-se de maneira a impedir o movimento de um pedal por tempo suficiente para causar um acidente, como pode ser visto na figura 15.



Figura 15: Garrafa de água posicionada sob um dos pedais, comprometendo a eficiência do mesmo.

Fonte: (OLIVEIRA, 2018).

<sup>25</sup>O apoio de cabeça exerce função semelhante ao cinto de segurança, protegendo a cabeça dos ocupantes de um veículo quando de colisões traseiras e dianteiras, quando previne o “efeito chicote”.

Colocar objetos sobre o porta-pacotes<sup>26</sup> (figura 16) também pode ser perigoso, pois estes objetos podem, em caso de frenagens bruscas ou colisões, ser arremessados contra o motorista ou os ocupantes.



Figura 16: Exemplo de uma bolsa sobre o porta-pacotes de um automóvel.

Fonte: (OLIVEIRA, 2018).

### 2.2.2.3 Princípio fundamental da dinâmica

Como já foi visto na seção 2.2.2.1, a segunda lei de Newton, também conhecida como princípio fundamental da dinâmica, pode ser escrita como mostrado na equação 2.9, ou ainda, isolando-se a força resultante  $F_r$ , como mostrado na expressão 2.10.

$$F_r = ma \quad (2.10)$$

Escrita desta maneira, pode-se explorar outra interpretação da segunda lei de Newton: considere que um automóvel está se deslocando em uma via, quando repentinamente seu condutor vê um pedestre atravessando a rua. Neste caso, o motorista pisa nos freios do automóvel gerando a maior aceleração negativa possível no carro, e este termina por parar antes de colidir com o pedestre<sup>27</sup>. Considere-se que uma moça está sentada dentro deste automóvel, distraída olha pela janela mas utiliza o cinto de segurança. De acordo com a lei da inércia, esta moça tende a manter-se em movimento, com velocidade constante, mas é parada pelo cinto de segurança. Supondo que o automóvel desloca-se com uma velocidade inicial de  $20m/s$  e que, durante a frenagem se

<sup>26</sup>Também conhecido como “tampão” do porta malas ou “bagagito”.

<sup>27</sup>Esta situação já foi explorada na seção 2.2.1.2, quando estudou-se a frenagem do Novo VW Golf 1.4 TSI.

passa 2,0 segundos até que ele consiga parar completamente. Supondo ainda que esta moça tenha uma massa de  $50\text{kg}$ , então de acordo com a equação 2.10, a força resultante<sup>28</sup> que o cinto fará sobre ela será:

$$\begin{aligned} F_1 &= ma \\ &= m\left(\frac{v - v_0}{t - t_0}\right) \\ &= 50\text{kg}\left(\frac{0 - 20\text{m/s}}{2\text{s} - 0}\right) \\ &= 500\text{N} \end{aligned}$$

É uma força resultante intensa, mas pode ser maior. Considere-se agora que o mesmo veículo, com a mesma velocidade inicial e transportando a mesma moça, sofra uma colisão com um muro muito resistente, e pare em apenas 0,1 segundos. Desta vez a força resultante à qual a passageira estará submetida será:

$$\begin{aligned} F_2 &= ma \\ &= m\left(\frac{v - v_0}{t - t_0}\right) \\ &= 50\text{kg}\left(\frac{0 - 20\text{m/s}}{0,1\text{s} - 0}\right) \\ &= 10000\text{N} \end{aligned}$$

Esta força resultante é muito intensa. Mesmo que a moça esteja devidamente presa ao acento com o cinto de segurança e que não seja atingida por nenhum estilhaço ou amassamento do automóvel após a colisão, ela poderá não resistir, pois seus órgãos internos podem não suportar uma aceleração tão intensa (BOUER, 1994).

Do que foi exposto, pode-se perceber que duas quantidades são muito importantes na determinação da aceleração de frenagem do automóvel<sup>29</sup>: a velocidade inicial e o tempo de parada. A velocidade

---

<sup>28</sup>Neste ponto estamos interessados no módulo da força resultante, de modo que os sinais negativos foram ignorados na cálculo de  $F_1$  e  $F_2$ .

<sup>29</sup>É fatalmente no resultado de se seus ocupantes sobrevivem a esta aceleração ou não.

inicial será uma escolha que caberá ao motorista, em função das características do trânsito a cada momento. Portanto é muito importante que o condutor desenvolva a noção de qual deve ser a velocidade mais adequada para trafegar em cada local ou situação. Parte desta sensibilização pode ser feita com os alunos de ensino médio, utilizando-se os argumentos revisados na seção 2.2.1.1.

No caso do tempo de colisão, pode-se apelar para a estrutura do carro, com a chamada carroceria de deformação programada (RUFFO, 2013). Neste caso, partes da frente e da traseira dos veículos, como porta malas e cofre do motor, são projetados de maneira a absorver parte da energia do impacto e fazer com que o tempo de parada prolongue-se o máximo possível.

### 2.2.3 A força de atrito

Após concluído o estudo das leis de Newton, normalmente são ministrados tópicos relativos às aplicações destas leis. Neste ponto, o tópico mais importantes no que concerne à física aplicada ao trânsito é a força de atrito, mas ainda costuma-se estudar dinâmica do movimento circular e equilíbrio de forças.

A força de atrito é definida como uma força que se opõe ao movimento relativo ou à tendência de movimento relativo entre dois corpos (superfícies), e pode ser dada genericamente pela equação 2.11<sup>30</sup>.

$$f_a = \mu N \quad (2.11)$$

Nesta equação, a quantidade  $\mu$  é chamada de *coeficiente de atrito* e está relacionada as duas superfícies em contato. Pode-se estudar, por exemplo, o valor da força de atrito de um pneu de borracha sobre um pavimento de asfalto e neste caso deve-se utilizar o coeficiente de atrito da borracha em relação ao asfalto. Se o mesmo pneu fosse estudado sobre uma superfície de concreto, então deveria ser utilizado o coeficiente de atrito da borracha em relação ao concreto, e os valores destes dois coeficientes não são (necessariamente) iguais.

Com base na definição, o atrito pode ser de dois tipos: o atrito

---

<sup>30</sup>A rigor, no caso do atrito estático tem-se que  $f_e \leq_e uN$ . Ver figura 18.

estático, que opõe-se à tendência de movimento<sup>31 32</sup> e o atrito cinético, que opõe-se ao movimento (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Desta forma, pode-se falar em dois coeficientes de atrito; o coeficiente de atrito estático e o coeficiente de atrito cinético. Além destes, ainda define-se o atrito de rolamento (LEAL; ROSA; NICOLAZZI, 2001), que ocorre quando um corpo rola sobre uma superfície sem deslizar. A formulação é semelhante, e pode ser vista na equação 2.12.

$$f_r = \mu_r G \quad (2.12)$$

A força de atrito de rolamento  $f_r$  depende do coeficiente de atrito de rolamento  $\mu_r$  e da normal para cada roda, dada por  $G$ . Na tabela 1 são mostrados alguns valores do coeficiente de atrito de rolamento para os tipos de terrenos mais comuns ao movimento de automóveis.

Experimentalmente verifica-se que o coeficiente de atrito de rolamento varia com a velocidade, a pressão de enchimento dos pneus, do tipo de pneu, do solo, da temperatura e de outras características. Mas, para o condutor comum, o mais importante é que o coeficiente de atrito depende do estado de uso/conservação do pneu e da presença ou não de água sobre o pavimento (que poderia funcionar como lubrificante, reduzindo o atrito entre os pneus e o pavimento).

---

<sup>31</sup>Define-se a “tendência de movimento” como sendo a situação em que há a aplicação de uma força resultante não nula sobre um corpo o que, de acordo com a segunda lei de Newton, deveria gerar uma aceleração e fatalmente, movimento. Mas ainda não se tem movimento, justamente por haver uma força de atrito estático, de mesmo valor da força de solicitação, mas sentido oposto, de forma a resultar em uma aceleração nula sobre o corpo.

<sup>32</sup>No caso do atrito estático, a fórmula 2.11 faz sentido apenas para o valor máximo da força de atrito.

Tabela 1: Coeficientes de atrito de rolamento

Asfalto liso	0,010
Asfalto rugoso	0,011
Cimento rugoso	0,014
Paralelepípedo	0,020
Pedras irregulares	0,032
Pedra britada compacta	0,045
Pedra britada solta	0,080
Terra batida	0,060
Areia solta	0,100 ~ 0,300
Gramma	0,045 ~ 0,100
Barro	0,100 ~ 0,400
Neve profunda	0,075 ~ 0,300

Fonte: (LEAL; ROSA; NICOLAZZI, 2001)

O atrito pode converter-se em um caso de amor-e-ódio para o condutor, pois ao mesmo tempo que um maior atrito com o pavimento (ou com o ar) pode representar um maior consumo de combustível, um menor atrito com o pavimento pode representar dificuldades (ou até a completa impossibilidade) de conduzir o veículo. Neste trabalho, parte-se do ponto que um atrito muito reduzido torna muito perigosa a condução do veículo e portanto elege-se este aspecto como o mais importante.

Como a força de atrito estático opõe-se à tendência de movimento, ela deve ser igual à força de solitação para determinado intervalo de valores desta última. Na figura 17 um homem está tentando empurrar uma caixa. Suponha que o homem começa realizando uma pequena força  $F_1$  sobre a caixa, que chamaremos de força de solitação.

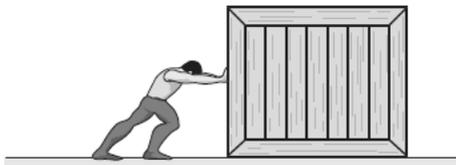


Figura 17: Homem tenta mover uma caixa que ainda assim permanece parada devido à ocorrência da força de atrito.

Fonte: Colégio Primus<sup>33</sup>.

Está claro que se a caixa não se desloca para à direita da figura, é porque deve haver uma força contrária à força de solitação, e de mesma intensidade desta, mas com sentido oposto e aplicado sobre a mesma caixa, de maneira que a força resultante sobre a caisa será zero. Se o homem aumentar a força de solitação e mesmo assim a caixa não se deslocar, então é porque a força de atrito também sofreu um incremento, mantendo nula a resultante. Do exposto, se a força realizada pelo homem for nula, então deve ser nula também a força de atrito, pois (neste caso) a caixa não deve mover-se devido apenas ao atrito, conclui-se que a força de atrito deve aumentar do mesmo modo que aumenta a força de solitação, e isso deve ocorrer até um valor máximo, pois com determinado valor de força, a caixa deve finalmente mover-se. Este máximo valor da força de atrito estático é frequentemente chamado de atrito de destaque. Esta variação da força de atrito estático pode ser observada na figura 18: observa-se que quando a força de solitação  $F$  aumenta, aumenta também a força de atrito  $f_a$  até um valor máximo  $f_d$ , que é o atrito de destaque. Após o valor de  $F$  tornar-se maior do que  $f_d$ , a caixa começa a mover-se. Deixa então de existir o atrito estático e passa a haver o atrito cinético. No caso de um pneu, após iniciado o movimento, passa a existir o atrito de de rolamento, que possui uma pequena dependência com a velocidade, aumentando levemente seu valor com o aumento desta.

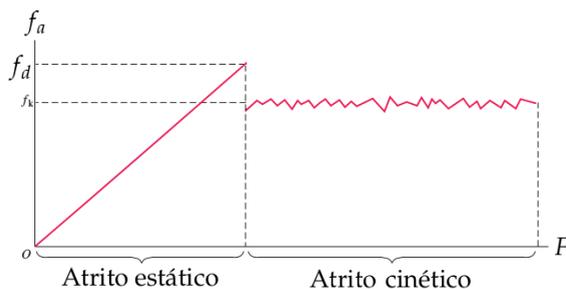


Figura 18: Comportamento dos valores das forças de atrito estático e cinético.

Fonte: (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Com base nos conceitos básicos sobre atrito e que foram expostos, pode-se analisar algumas características e implicações da força de atrito

<sup>33</sup>Disponível em <https://docplayer.com.br/44535223-Avaliacao-exercicio-on-line-2o-bimestre-curso-3a-serie-turma-3101-3102-data.html>. Acesso em 10/01/19.

na condução de automóveis.

### 2.2.3.1 O atrito e aspectos ecológicos da condução de automóveis

Como foi discutido anteriormente, o atrito estático máximo é maior do que o atrito cinético (ou de rolamento), ou seja, é mais difícil fazer com que um automóvel inicie seu movimento do que fazer com que se mantenha-se movimento. Este fato resta provado quando percebe-se que os automóveis consomem mais combustível (ou seja, mais energia) quando movimentam-se em ruas de grandes cidades do que em estradas, pois nas cidades os automóveis são obrigados grande sequência de paradas e arrancadas, devidas a congestionamentos e a semáforos. Já nas estradas, os automóveis conseguem se manter em velocidade constante, ou seja, com um número muito menor de paradas e arrancadas (SHARP, 2015). Entretanto, além do fato de estar circulando em uma cidade ou uma estrada, outros fatores determinam o consumo, como velocidade e carga transportada (MALHEIROS, 2018), o que não deixa de ser mais um fator de convencimento quando se pretende obter um trânsito com melhores velocidades médias.

Buscando resolver o problema dos semáforos nas ruas e avenidas das grandes cidades, algumas administrações municipais tem investido na sincronização de sinaleiros, como pode ser visto na figura 21. Estas sincronizações tendem a reduzir as emissões de gases poluentes, pois reduzem o consumo de combustível. As sincronizações também atuam para agilizar o trânsito, pois diminuem o tempo de paradas dos veículos durante as viagens (JONER; VOLPI, 2013)



Figura 19: Sinaleiros sincronizados em Campo Grande, MS.

Fonte: Capital News<sup>34</sup>.

### 2.2.3.2 A questão do peso do automóvel

Como se viu nas equações 2.11 e 2.12, a força de atrito depende da força normal que o pavimento exerce sobre todo o carro ( $N$ ) ou, de forma mais específica, sobre cada roda ( $G$ )<sup>35</sup>. Como também se sabe que a dirigibilidade do automóvel está relacionada ao atrito então, em uma relação direta e genérica, pode-se afirmar que quanto maior o peso do carro, mais dirigível o mesmo será. Este é um excelente momento para trabalhar as concepções espontâneas dos alunos, pois uma boa parte deles deve ser conhecedor da diferença entre os carros “bons-de-estrada” e os que não são tão bons, pois este tipo de assunto costuma ser muito discutido pelos condutores em geral que, não raro, procuram classificar seus veículos em uma ou outra categoria.

É consenso geral que automóveis maiores e mais pesados são mais adequados para as estradas, embora possam ser um problema nas cidades. Esta cultura baseia-se no fato de que carros maiores e mais pesados normalmente consomem mais, sendo portanto caros e não muito adequados para as ruas das grandes cidades, mas são mais estáveis<sup>36</sup> e transmitem uma melhor sensação de segurança na estrada. Esta noção pode não ser completamente adequada nos dias atuais, pois atualmente modelos “populares” (que em geral são bem mais leves) são tão ou até mais estáveis do que os modelos maiores, devido em parte a sistemas ativos de controle de tração e estabilidade.

O automóvel mostrado na figura 20(a) é o Fiat Uno 1.0, com massa<sup>38</sup> de apenas  $955\text{kg}$  e o mostrado em 20(b) é o Chevrolet Omega 3.6, com massa de  $1637\text{kg}$ . Se dependesse apenas do atrito, o automóvel mostrado em 20(b) seria muito mais seguro e estável em estradas do que o mostrado na figura 20(a). Entretanto, como foi discutido, o Fiat uno possui velocidade máxima de  $153\text{km/h}$  e consumos urbano de  $11,6\text{km/l}$  e rodoviário de  $13,4\text{km/l}$ ; já o Chevrolet Omega possui máxima de  $235\text{km/h}$  e consumos de  $7,4\text{km/l}$  e  $11,5\text{km/l}$ , em trajeto

<sup>34</sup>Disponível em <http://capitalnews.com.br/cotidiano/transito/prefeitura-comeca-a-sincronizar-semaforos-da-capital/321199>. Acesso em 10/01/19.

<sup>35</sup>Neste momento pode-se explorar o fato de que a força normal pode ser escrita como tendo o mesmo valor do peso, mas deve-se tomar cuidado para que não seja desenvolvida nos alunos a falsa noção de que a força normal é uma força de reação ao peso, e mesmo esta igualdade numérica entre peso de força normal pode ser alterada por efeitos aerodinâmicos, como será visto na seção 2.2.3.3.

<sup>36</sup>Ou como se costuma dizer, se “agarram melhor à estrada”.

<sup>37</sup>Disponíveis em (a) <https://uno.fiat.com.br/> e (b) <https://combustivel.ap/p/omega-cd-3-6-v6-2/2005>. Acesso em 10/01/19.

<sup>38</sup>Para o condutor comum, massa e peso são sinônimos, conforme uso popular dos termos.



(a) Uno 1.0 Flex



(b) Omega CD 3.6 V6

Figura 20: Imagen do Fiat Uno Attractive 1.0 flex 2019 e do Chevrolet Omega CD 3.6 v6 2005

Fonte: (a) Fiat do Brasil e (b) Combustivell.app<sup>37</sup>.

urbanos e rodoviário respectivamente. Fica claro que maior velocidade de um e a maior economia do outro os fazem carros para cenários distintos: um tem mais apelo rodoviário e o outro mais urbano.

Se a comparação anterior fosse feita há 30 anos atrás, o peso seria muito mais determinante, e já foi um grande problema para condutores de alguns modelos de carros. Se hoje dispõe-se de controles ativos de tração e estabilidade, antigamente os condutores de veículos mais instáveis precisavam recorrer a soluções “caseiras”, por assim dizer. Foi o caso do antigo Chevrolet Opala, mostrado na figura 21. Este modelo esteve em produção no Brasil entre os anos de 1968 e 2002 e até hoje encanta uma legião de fãs (SAMAHÁ, 2018).



Figura 21: Chevrolet Opala 1969.

Fonte: (SAMAHÁ, 2018).

O Opala possui tração traseira e motor dianteiro, o que resultava em um peso maior na frente e menor na traseira, justamente sobre as rodas de tração. Possíveis imperfeições do pavimento ou curvas percorridas de maneira muito brusca poderiam fazer com que o veículo perdesse contato com o solo ou que suas rodas girassem “em falso”<sup>39</sup>, fazendo com que o condutor perdesse o controle do carro. A solução encontrada por alguns consistia em se colocar sacos de areia no porta malas dos veículos, para que o peso extra proporcionasse mais aderência e estabilidade ao eixo traseiro, de tração. Esta solução entretanto, não é consenso entre os proprietários e atualmente existem ajustes mais modernos de suspensão que colaboram para mitigar o problema.

### 2.2.3.3 Atrito e efeitos aerodinâmicos

O atrito ainda pode ser reduzido por efeitos aerodinâmicos. A equação 2.13, conhecida por equação de Bernoulli, apresenta a relação que existe entre pressão  $p$ , densidade  $\rho$  e altura  $y$  dentro de um fluido.

$$p + \rho gy + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{constante} \quad (2.13)$$

No caso de um carro em movimento, como pode ser observado pela figura 22, o ar pode percorrer dois caminhos<sup>40</sup>: ou passa por cima da carroceria ou por baixo. O ar que passa por cima deve percorrer uma distância maior do que o ar que passa por baixo e a diferença nos dois caminhos, a exemplo do que ocorre em uma asa de avião, faz com que surja sobre o carro uma pressão menor do que a existente na parte de baixo dele.

Com esta diferença de pressão, surge então uma força resultante de empuxo que empurra a carroceria para cima. Esta força corresponde à mesma sustentação que permite o vôo de um avião e chama-se *lift* em inglês; trocando em pormenores, um carro deslocando-se em velocidade em uma estrada comporta-se como um avião que corre na pista para levantar vôo. Mas, se a força resultante resultante com que o carro

---

<sup>39</sup>A parcela da banda de rodagem do pneu que estiver em contato com o pavimento, deve estar em repouso em relação a este mesmo pavimento. Se o atrito reduzir-se, a banda de rodagem pode deslizar em relação ao pavimento, reduzindo o atrito ainda mais e (possivelmente) ocasionando a perda de controle do carro por parte do motorista.

<sup>40</sup>Na verdade, tem-se também o ar que passa pelas laterais do veículo, mas cujo papel será negligenciado nesta análise, sendo considerado na sequência deste conteúdo.

comprime o solo diminui<sup>41</sup>, então diminui também a força de reação normal sobre o carro e fatalmente a força de atrito. Então, um carro em velocidade fica mais difícil de conduzir. No caso de curvas, ainda se pode considerar o resultado da primeira lei de Newton e a presença (ou não) de lubrificantes no pavimento e então, dependendo da velocidade com que o carro chega em uma curva, há uma probabilidade (crescente com a velocidade) de que o carro não consiga percorrê-la, saindo em alguma direção tangente a esta.

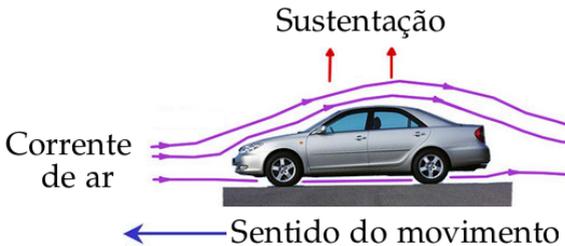


Figura 22: Linhas de fluxo de ar que passam sobre e sob a carroceria de um automóvel em movimento.

Fonte: (OLIVEIRA, 2018).

Na tentativa de minimizar os efeitos aerodinâmicos em automóveis de competição, como por exemplo, os carros de fórmula 1, são utilizados *aerofólios* e *spoilers*, que são pouco mais do que asas de avião invertidas, como as mostradas na figura 23.

Alguns modelos de carros de rua podem sair de fábrica com spoilers e aerofólios funcionais, na tentativa de torná-los mais seguros e controláveis. Este é o caso do Ford Escort Cosworth mostrado na figura 24. É mais comum, entretanto, que nos carros de passeio, o aerofólio possua apenas função estética, fazendo um apelo esportivo ao comprador/conduzidor. Um exemplo desta decoração é o Ford Escort XR3 1995, que pode ser visto na figura 25.

<sup>41</sup>Pode-se afirmar, de certa maneira, que o peso do carro em relação ao solo diminuiu, embora isto não esteja completamente correto, mas depende da definição do que seja 'peso'.



Figura 23: O SF71H, carro da Ferrari para a temporada 2018 de F1.  
Fonte: Motorsport.com<sup>42</sup>.



Figura 24: Ford Escort Cosworth 2.0 1993.  
Fonte: Site Auto & Técnica<sup>43</sup>.

---

<sup>42</sup>Disponível em <https://www.motorsport.com/f1/news/ferrari-new-grand-prix-racing-car-launch-vettel-raikkonen-1007754/1392840/>. Acesso em 11/01/19.

<sup>43</sup>Disponível em <http://autoetecnica.band.uol.com.br/spoiler-e-aerofolio-e-tudo-igual-nao/>. Acesso em 11/01/19.



Figura 25: Ford Escort XR3 2.0 1995.

Fonte: Best Cars Web Site<sup>44</sup>.

Outro problema relacionado ao *lift* é a força lateral a que estão sujeitos dois veículos que passam um pelo outro. Como pode ser visto na figura 26, a grande velocidade  $V_2$  entre os dois veículos contrasta com a velocidade praticamente nula no interior dos mesmos, ou mesmo com a velocidade mais baixa no outro lado de cada um, o que faz surgir forças que tendem a puxar os veículos um para o outro.

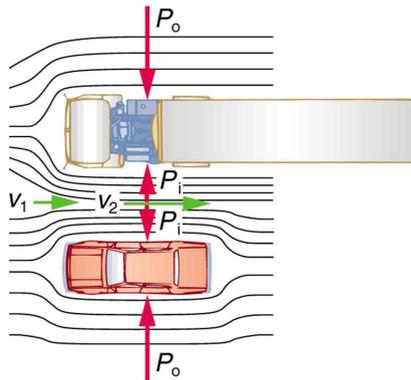


Figura 26: Forças aerodinâmicas em uma ultrapassagem.

Fonte: Texas Gateway<sup>45</sup>.

<sup>44</sup>Disponível em <http://www1.uol.com.br/bestcars/cpassado3/ford-escort-brasil-7.htm>. Acesso em 11/01/19.

<sup>45</sup>Disponível em <https://www.texasgateway.org/resource/122-bernoulli%E2>

No caso do caminhão, como sua massa é grande, haverá uma força de atrito muito importante impedindo que ele deslize para o carro. Mas, no caso do carro, com uma massa menor, tem-se uma força de atrito menor, e o carro tende então a “andar de lado”, aproximando-se do caminhão, o que pode até mesmo provocar um acidente. Esta tendência a andar de lado será tão maior quanto menor for a massa do carro, o que acaba consistindo em mais uma razão pela qual os “carros populares”, em geral mais leves, podem ser considerados menos adequados para estradas.

Este efeito torna-se ainda mais relevante (e por isso mesmo, com maior potencial de gerar acidentes) quando se tem a ultrapassagem de carros e ou caminhões por motociclistas e ciclistas. Tanto motocicletas como bicicletas possuem massas muito menores do que carros, sofrendo muito mais com forças resultantes laterais. Tais forças podem fazer com que o motociclista ou ciclista seja tragado para baixo de um caminhão, por exemplo, se os dois ultrapassarem-se em velocidade elevada e com pouca distância entre si.

Finalmente, pode-se citar o vento lateral como um grande fator de risco à condução em estradas. Ocorre que alguns trechos de estradas estão sujeitos à incidência de fortes ventos laterais. Considerando-se que um carro em velocidade possui atrito reduzido por efeitos de *lift*, uma rajada de ventos fortes pode fazer com que o carro, ou apenas uma extremidade dele desloque-se na direção e sentido do vento, levando à perda de controle do mesmo, por parte do condutor<sup>46</sup>.

Regiões sujeitas à incidência de ventos laterais são sinalizadas como mostrado na figura 27.



Figura 27: Placa indicando trecho sujeito à ventos laterais.

Fonte: IDETTRAN<sup>47</sup>.

---

<sup>46</sup>Equation. Acesso em 11/01/19.

<sup>46</sup>Um vídeo interessante sobre o efeito do vento lateral sobre um caminhão pode ser encontrado em <https://www.youtube.com/watch?v=PTS4KhDkTvU>.

## 2.3 ALGUMAS INICIATIVAS EM FÍSICA APLICADA AO TRÂNSITO

Conforme preconiza o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) em seu artigo 76, "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 (BRASIL, 1997).“ O mesmo artigo, no inciso *I* de seu parágrafo único ainda aponta que "para a finalidade prevista neste artigo, o Ministério da Educação e do Desporto, mediante proposta do CONTRAN, do Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras, diretamente ou mediante convênio, promoverá a adoção, em todos os níveis de ensino, de um currículo interdisciplinar com conteúdo programático sobre segurança de trânsito“. Fica então clara a responsabilidade impugnada não apenas à escola, no tocante a este tema tão sério e urgente, mas também a todo o sistema educacional brasileiro, e em todos os níveis de ensino.

A física ensinada nas escolas de ensinos fundamental e médio é suficiente para que o aluno compreenda uma grande parte dos fenômenos mais corriqueiros envolvidos com o trânsito e a condução de veículos. Mas grande parte dos alunos sai das escolas sem ter a devida consciência deste fato. Estes alunos então chegam às autoescolas menos preparados do que deveriam (VIZZOTTO; MACKEDANZ, 2017), diminuindo a eficiência do processo educativo das mesmas. Este baixo aproveitamento, associado a fatores etários e culturais, resulta no fato de que aproximadamente 90% dos acidentes sejam causados por imperícia. Tais acidentes poderiam ser evitados se nos condutores houvesse sido desenvolvido um maior senso de responsabilidade, atrelado à conhecimentos técnicos mais consistentes sobre esta temática (NETO; KLEINUBING, 2012).

Recentemente, algumas ideias têm sido propostas e colocadas em prática com o objetivo de preencher esta lacuna formativa (VIZZOTTO; MACKEDANZ; MIRANDA, 2017), mas ressentem-se ainda ser baixa a quantidade de materiais didáticos (e métodos) voltados à física do trânsito, sendo que boa parte da produção neste sentido origina-se de produtos obtidos em cursos de mestrado, sendo aplicados na maioria das vezes, com alunos de ensino médio que estão estudando a física básica em suas aulas habituais. Neste quesito, os trabalhos podem ser divididos

---

<sup>47</sup>Disponível em [http://idetrans.blogspot.com/2012/03/placas-de-sinalizacao-advvertencia\\_09.html](http://idetrans.blogspot.com/2012/03/placas-de-sinalizacao-advvertencia_09.html). Acesso em 11/01/19.

em quatro grandes áreas temáticas (que algumas vezes comportam subdivisões): produção de material didático e propostas metodológicas, análise física de acidentes de trânsito, discussões de conceitos físicos aplicados a automóveis e pesquisas teóricas sobre a física aplicada ao trânsito.

No primeiro grupo, encontram-se materiais didáticos e propostas metodológicas de como inserir os tópicos relativos a trânsito em aulas de física regulares, planejados em geral, através de sequências didáticas que pretendem revestir de novos significados os conceitos estudados. Esta abordagem pode oferecer bônus duplo ao processo de ensino, pois ao mesmo tempo que representa uma outra possibilidade de significação para os enunciados mais comumente utilizados em aulas (concorrendo desta forma para reduzir a quantidade de vezes que os alunos são levados a proferir a célebre pergunta 'por que estamos estudando isso'), ainda colabora como a possibilidade de uma maior conscientização para o fato de que o trânsito constituiu-se na união sinérgica dos fenômenos físicos com os processos decisórios realizados pelos condutores; e estes processos tendem a se tornar mais eficientes quando os condutores dispõem de mais informações e anos de estudos (MEDEIROS et al., 2017)

No segundo grupo, encontra-se a análise física de acidentes de trânsito e a física forense. Pode-se perceber que, se o ensino ministrado por intermédio das ideias do primeiro grupo de trabalhos atua principalmente como fator profilático, neste caso tem-se a análise dos *comportamentos que não deram certo*. A mensagem deste enfoque é forte e particularmente importante quando pretende-se confrontar influências cada vez mais expressivas de filmes de cinema e programas de televisão, que apresentam condutores realizando manobras arriscadas, muitas vezes completamente impossíveis. Estes filmes podem levar crianças, adolescentes e jovens a falsa sensação de que as manobras são possíveis e que seu êxito está acessível a condutores destemidos (GIGLIOTI, 2015). Entretanto, através de uma análise de acidentes de trânsito diretamente ligados a seus fatores causadores, pode-se estimular o desenvolvimento de um sentimento mais direto de causa e consequência nos futuros (ou atuais) condutores. Alguns trabalhos nesta área propõem inclusive a utilização de programas de computadores para determinar as causas dos acidentes de trânsito, como por exemplo o programa IAT (Investigação de Acidentes de Trânsito), desenvolvido por pesquisadores do departamento de física da UFRG (KLEER; THIELO; SANTOS, 1997).

Em um terceiro grupo de trabalhos, podem ser encontrados aqueles que estudam fenômenos físicos específicos aplicados ao funcionamento e manutenção de veículos automotores, como por exemplo a

força de atrito e o funcionamento de freios ABS (*Anti-lock Breaking System*). O trabalho de mestrado desenvolvido por Caio Chagas, então estudante de mestrado da UFC, inova ao propor que o conteúdo ministrado no ensino médio seja explorado sempre através de exemplos voltados a veículos automotores. Neste caso, estão incluídos conteúdos de mecânica, bem como de óptica geométrica e termodinâmica. Diga-se de passagem, esta proposta é interessante, mas não pode ser limitante: deve-se sempre buscar a sinergia entre estes casos e os demais casos comumente estudados em sala de aula, nos quais a física aplica-se a aviões, a vôos espaciais, à medicina, etc. Existe a possibilidade de agir-se na solução do problema do trânsito, correndo-se o risco de não se ter uma formação científica completa (CHASSOT, 2010).

Finalmente, na pesquisa bibliométrica conduzida por pesquisadores da FURG (VIZZOTTO; MACKEDANZ, 2017), encontra-se um quarto grupo que não está diretamente ligado a materiais e métodos para alunos, mas que investiga como o ensino de física pode ser conduzido de maneira a abordar temas transversais à disciplina de física tradicional das escolas, e a percepção que profissionais do ensino possuem deste tema. Destaca-se aqui o caráter interdisciplinar dos estudos, que podem envolver além de professores de física, outros profissionais ligados a mesma temática. Esta pode ser a forma mais eficiente de trabalhar os conteúdos, pois sustenta-se na análise holística do fenômeno do trânsito, o que se aproxima mais da realidade das grandes cidades, onde o educador, o legislador e os agentes de saúde e segurança andam (ou deveriam andar) juntos.

No contexto deste trabalho, considera-se conveniente ainda a inclusão de um quinto grupo na classificação apresentada: trabalhos e iniciativas para a manutenção e/ou consolidação da ligação entre física e segurança viária. Nesta categoria, poderiam ser inseridos os produtos e métodos que visam levar a física e o trânsito, em uma mesma base comum, a espaços formativo não tradicionais, como associações de classes, cursos não regulares e sindicatos de trabalhadores ligados ao transporte, entre outros. .

Assim, embora sejam ainda poucos os trabalhos e iniciativas que ligam o ensino de física à segurança viária, fica muito claro o papel desta ciência na formação e (possivelmente) na manutenção dos condutores brasileiros: ao menos uma pesquisa (VIZZOTTO; MACKEDANZ, 2017) destacou o fato de que alunos de cursos de formação de condutores, egressos de escolas tradicionais, não faziam a devida ligação entre fenômenos de trânsito e conceitos de física. Surge então a possibilidade (ou necessidade) de manutenção destes conhecimentos (ou até mesmo,

o estabelecimento dos mesmos) em situações didáticas em que os alunos já são formados no ensino médio. Neste caminho, pode-se incluir os alunos de cursos de graduação e de cursos técnicos subsequentes, ou seja, os cursos técnicos voltados para egressos do ensino médio.

No ensino de graduação já se contabilizam algumas iniciativas, mas ainda muito voltadas a cursos em que a física é ministrada como matéria curricular e formativa (PINHEIRO et al., 2006a). O desafio então consiste em se inserir tais conteúdos em cursos onde não há este viés, principalmente em formações das áreas de ciências humanas, muito embora seja sempre possível utilizar conteúdos da psicologia como trampolim para estudos mais quantitativos. Possivelmente, pode-se tratar estes assunto como temas transversais, mas desta vez desatrelados da disciplina que os originaram, ou seja, a física básica.



### 3 METODOLOGIA

Na condução do presente trabalho, foi desenvolvido um material paradidático versando sobre física aplicada ao trânsito que depois foi utilizado em uma turma da disciplina de matemática do curso técnico subsequente do campus Passo Fundo do IFSul.

#### 3.1 O MATERIAL DESENVOLVIDO

O material desenvolvido foi inicialmente classificado como paradidático (e assim está sendo tratado neste trabalho) mas posteriormente foram incluídos diversos exercícios de sala de aula, o que possibilita sua aplicação como material didático em situações restritas e controladas.

No material desenvolvido são explorados, em três capítulos, os tópicos de física normalmente estudados no início do primeiro ano do ensino médio: cinemática, leis de Newton e atrito. Nos currículos tradicionais de ensino médio, é ministrado o conteúdo de introdução à física antes do início de cinemática. Nesta parte normalmente apresentam-se as ideias básicas da física e seus limites de ação/abrangência; também é apresentado o trabalho com unidades de medida e conversões de unidades. Neste caso, este conteúdo de introdução à física deve continuar a ser ministrado e após isso, o material aqui proposto pode substituir o material didático tradicional por (aproximadamente) todo o resto do primeiro semestre.

Para o texto foi escolhido o discurso dialógico. Esta escolha se baseou na possibilidade de sua utilização como material paradidático, ou mesmo, como instrumento para operacionalização da técnica de sala de aula estendida (OLIVEIRA; GASTAL, 2009). Pensou-se ainda que o nível de intimidade proporcionado por esta modalidade de texto poderia colaborar para que o aluno se sentisse mais acolhido e à vontade, longe da aridez dos textos técnicos tradicionais.

#### 3.2 OS PARTICIPANTES DO EXPERIMENTO

Para a aplicação do material proposto e coleta dos dados referentes à leitura do mesmo, foi escolhida uma turma da disciplina de Matemática Aplicada do Curso Técnico Subsequente em Mecânica do campus Passo Fundo, do IFSul. Esta turma possuía (no segundo se-

mestre de 2018) 54 alunos matriculados, dos quais aproximadamente 90% frequentavam as aulas regularmente. Após convidados, 33 alunos concordaram em participar e preencheram o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido). Parte do desinteresse manifestado ao longo de todo o trabalho pode ser explicado pelo impacto nulo que sua participação (ou não participação) teria em suas notas. Note-se ainda que aproximadamente 100% dos alunos exercem atividade profissional, alguns à noite, e diversos possuem famílias constituídas. Nesta sala ainda haviam dois alunos estrangeiros: um senegalês e um haitiano, bem entrosados com os colegas brasileiros. Por se trata de curso subsequente, a turma era composta por 100% de egressos do ensino médio, maiores de 18 anos, mas com idades que em alguns casos, poderiam chegar a 50 anos. O tempo em que estavam afastados das salas de aula tradicionais foi coletado.

### 3.3 A APLICAÇÃO DO MATERIAL PARADIDÁTICO PRODUZIDO

As intervenções que foram necessárias em sala de aula priorizaram o menor impacto temporal possível nas atividades da disciplina, para não comprometer o andamento "normal" das aulas. Tal aplicação respeitou ou seguiu os seguintes passos:

1. Em um momento inicial foi feita uma pequena palestra para a turma escolhida, explicando de maneira detalhada o experimento a ser desenvolvido, bem como seus objetivos, possíveis benefícios e riscos aos participantes. Esta palestra inicial teve caráter motivacional, de modo a despertar o interesse dos estudantes pela participação efetiva na pesquisa. Neste ponto, como fator de sensibilização, fez-se uso do vídeo produzido pela *Traffic Accident Commission* (TAC) da Austrália<sup>1</sup>, para a campanha de natal de 2009. Após este momento, foi perguntado aos alunos quais gostariam de participar, e aos que disseram sim, foi orientado o preenchimento do TCLE, logo depois recolhido e arquivado pelo pesquisador auxiliar.
2. Como se tratou de um material de leitura relativamente extenso, a turma foi dividida em três grupos menores, que receberam, cada um, um capítulo do material proposto. Teve-se 10 alunos para o primeiro capítulo, 11 para o segundo e 11 para o terceiro.

---

<sup>1</sup>Este vídeo pode ser encontrado em <https://www.youtube.com/watch?v=Rk0tg9KworY>.

Esta divisão foi pensada a fim de não aborrecer os alunos, o que poderia ter feito com que um número maior deles desistisse da participação no meio do experimento, ou informasse resultados falsos.

3. Dividida a turma, foi aplicado um questionário inicial anônimo para cada grupo, com questões relativas à física e ao trânsito, possivelmente vivenciadas no dia a dia dos alunos. Na aplicação deste questionário, foi pedido a eles que não utilizassem nenhum tipo de consulta. O objetivo desta etapa do trabalho foi identificar conhecimentos prévios ou concepções espontâneas dos participantes, e seus possíveis pré-conceitos sobre a temática veículos e trânsito. Estes dados foram utilizados como “nível zero”, para uma análise posterior do crescimento dos alunos com a leitura do material.
4. Após esta coleta de dados inicial, foi fornecido a cada aluno (via e-mail) o texto que deveria ser lido. Nesta fase considerou-se (inicialmente) como conveniente o prazo de uma semana, mas este prazo teve de ser estendido para duas semanas pois o número de participantes que conseguiu completar a tarefa no primeiro prazo foi muito pequeno. Esta etapa foi realizada fora da sala de aula o que, imaginou-se, tenderia a impedir possíveis pressões, ainda que subjetivas, por parte do pesquisador e dos colegas de sala. Foi lembrado mais uma vez ao aluno participante que sua participação não iria gerar nenhum tipo de lucro ou prejuízo em nenhuma das disciplinas do curso que estava frequentando.
5. Após a leitura, um novo questionário foi aplicado aos alunos, e do mesmo modo que no primeiro, foi pedido que os estudantes mantivessem o anonimato em suas folhas de respostas. Neste novo questionário, foram aplicadas perguntas diferentes das primeiras, mas que exigiam aproximadamente o mesmo raciocínio. Pretendeu-se com esta repetição parcial de perguntas, avaliar-se precisamente o crescimento (se algum) dos alunos após a leitura do material proposto.
6. Após o segundo questionário, os dados foram examinados e uma estatística de crescimento (ou não) foi realizada, e suas respostas encontram-se no capítulo 4.



## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A pesquisa envolveu dois questionários: um inicial, que serviu para se estabelecer um nível de referência de conhecimentos e opiniões dos alunos, e um final, que serviu para se medir a mudança (se alguma) nas opiniões, conceitos e conhecimentos dos alunos após a leitura do material proposto. Como foi realizada uma divisão do material em três grupos, também o foram os questionários. Entretanto, as 8 primeiras perguntas do questionário inicial e as 6 primeiras perguntas do questionário final são idênticas para os três grupos. Esta parte comum aos questionários será chamada de parte geral.

### 4.1 QUESTIONÁRIO INICIAL - PARTE GERAL

#### 4.1.1 O tempo de conclusão do ensino médio

A primeira pergunta do questionário inicial foi sobre o tempo decorrente entre aquele momento e a formatura no ensino médio. Os resultados estão mostrados na figura 28:

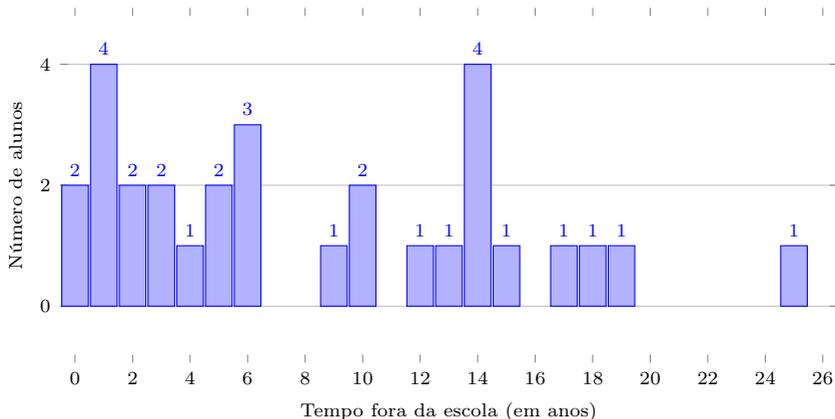


Figura 28: Levantamento do tempo de conclusão do ensino médio.

Pode-se perceber pelo histograma mostrado na figura<sup>1</sup> 28 que a

<sup>1</sup>Nos gráficos e tabelas desta seção, se elaborados pelo próprio autor, optou-se

turma<sup>2</sup> pesquisada era razoavelmente heterogênea em relação ao tempo de conclusão do ensino médio, sendo que o tempo médio é de aproximadamente 9 anos. Desconsiderando-se o aluno formado há 25 anos (que parece ser o ponto com o maior desvio em relação a média), o tempo médio de formatura cai para aproximadamente 8 anos. Vale destacar que 3 alunos não responderam esta pergunta.

#### 4.1.2 A importância de estudar física na escola

Na segunda pergunta, questionou-se os alunos sobre a importância de estudar física na escola. Os resultados aparecem na figura 29.

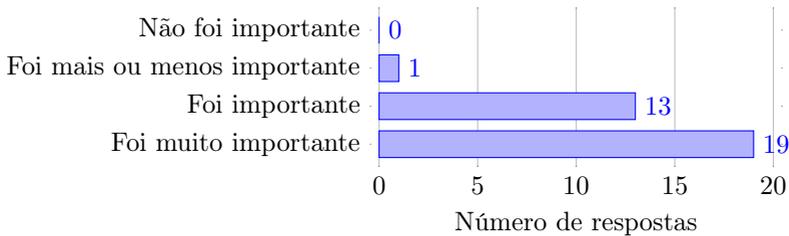


Figura 29: Opinião dos alunos sobre a importância do estudo de física.

Este resultado mostra que a grande maioria dos alunos pesquisados considera que foi importante ou muito importante ter estudado física na escola. Os números obtidos são consistentes e estão de acordo com uma pesquisa mais ampla, conduzida por Elio Ricardo e Janaína Freire, pesquisadores da Universidade Católica de Brasília (RICARDO; FREIRE, 2007). Os pesquisadores verificaram que apenas 45,5% dos alunos em idade escolar gostavam de física, mas um número bem mais expressivo deles (cerca de 79%) disse considerar importante o estudo de física no ensino médio.

por não constar esta informação.

<sup>2</sup>Deste ponto em diante, a palavra 'turma' define apenas o grupo de participantes do experimento.

### 4.1.3 Ver ou não ver aplicações da física

A pergunta 3 buscou levantar o quão útil o estudo de física é para os alunos, em seu próprio julgamento. As respostas seguem na figura 30.

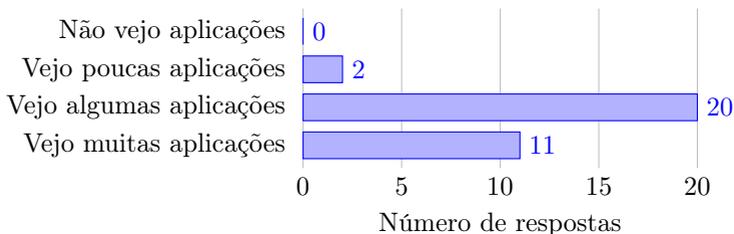


Figura 30: A utilidade da física, segundo os alunos.

Analisando as respostas das duas últimas perguntas, pode-se inferir que os alunos entendem a importância da física no mundo moderno, mas mesmo assim, enxergam poucas aplicações da mesma em seu dia a dia, ou sejam, não fazem a devida transposição entre o estudado em sala e o vivido fora do ambiente escolar.

Isso pode ser explicado em parte pela visão romântica que alguns alunos possuem desta disciplina, ligando-a a fenômenos voltados à astronomia, aviação e cosmologia<sup>3</sup>, mas distantes de suas vidas. Pode ser justamente este um ponto em que o trabalho com física aplicada ao trânsito tem a colaborar, mostrando que a física está sim relacionada a tarefas mais simples do cotidiano.

### 4.1.4 São os alunos, motoristas?

Na pergunta 4 procurou-se determinar com que frequência os alunos da turma dirigiam veículos automotores. As respostas estão no gráfico mostrado na figura 31

---

<sup>3</sup>Alguns alunos pesquisados em (RICARDO; FREIRE, 2007) chegaram a verbalizar este pensamento.

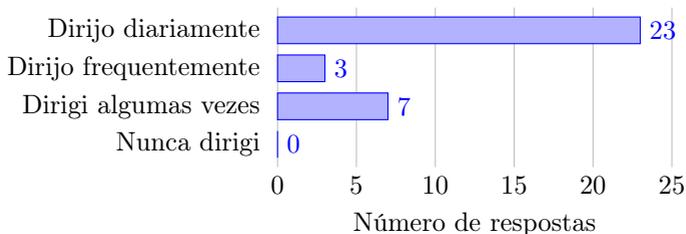


Figura 31: Assiduidade dos alunos na direção de automóveis.

Mais uma vez merece destaque o fato de que, sendo a grande maioria dos alunos motoristas, surpreende (de certa maneira) que os mesmo não vejam muitas aplicações da física em seus cotidianos.

#### 4.1.5 Será necessário abordar trânsito em aulas de física? Por quê?

Na pergunta 5, questionou-se os alunos quanto a necessidade de se estudar temas voltados a trânsito nas aulas de física. A resposta de todos os alunos foi unânime pela primeira vez. Todos os alunos consultados responderam que sim: é muito necessário que estas temáticas passem a fazer parte das aulas de física das escolas. Apenas um aluno, dos 33 pesquisados, não respondeu esta questão.

Tira-se desta unanimidade, uma pista importante: os alunos parecem entender que a escola brasileira, em seu nível médio, deve ter caráter formativo (e não apenas propedêutico), pois para muitos estudantes, esta etapa será a última oportunidade que o sistema educacional terá de formá-los cidadãos<sup>4</sup>. Entretanto, por diversas limitações, cuja discussão foge ao escopo deste trabalho, esta formação acaba se realizando de forma ineficiente, permitindo o surgimento de lacunas formativas, cujos efeitos serão sentidos pelos estudantes egressos do ensino médio (que não prosseguirem seus estudos) ao tentarem (possivelmente sem sucesso) entender fenômenos físicos<sup>5</sup> ao seu redor.

A este tópico ainda correspondeu a pergunta 6, questionando o porquê da resposta inicial. Como o número de participantes foi pequeno, pode-se constar 100% das suas respostas, que estão transcritas

<sup>4</sup>Parece que a unanimidade na resposta indica que os alunos pensam da mesma forma, embora talvez não consigam verbalizar esta opinião.

<sup>5</sup>Não apenas físicos, mas também químicos, sociais, atropológicos, etc.

a seguir, *ipsis litteris*<sup>6</sup>:

1. “Porque podemos entender melhor causas e efeitos, do que pode acontecer no transito”.
2. “Vai ensinar a gente de tomar mais prudência no trânsito”.
3. “Número muito alto de acidentes causados por irresponsabilidade de condutores jovens”.
4. “Porque segurança e trânsito fazem parte de nosso dia a dia na escola e fora da escola”.
5. “Porque com uma velocidade alta, carro sem manutenção acidente na certa”.
6. “Porque irá ajudar os alunos à entender mais sobre as segurança de (ilegível) é mostra perigo e as consequências de erros no transito.”
7. “Para prevenção de acidentes e conhecimento, e riscos que ocorrem no trânsito”.
8. “Para que as pessoas entendam o significado da lei da física nas ações e reações do trânsito”.
9. “Sim porque já vai aprender desde criança já cresce com conhecimento, muito bom”.
10. “Pois hoje está muito difícil a vida no trânsito, desde cedo os alunos terão mais consciência”.
11. “Todos os estudantes devem ter uma noção de física, que aborde o trânsito, possui velocidades envolvidas que devem ser explicadas”.
12. “Porque o dia a dia tem a ver com a física, tipo nenhum corpo ocupa o mesmo lugar no espaço”.
13. “Pois física mostra aos alunos oque pode acontecer no transito tempo de frenagens e incentiva o aluno prestar atenção”.
14. “A conscientização na segurança no trânsito nas aulas de física é fundamental pois a física está muito ligada com a temática trânsito”.

---

<sup>6</sup>As respostas aqui transcritas de fato estão apresentadas do modo como os alunos as escreveram. Optou-se por não incluir repetitivamente a expressão *sic* em todas as frases, a bem apresentação gráfica desta dissertação.

15. “Porque podemos analisar que nossos carros com o pneu careca não segura muito nas curvas, devido o atrito que pouco acontece. Acho muito importante”.
16. “Porque a física esta diretamente ligada ao transito ex: uma ultrapassagem tem o tempo a distancia a velocidade. Alem de ser um tema muito importante”.
17. “Acho necessario pois as pessoas já terrão uma pequena noção sobre o transito e em relação as forças atuantes nos movimentos e de que forma podem interferir no transito”.
18. “Porque nas escolas são pouco abordado o tema de trânsito, será importante para crescer com o pensamento voltado ao trânsito”.
19. “Para mostrar os perigos existentes no trânsito, e como a física é importante”.
20. “As aulas de física, nos ajudariam mais a intender sobre as consequencia que um acidente pode provocar”.
21. “Pois é onde maioria dos adolescentes atinge a idade para retirar a CNH ou compra seu carro”.
22. “Porque a física está ligada diretamente no transito”.
23. “Sim porque hoje em dia temos muitas mortes no trânsito por falta de conhecimento”.
24. “Pois o trânsito no Brasil é muito perigoso”.
25. “Sim pois muitas pessoas não sabem as consequencias do trânsito”.
26. “Para tentar conscientizar o motorista”.
27. “Sim, pra os iniciantes saberem que velocidade e perigoso”.
28. “Pois muita gente morre por que não sabe de algumas aplicações físicas que ocorrem no dia-a-dia”.
29. “Para nos educar e sensibilizar para o trânsito”.
30. “sim, por causa das leis de Newton, ha muita fisica em nosso transito”.
31. “É necessário, pois a pessoa deve entender que o carro não é uma pessoa 'correndo' que pode parar quando quer”.

Uma rápida análise destas respostas permite identificar algumas ideias e palavras recorrentes. Com base nisso, elaborou-se a tabela 2 com as grandes áreas conceituais presentes nas respostas:

Tabela 2: Proposta de agrupamento de ideias

Palavra chave	Conceitos relacionados
Conhecimento	Aprendizagem
	Noção
	Saber
	Educação
	Entendimento
Prevenção	Prudência
	Consciência
Segurança	Perigos
Jovens	Iniciantes

A partir daí, contou-se o número de respostas que integram cada um destes grandes grupos e o resultado está mostrado na figura 32.

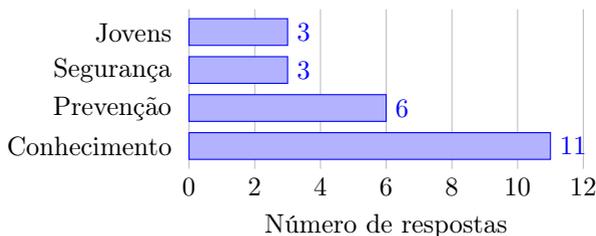


Figura 32: Quantificação das palavras e conceitos mais utilizados pelos alunos nas respostas à questão 5.

Pode-se verificar que a grande maioria dos alunos pesquisados entende que a educação e o conhecimento são as principais razões para o estudo da temática de trânsito em aulas de física. Percebe-se que este resultado está perfeitamente de acordo com o resultado colhido nas respostas da questão 3, no qual a grande maioria dos alunos vê ao menos algumas aplicações da física no dia a dia de trânsito.

#### 4.1.6 Conteúdos mais lembrados pelos alunos

Na pergunta 7, pediu-se que os alunos elencassem 4 tópicos ou assuntos estudados no ensino médio e que considerassem importantes para condutores de automóveis. Esta pergunta também foi discursiva, de maneira que os alunos puderam responder o que lhes vinha à cabeça e por isso se obteve resultados estranhos: algumas respostas corresponderam efetivamente a conceitos físicos envolvidos no processo de condução de veículos automotores. Outras simplesmente listaram *slogans* de campanhas sobre segurança no trânsito e houve ainda respostas relativamente estranhas ao tema proposto.

As respostas que mencionaram temáticas estudadas em física aparecem listadas na tabela 3, por ordem de número de citações<sup>7</sup>.

Tabela 3: Conceitos físicos mais lembrados pelos alunos.

Ideia	ocorrências
Velocidade	6
Lei da inércia	5
Lei da ação-e-reação	4
Força de atrito	4
Força centrípeta/centrífuga	4
Leis de Newton	2
Força	2
Aceleração	2
Energia	1
Tempo	1
Termodinâmica	1
Força gravitacional	1

Os resultados acima sugerem que, quando os alunos associam conhecimentos de física estudada na escola, a situações de trânsito, eles o fazem basicamente com conteúdos de mecânica, o que vai em uma direção correta. Entretanto, outras respostas, como as mostradas na tabela 4 trazem à tona os resultados de campanhas educativas, não ligadas a física, mas a comportamentos dos condutores.

<sup>7</sup>Nesta lista, já aparecem agrupadas ideias semelhantes. Por exemplo “inércia” e “lei da inércia” aparecem sob o nome de “lei da inércia”.

Tabela 4: Respostas com itens comportamentais.

Ideia	ocorrências
Se beber não dirija	5
Segurança em primeiro lugar	2
Respeito as leis e sinalizações de trânsito	3
Não andar em alta velocidade	1
Dirigir com consciência	1
Imprudência	1

Tais resultados mostram em um primeiro momento que as campanhas de conscientização quanto ao excesso de velocidade e o consumo de álcool, por exemplo, tem dado resultados. Em uma segunda vista, percebe-se que os alunos fazem muita confusão entre os conceitos do que é física no trânsito e do que é comportamental<sup>8</sup>. Entranto, no quesito confusão as coisas tendem a ficar ainda piores, pois algumas respostas estão completamente desconectadas da pergunta, como pode ser visto na tabela 5.

Estas respostas não foram agrupadas em áreas conceituais<sup>9</sup>, e estão transcritas aqui apenas com revisão ortográfica. Percebe-se que ainda surgem temas de física como “leis da física” e “reação”, mas estas respostas não foram citadas na tabela 3 por genéricas que se apresentam. Vale lembrar que ficou claro para os alunos que se tratava de uma pesquisa de física aplicada ao trânsito e então, por mais que não recordassem de nenhum conceito físico, ainda assim estariam acessíveis a eles, os conceitos genéricos que foram citados aqui.

Percebe-se também a presença de algumas ideias que provavelmente são decorrentes de campanhas de segurança viária, como “más condições do veículo”, “distração no trânsito” e “cautela”. Observa-se também conceitos de outras áreas do conhecimento e de conexão distante com a temática do trânsito, como “motores de força”, “direção de reta”, “cúbico paralelo”, “raio” e “inversa”.

No geral, as respostas apresentadas a esta pergunta indicam que os alunos, embora considerem muito importante o estudo de física, como indicaram as respostas das questões 2, 5 e 6, não possuem o conhecimento que (possivelmente) gostariam de ter. Vê-se também que

<sup>8</sup>Ou entre o que é física e o que não é, de uma maneira geral.

<sup>9</sup>Estão apenas contadas as ocorrências de repetição de cada palavra ou expressão.

não fazem a devida conexão entre a física e o fenômeno do trânsito, mas existe uma “zona cinzenta” de conhecimentos em que os alunos sabem algumas coisas, mas aparentemente não sabem que sabem, ou como sabem. Seus conhecimentos de trânsito baseiam-se em aulas de auto-escolas, onde a temática de física não é abordada, mas também (e principalmente) no convívio do dia a dia com outros condutores, amigos e agentes de trânsito, responsáveis por fiscalização e regulamentação do trânsito. Tem-se um típico exemplo de “senso comum” (PETRIN, 2015), nem sempre correto ou producente.

Tabela 5: Respostas “estranhas” à pergunta.

Ideia	ocorrências
Impacto	3
Aquaplanagem	3
Luminosidade	2
Más condições do veículo	2
Um corpo em movimento tende a ficar em movimento	1
Consequências no trânsito	1
Não lembro	1
Distração no trânsito	1
Leis da física	1
Reação	1
Conscientização no trânsito	1
Cautela	1
Motores de força	1
Dois corpos não ocupam o mesmo lugar no espaço	1
Direção de reta	1
Cúbico paralelo	1
Raio	1
Inversa	1

#### 4.1.7 Gostaria de ter estudado física na autoescola?

Na pergunta 08 tem-se mais uma unanimidade: dos 33 alunos pesquisados, apenas 4 não eram habilitados. Dos restantes, todos res-

ponderam que gostariam de ter estudado física na autoescola<sup>10</sup>. Esta unanimidade mostra mais uma vez que os alunos tem consciência da importância da física para motoristas e condutores de automóveis, ainda que, como se viu, eles mesmos não detenham estes conhecimentos de maneira consistente.

## 4.2 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO FINAL

### PARTE GERAL

A parte final desta pesquisa logrou obter respostas de apenas 17 alunos; os demais não leram ou não quiseram responder este questionário. Este desinteresse pode ser explicado pela tarefa em si: ler não é uma das atividades mais interessantes para alunos atualmente, e poderia ser mais efetiva se alguma valorização (nota) pudesse ser atribuída a esta atividade. Este não foi o caso, tendo em vista as normas para realização de pesquisas com seres humanos descritas na resolução CNS 466/12 .

#### 4.2.1 Foi importante ter lido o texto sobre física aplicada ao trânsito?

Na primeira pergunta do questionário final, perguntou-se aos alunos se consideraram importante ter lido o texto “Física básica aplicada ao trânsito”. Os resultados estão apresentados na figura 33.

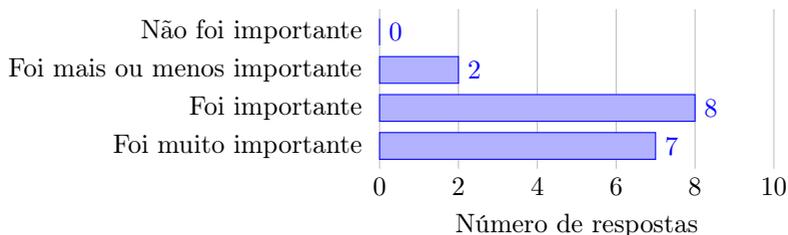


Figura 33: Quantificação dos alunos que consideraram importante a leitura proposta.

<sup>10</sup>Atualmente, as autoescolas são conhecidas como Centros de Formação de Condutores, mas no questionário foi utilizada a nomenclatura antiga.

Aqui parece que os alunos, ainda que anonimamente, quiseram passar uma imagem de 'politicamente corretos', pois embora declarem ter sido importante ter lido o trabalho proposto, as respostas que deram às perguntas objetivas mostram que a grande maioria não leu efetivamente, ou leu de maneira displicente<sup>11</sup>.

#### 4.2.2 Você vê aplicações da física em sua vida diária?

A exemplo do que foi perguntado na questão 3 do questionário inicial, questionou-se os alunos com relação à utilidade da física em suas vidas cotidianas. Os resultados são mostrados na figura 34.

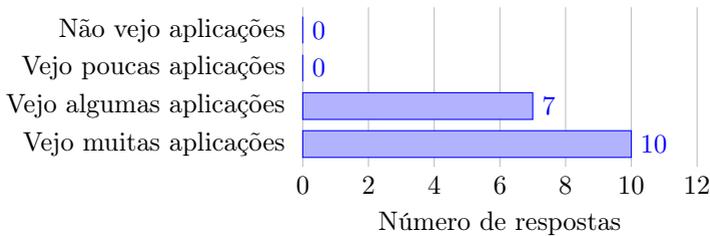


Figura 34: Alunos que veem a utilidade da física em seus cotidianos.

Os resultados parecem melhores em relação ao questionário inicial, mas não se pode esquecer que o número de alunos respondentes foi menor neste caso. Então pode-se ao menos afirmar que a opinião apresentada pelos alunos neste item continua tão complacente em relação à física, quanto foi demonstrada no primeiro questionário.

#### 4.2.3 Teria sido importante estudar física do trânsito na escola?

Com a pergunta 3 deste questionário final, indagou-se novamente aos alunos se teria sido importante ter estudado física aplicada ao trânsito na escola, de maneira como foi feito na pergunta 5 do questionário inicial. Esta repetição baseou-se na suposição de que os alunos, afastados da escola há muitos anos, como estavam, poderiam dar respostas

<sup>11</sup>Aqui outros fatores podem ser considerados, por exemplo a dificuldade na interpretação de texto que alguns alunos podem apresentar.

favoráveis ao estudo de física, possivelmente considerando que o pesquisador já teria se identificado como professor de física. Estas respostas, no entanto, não teriam considerado os esforços que teriam de despendido para concluir a leitura. Após passarem pela tarefa, enfadonha que possa ter sido ou parecido, sua opinião poderia sofrer alterações. Os resultados estão mostrados na figura 35.

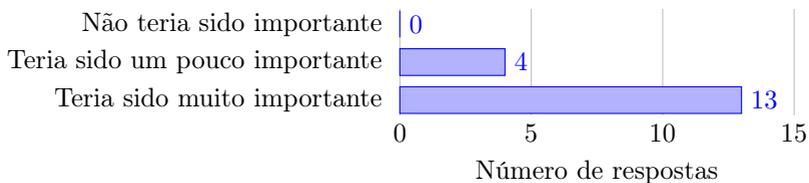


Figura 35: Importância de estudar física aplicada ao trânsito, na escola.

Resta ainda a dúvida de que os alunos que se sentiram chateados com a tarefa solicitada, simplesmente não concluíram a leitura e por isso, não responderam ao questionário.

A pergunta 3 foi complementada pela pergunta 4, que questionava os alunos sobre uma possível mudança de postura em relação a uma pergunta semelhante do questionário inicial. 10 alunos responderam que não mudaram de opinião, pois já consideravam importante o estudo de física aplicada ao trânsito no ensino médio. Um aluno não respondeu e outro escreveu uma frase fora de contexto<sup>12</sup>. As respostas dos alunos que disseram ter mudado de ideia, estão transcritas *ipsis litteris* à seguir:

1. “Deu para entender um pouco da dinâmica do trânsito”.
2. “Sim, porque o estudo do texto ajudou a esclarecer algumas coisas”.
3. “Em algumas das perguntas sim pois relembrei de algumas coisas que avia esquecido” (sic).
4. “Sim por que com a teoria da física se torna mais fácil de se entender”.
5. “Sim, pois (inelegível) muitas vidas” (sic).

<sup>12</sup>O aluno escreveu: “Vejo muita importância pelo estudo desses detalhes evitaria-se muitos acidentes” (sic).

Como o número de alunos respondentes foi reduzido, principalmente em relação ao número inicial, são poucas as conclusões que podem ser obtidas destas frases. Mas algumas merecem destaque, como a que fala sobre a “dinâmica do trânsito”, em uma alusão as forças que estão em jogo. Outras três respostas destacaram o fato de que o texto ajudou-os a “esclarecer algumas coisas”, relembrar conhecimentos esquecidos e entender mais facilmente alguns fenômenos (do trânsito?).

#### 4.2.4 Tópicos importantes de física

Da mesma maneira que foi feita na pergunta 7 do questionário inicial, perguntou-se sobre ‘tópicos (ou assuntos) de física’ que os alunos consideram importantes para quem dirige. Entretanto, desta vez, deve-se considerar que se tratam de respostas de três grupos distintos de alunos, que estiveram em contato com partes diferentes do texto, e portanto as análises das respostas deve obedecer esta separação. Destaque-se ainda que 6 alunos não responderam nada nesta pergunta.

##### 4.2.4.1 Grupo I: cinemática

Este grupo teve acesso ao texto sobre velocidade e aceleração. As respostas deste grupo estão citadas na tabela 6, por áreas conceituais.

Tabela 6: Tópicos importantes segundo o grupo I (cinemática).

Ideia	ocorrências
Deslocamento e intervalo de tempo	3
Velocidade média	2
Trajetoória	1
Aceleração	1

Embora as respostas citadas estejam de acordo com o conteúdo repassado aos alunos para leitura, parece claro que a maioria dos alunos não leu completamente o material fornecido. Um destaque positivo é a citação (não incluída na tabela) de “leis de Newton”. Este tópico não fazia parte da leitura pedida aos alunos, mas estava em um capítulo

posterior. Como foi entregue aos alunos o texto completo, infere-se que este aluno provavelmente leu “mais do que deveria”, o que demonstra interesse na temática.

#### 4.2.4.2 Grupo II: leis de Newton

O segundo grupo recebeu o material sobre leis de Newton, e as respostas deste grupo são mostradas na tabela 7

Tabela 7: Tópicos importantes segundo o grupo II (leis de Newton).

Ideia	ocorrências
Inércia	3
Velocidade	3
Aceleração	2
Ação-e-reação	2
Aderência	1
Aquaplanagem	1
Vetores	1
Distância	1
Tempo na ultrapassagem	1

Tabela 8: Respostas desconectadas da pergunta.

Ideia	ocorrências
Força de impacto	1
Tempo de reação	1
Atenção em tudo que há no trânsito	1
Dirija com cuidado	1
Use cinto	1
Cuidado nunca é demais	1
Ligue o alerta	1

Esta respostas estão bem conectadas com o conteúdo lido. Mas

vale a pena lembrar que os dados mostrados na tabela 7 estão agrupados em áreas conceituais e as respostas dos alunos não foram (em sua maioria) tão objetivas como fazem parecer os tópicos mostrados na tabela. Destaque-se ainda uma grande quantidade de respostas “inadequadas”, por distantes que estão da ideia inicial da pergunta. Estas respostas estão mostradas na tabela 8.

#### 4.2.4.3 Grupo III: força de atrito

O material disponibilizado ao terceiro grupo versou sobre força de atrito e os efeitos dinâmicos e aerodinâmicos que podem aumentar ou diminuir a força de atrito. Este foi o menor grupo em número de respondentes, e as respostas dadas estão mostradas na tabela 9.

Tabela 9: Tópicos importantes segundo o grupo III (atrito).

Ideia	ocorrências
Atrito	2
Velocidade constante	1
Força	1
Peso	1
Aerodinâmica	1

Neste grupo surgiu um bom resultado: não foram identificadas respostas desconectadas da pergunta, o que demonstra que os alunos que responderam este questionário provavelmente leram o material disponibilizado.

#### 4.2.5 Seria importante o estudo de física para os candidatos à CNH?

Nesta pergunta, questionou-se os alunos sobre a importância de estudar física durante seus cursos de autoescola. Este item repete o que já havia sido perguntado no item 8 do questionário inicial. As respostas estão mostradas na figura 36.

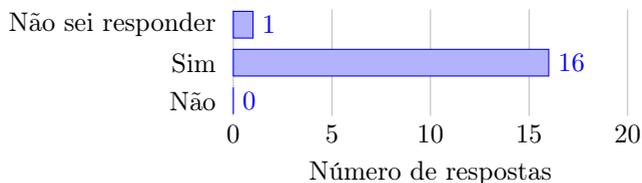


Figura 36: Importância de estudar física aplicada ao trânsito, nas autoescolas, na visão dos alunos.

Mais uma vez estas respostas repetem a tendência que já foi verificada no questionário inicial, questão 8.

### 4.3 RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS INICIAL E FINAL - PARTE DE GRUPOS DE CONTEÚDOS

As questões de 9 à 13 do questionário inicial e de 7 à 11 do questionário final são semelhantes em essência e foram pensadas cobrando os mesmo conceitos. A ideia foi mensurar as mudanças de conceitos e conhecimentos dos alunos, para além do que já haviam informado na parte comum. Estas respostas serão analisadas sempre duas à duas, uma inicial e uma final, e por grupos de conhecimentos.

#### 4.3.1 Grupo I - Cinemática

##### 4.3.1.1 A noção de velocidade

Nas perguntas 9 inicial e 7 final, perguntou-se qual deveria ser a distância percorrida por um carro que desloca-se à velocidade constante de  $60\text{km/h}$ , durante 1 segundo em que seu motorista se distrai com o celular ou com o rádio do automóvel. As respostas dadas no questionário inicial estão mostrada na figura 37

No questionário final, dois alunos apontaram que o automóvel percorreria  $12\text{m}$ , um aluno citou  $10\text{m}$ , um citou  $30\text{m}$  e outro citou  $50\text{m}$ . Desta vez as respostas estão melhor agrupadas em torno das distâncias de  $10\text{m}$  e de  $12\text{m}$  metros. Vale ressaltar que a distância teórica calculada à partir da leitura do material proposto é de  $16,67\text{m}$ . Neste ponto pode-se concluir que, ou os alunos não leram e/ou não

deram à devida atenção ao texto apresentado, ou o mesmo não surtiu o efeito esperado.

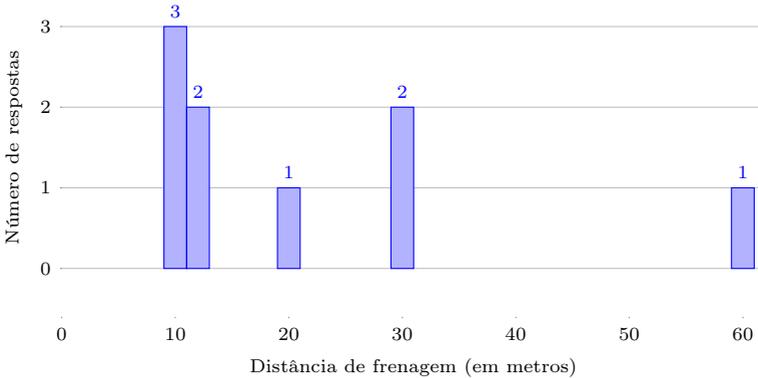


Figura 37: Palpites dos alunos quanto a distância de frenagem de um carro à  $60\text{km/h}$ .

Em última análise pode-se perceber que os alunos não possuem a devida noção de velocidade, acreditando que seus carros percorreriam uma distância menor do que percorrerão de fato no caso de uma distração de 1 segundo.

Este é um item que deve chamar especial atenção no caso da utilização do material ora proposto em um situação real de sala de aula. Seria aconselhável a realização de um trabalho de recuperação do texto e desta questão de velocidade. Considerando-se que os alunos pesquisados são, em sua grande maioria, condutores habilitados, este resultado é preocupante.

#### 4.3.1.2 A noção de tempo de reação

Nas perguntas 10 (inicial) e 8 (final) questionou-se os alunos sobre o tempo de reação de um motorista que vê algo completamente inesperado à sua frente. As respostas iniciais oscilaram bastante, apresentando os seguintes valores:  $1s$ ,  $2s$ ,  $3s$ ,  $5s$ ,  $10s$ ,  $10s$  e  $17s$ . O tempo de  $5s$  segundo foi o único lembrado por mais de um aluno, dois neste caso.

As respostas iniciais mostraram que os alunos possuem pouca

noção de tempos de reação<sup>13</sup>. Um aluno respondeu que sua reação é instantânea<sup>14</sup> e outro respondeu que sua reação seria “muito rápida”.

Os resultados para o questionário final apontaram os tempos de 1s, 3s e 10s. Desta vez, dois alunos responderam 1,3s, sendo esta a informação disponível no material de leitura fornecido (OLIVEIRA, 2018). Vê-se aí que o material gerou mudanças nas respostas de ao menos dois alunos, mas verifica-se o fato de que provavelmente os outros alunos responderam esta questão sem ler o material fornecido.

#### 4.3.1.3 Que distância seria percorrida no tempo de reação

A partir da noção de velocidade e de tempo pesquisadas nas questões iniciais, resta saber se o aluno sabe quanta distância percorrerá no seu tempo de reação. Esta foi a pergunta 11 no questionário inicial e as respostas foram 2,5m, 10m, 12m, 30m, 35m, 50m e 60m, sendo que o valor 10m foi lembrado duas vezes. As respostas estão de acordo com a baixa noção de velocidade e tempo já manifestadas nas respostas das questões iniciais.

No questionário final as respostas foram 3m, 20m, 25m e 40m, sendo que o valor 20m foi lembrado duas vezes. Estes resultados estão mais próximos do valor teórico de 26m. Lembrando que os alunos foram orientados a responder sem consultar nenhum material, pode-se verificar um pequeno avanço em suas noções com esta resposta. Destaque-se que no material indicado, há um exemplo resolvido em que a pergunta é exatamente esta: qual é a distância percorrida por um automóvel à 72km/h no tempo de reação. Vale destacar ainda que alguns alunos não responderam esta pergunta no questionário inicial e/ou no questionário final, ou deram respostas estranhas e inservíveis para esta pesquisa.

#### 4.3.1.4 O limite em frente à uma escola é ou não adequado?

Na pergunta 12 do questionário inicial, mencionou-se uma escola da cidade onde o limite de velocidade é de 40km/h. Pediu-se que os alunos classificassem este limite como adequado, muito baixo ou muito alto. As respostas estão mostradas na figura 38:

No questionário final esta foi a pergunta 10, mas foi entregue

---

<sup>13</sup>Ou mesmo pouca noção de tempo de uma maneira geral.

<sup>14</sup>Provavelmente este conceito não está empregado de forma correta, pois pressupõe tempo zero de reação.

aos alunos com erro de elaboração: perguntava-se não se o limite de  $40\text{km/h}$  era adequado, alto ou baixo, mas ao invés disso, perguntava-se qual deveria ser este limite de velocidade. Dois alunos responderam que deveria ser 'adequado' e outros 3 responderam que deveria ser 'muito baixo'. Estas respostas, entretanto, não satisfazem a necessidade de comparação pedida na questão.



Figura 38: Opinião dos alunos sobre o limite de velocidade de  $40\text{km/h}$  em frente à uma escola.

#### 4.3.1.5 Se os motoristas hovessem estudado física na escola, o problema com excessos de velocidade seria resolvido?

Nesta pergunta final, questionou-se os alunos mais uma vez sobre a eficácia do estudo de física aplicada ao trânsito na escola, mas desta vez tentou-se ligar este estudo diretamente aos acidentes provocados por excesso de velocidade. Perguntou-se se o problema dos acidentes por excesso de velocidade seria reduzido, aumentado ou não sofreria alterações. Oito alunos responderam que o problema seria reduzido, um respondeu que não haveriam diferenças e outro não respondeu. No questionário final perguntou-se se o aluno considerava sua percepção sobre velocidade após ler o texto, como tendo melhorado muito, melhorado um pouco, ou não ter mudado nada. Dois alunos responderam que sua percepção melhorou muito e dois responderam que sua percepção melhorou um pouco. Estas respostas são condizente com o fato de que a noção de fenômenos cinemáticos como tempo e velocidade praticamente não sofreu alterações e continuava quase tão ruim como inicialmente.

### 4.3.2 Grupo II - Leis de Newton

#### 4.3.2.1 A noção de inércia

Na pergunta inicial 9 questionou-se como deve se comportar o carro do condutor que, percorrendo uma curva, perde o controle de seu veículo por culpa de uma poça d'água. As respostas estão mostradas na figura 39, considerando que a curva é para a direita em relação ao movimento inicial do carro.

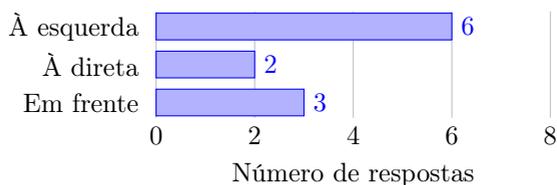


Figura 39: Movimento de um carro que perde o controle em uma curva à direita.

Neste caso percebe-se que a maior parte dos estudantes tem uma boa noção do comportamento do carro na situação proposta, embora a resposta considerada correta neste trabalho seja “em frente” (em relação ao movimento inicial do carro), à luz da lei da inércia. Apenas salta aos olhos duas respostas “à direita”, o que significa para dentro da curva neste caso. Provavelmente estes alunos foram apenas relapsos em suas respostas, tentando livrar-se rapidamente da tarefa.

No questionário final, esta foi a pergunta 07, e as repostas foram as mostradas na figura

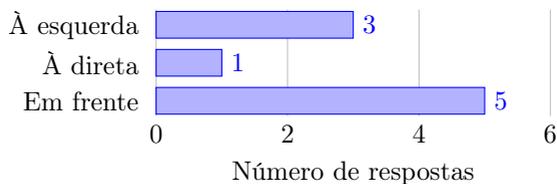


Figura 40: Respostas finais para o movimento de um carro que perde o controle em uma curva à direita.

Mais uma vez, as respostas estão condizentes com as do questionário inicial. Pode-se arriscar o palpite até que foram os mesmos respondentes no questionário inicial e neste que deram as respostas “em frente” e “para a esquerda”. Este foi um grande prejuízo do baixo número de respondentes do questionário final.

#### 4.3.2.2 A troca de força

Questionou-se os alunos na pergunta 10 inicial, se em uma colisão frontal entre um caminhão e um carro de passeio, a força exercida pelo caminhão sobre o carro foi maior do que a força exercida pelo carro sobre o caminhão. As respostas estão na figura 41.

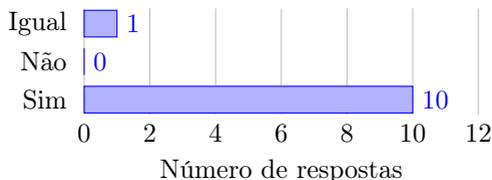


Figura 41: Noção dos alunos sobre a troca de forças entre um caminhão e um automóvel em uma colisão frontal.

Percebe-se nestas respostas que os alunos atribuem o maior tamanho do caminhão a uma maior força que este exerce sobre o carro no caso de uma colisão frontal, noção obviamente equivocada.

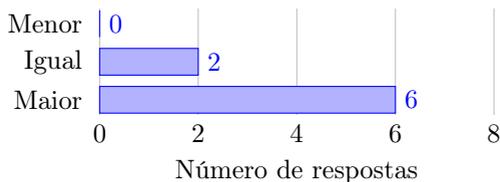


Figura 42: Será a força do caminhão maior ou menor do que a força do carro em uma colisão?

No questionário final, foi perguntado se os alunos consideravam a força exercida pelo caminhão sobre o carro maior, menor ou igual à

força que o carro exerceria sobre o caminhão, na mesma situação de colisão mostrada na questão inicial. As respostas são mais ou menos concordantes com as iniciais e estão mostradas na figura 42.

#### 4.3.2.3 O poder dos carros mais antigos

Na pergunta 11 do questionário inicial perguntou-se aos alunos sobre sua fé nos carros mais antigos, famosos por ter latarias muito mais resistentes do que os carros atuais. Perguntados se seriam estes carros antigos mais seguros para o motorista, as respostas foram as mostradas na figura 43.

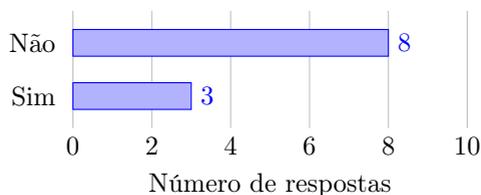


Figura 43: Respostas dos alunos à “serem os carros mais antigos, mais seguros”, no questionário inicial.

Um bom sinal surge desta pergunta pois parece que os alunos, mesmo antes de qualquer tipo de instrução resultante desta pesquisa, possuem boa noção de que os carros mais modernos também são mais seguros do que seus semelhantes mais antigos. Depois de ler o texto indicado, as respostas dos alunos foram as indicadas na figura 44.

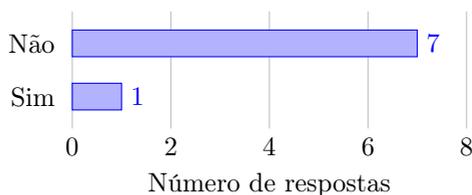


Figura 44: Respostas dos alunos à “serem os carros mais antigos, mais seguros”, no questionário final.

Aqui pode-se verificar que a noção de resistência dos carros an-

tigos foi ultrapassada pela noção de que carros mais atuais são mais seguros.

#### 4.3.2.4 Sobre a melhor maneira para o transporte de crianças

A questão 12 do questionário inicial informou aos alunos que algumas mães acreditam que a melhor maneira de transportar crianças não é em cadeirinhas, mas em seu colo, no banco de trás. Perguntou-se aos alunos se consideravam este procedimento correto ou não e as respostas estão apresentadas na figura 45, com exceção de dois alunos que não responderam esta pergunta.

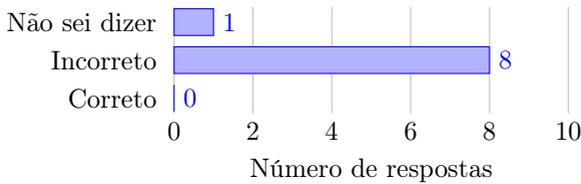


Figura 45: Percepção dos alunos sobre a melhor maneira de transportar um recém-nascido.

No questionário final, esta mesma pergunta foi realizada de maneira aberta, para que os alunos escolhessem a melhor maneira de transportar crianças recém-nascidas. Todos os 8 alunos respondentes assinalaram que a melhor maneira de transportar em bebe seria nas cadeirinhas apropriadas para isso. 3 alunos se lembraram de responder que a cadeirinha deveria estar virada ao contrário dos passageiros; um deles disse ainda que a cadeirinha deveria ser posicionada atrás do motorista.

#### 4.3.2.5 Objetos sobre o porta pacotes

Na questão 13 pergunta-se sobre a possibilidade de transportar em segurança pequenos volumes sobre o porta-pacotes do carro. As respostas iniciais estão mostradas na figura 46.

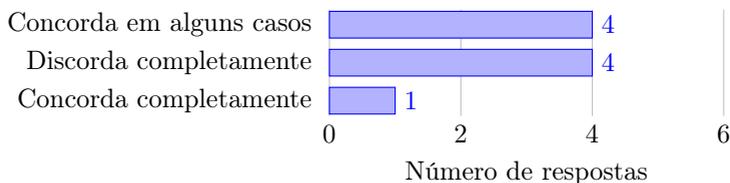


Figura 46: Percepção à afirmação de ser seguro transportar objetos no porta pacotes.

Dois alunos não responderam esta pergunta. No questionário final, esta foi a décima primeira pergunta e também foi feita de maneira aberta, ou seja, os alunos poderiam responder o que desejassem. Um aluno não respondeu e outro disse que a melhor maneira de transportar uma 'bolsa de livros' (exemplo utilizado na pergunta) seria pedindo que um colega a segurasse durante a viagem. As outras seis respostas são condizentes com uma leitura do texto: no piso do automóvel. Parece apenas que os alunos não chegaram a um consenso sobre em que ponto do piso deveria ser: alguns citaram o piso no lado do carona, na frente, outros em cada um dos dois lados do piso dos passageiros traseiros.

### 4.3.3 Grupo II - Atrito

Esta temática foi a que contou com o menor número de respondentes: apenas 4 alunos concluíram a tarefa solicitada.

#### 4.3.3.1 A noção de ser positivo ou negativo o fenômeno do atrito

Na primeira pergunta deste grupo, que foi a nona pergunta do questionário inicial, afirmou-se que o atrito entre os pneus e a estrada é uma coisa positiva e perguntou-se aos alunos se consideravam esta afirmativa correta ou incorreta. As respostas estão na figura 47.

Parece que os alunos tem correta noção sobre o atrito ser uma força benéfica para a condução de um automóvel. Vale lembrar que na pergunta 7 do questionário inicial, a aquaplanagem foi citada por pelo menos um aluno.

No questionário final, perguntou-se se os alunos concordavam com o fato de que o menor atrito possível entre os pneus e o pavimento seria uma boa característica, pois afinal, tornaria os carros mais econô-

micos. Dos respondentes, dois consideraram incorreta esta informação, um considerou correta e um não soube responder.

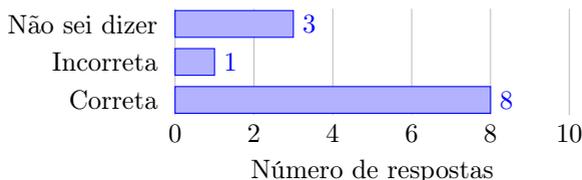


Figura 47: Opinião sobre o atrito entre os pneus e a pista.

#### 4.3.3.2 Opinião sobre peso do carro e segurança

Na questão 10 inicial, afirmou-se aos alunos que poderiam dirigir na estrada um carro leve do mesmo modo que dirigiriam um carro pesado, pois a aerodinâmica do carro não depende do peso. Perguntou-se se concordavam com esta afirmação e as respostas estão mostradas na figura 48.

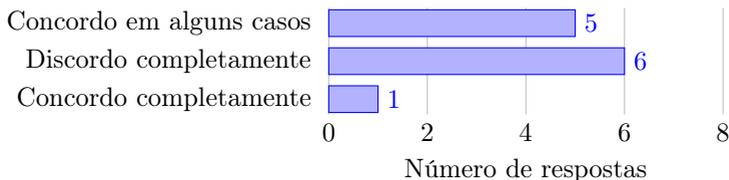


Figura 48: Opinião sobre carros leves e pesados.

As opiniões vão em uma direção correta quando os alunos discordam da afirmação de que o peso do carro não influenciaria em seu comportamento aerodinâmico. Apenas um aluno respondeu de forma incorreta. No questionário final, afirmou-se que carros muito leves são mais perigosos em velocidades elevadas, pois estão mais sujeitos a efeitos aerodinâmicos que podem fazer com que o motorista perca o controle dos mesmos. Três alunos responderam que concordam com esta afirmação apenas em alguns casos e um respondeu que concorda completamente.

#### 4.3.3.3 Sobre os ventos laterais

A pergunta 11 do questionário inicial afirmou que ventos laterais são perigosos apenas para veículos muito altos, como *VANs* e semelhantes, e então perguntou aos alunos se consideravam esta afirmação verdadeira ou falsa e as respostas estão na figura 49

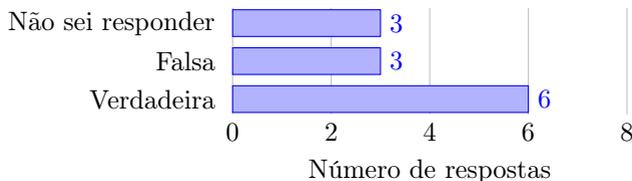


Figura 49: O pensamento dos alunos sobre ventos laterais.

Esta questão levanta preocupações, pois sendo o vento lateral tão perigoso em alguns trechos de estrada, é surpreendente que os alunos ignorem seus efeitos sobre carros de passeio.

No questionário final, perguntou-se qual deveria ser o comportamento do motorista que trafega em uma pista sujeita a vento lateral. Todos foram unânimes em responder que a conduta a ser adotada é a de reduzir a velocidade e prosseguir com atenção, independente do modelo do carro que estiverem guiando. Esta resposta, de certa forma, contrasta com a resposta dada no questionário inicial e pode ser um indício de que estes alunos leram de fato o material disponibilizado e completaram então a tarefa.

#### 4.3.3.4 Sobre o efeito do peso do carro durante uma ultrapassagem

Na mesma linha da pergunta inicial, afirmou-se no questionário inicial que um carro leve seria muito mais seguro durante uma ultrapassagem em alta velocidade, pois esta poderia terminar mais rapidamente, e perguntou-se aos alunos o que achavam desta frase: um não respondeu e as outras respostas estão mostradas na figura 50.

No questionário final inverteu-se a afirmação, dizendo que o condutor de um carro muito leve deveria ficar muito atento ao ultrapassar um caminhão com um carro muito leve, pois o mesmo poderia ser desviado por forças aerodinâmicas. Dois alunos responderam que esta frase

está correta em alguns casos, outros que a frase é sempre correta e um respondeu não saber.

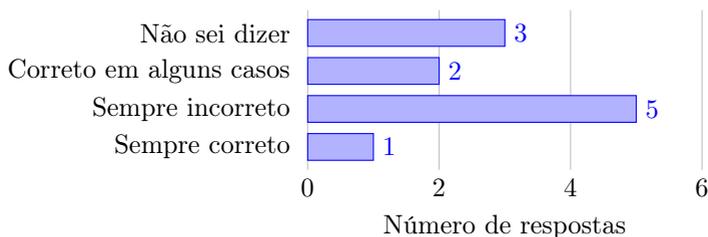


Figura 50: Opinião dos alunos sobre a influência do peso do carro em uma manobra de ultrapassagem.

#### 4.4 DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS

Finda a coleta e análise de dados, alguns pontos chamam a atenção nesta pesquisa e merecem uma nota mais cuidadosa. O primeiro deles sem dúvidas é a baixa participação dos alunos. Como já foi citado neste trabalho, a turma compunha-se de 54 alunos matriculados, dos quais apenas 17 terminaram as atividades como planejado; e mesmo os que terminaram, o fizeram de maneira (aparentemente) displicente. Uma das possíveis explicações para este desinteresse pode ser a ausência de recompensas, como notas extras por exemplo (VIEGAS, 2018), (SOUZA, 2018). Alguns alunos recusaram-se a participar assim que foi explicado que a participação ou a não participação não refletiria em suas notas. Note-se ainda que a atividade de leitura, em épocas de internet e de orçamentos reduzidos, muitas vezes não seduz nem mesmo professores (MILANI, 2011), que estariam (ou deveriam estar) entre os primeiros incentivadores da leitura.

Do grupo que concordou em participar, aproximadamente a metade, levou o material para casa e (provavelmente) não o leu, abandonando a atividade antes de completar o questionário final. Observa-se ainda nas respostas colhidas, que mesmo dentre os que concordaram em participar até o fim, muitos não leram *de facto* tal material.

Não obstante, atendo-se apenas aos alunos que responderam os dois questionários e disseram ter lido o material disponibilizado, percebe-se que a maioria das respostas caíram em uma espécie de 'lugar comum', como se os alunos buscassem por respostas consagradas

e politicamente corretas para agradar o professor/pesquisador. Este comportamento não é surpreendente e pode desenvolver-se em situações onde surgem fortes vínculos afetivos entre professores e alunos, relação esta que possui o poder de moldar profundamente o processo de ensino-aprendizagem (GAZOLI; LEITE, 2011).

Permeando estas relações afetivas está o fato de que, aparentemente, os alunos sabem as respostas as perguntas, pois estes temas são insistentemente mencionados em campanhas de prevenção de acidentes; entretanto, eles não 'sentem' as respostas, ou seja, dão respostas prontas que, esperam, os coloquem como entendedores do conteúdo perguntado, acabem de uma vez com a pressão da pergunta e ao mesmo tempo, agradem aos professores.

Neste contexto, a pergunta 'você considera a física importante para os futuros motoristas e seus cursos nas autoescolas' dificilmente receberá resposta negativa, muito embora estes mesmos respondentes não tenham noção exata do que estão respondendo, ou seja, se gostariam efetivamente que esta disciplina passasse a fazer parte de tais cursos, o que provavelmente significaria mais tempo de curso e mais convívio com uma disciplina que, em geral, não agrada tanto aos alunos.

Mas, para além das campanhas e relações afetivas, parte do conhecimento sobre automóveis e trânsito pode vir de amigos e parentes, ou sejam, por "pressões" de grupos sociais aos quais os alunos pertencem, em uma manifestação típica de comportamento de grupo (ROSENBERG, 2012). Os condutores então podem encarar conselhos de amigos e parentes mais experientes sobre automóveis e tráfego, como mais relevantes do que as regras oficiais. Este procedimento leva a uma 'direção prática', ou seja, ao ato de dirigir baseado em informações nem sempre confiáveis e/ou não oficiais.

Outro resultado interessante e que também já foi citado é o de que, quando perguntados sobre os temas de física que consideram mais importantes para os motoristas, os alunos geralmente citam temas ligados à mecânica. Pode-se dizer que está correta esta percepção, pois os fenômenos mecânicos relativos a um automóvel são sempre os principais responsáveis pelos acidentes de trânsito (KLEER; THIELO; SANTOS, 1997). É necessário para o condutor compreender mais sobre fenômenos de mecânica do que sobre fenômenos elétricos ou óticos, muito embora estes também estejam intimamente ligados ao funcionamento dos automóveis e até à condução dos mesmos, algumas vezes.

Não obstante e apesar dos bons conhecimentos ou noções de mecânica demonstrados pelos alunos, pôde-se perceber que o mesmo não

é verdade com relação a aerodinâmica e seus efeitos na condução<sup>15</sup>. Nota-se uma boa noção de atrito, inércia e forças, mas um conhecimento muito limitado em temas relacionados a efeitos aerodinâmicos sobre os automóveis e, principalmente, sobre como estes afetam a condução segura. Este, mais uma vez, pode ser o resultado de campanhas educativas que primam pela acessibilidade dos temas abordados, lembrando que para obter a Carteira Nacional de Habilitação (CNH) o candidato deve ser no mínimo alfabetizado. Temas de aerodinâmica em geral são mais complexos e estão ligados ao conteúdo de mecânica dos fluidos e, como um desenvolvimento posterior deste, costuma ser ministrado sem o devido rigor, sendo por vezes negligenciado nas escolas de ensino médio e técnico (ARAÚJO et al., 2017).

Por fim, percebeu-se nas questões relacionadas a tempo, que os alunos possuem pouca noção desta quantidade física, e esta baixa percepção mostrou-se relevante quando os alunos não conseguem determinar as distâncias percorridas com uma velocidade e um intervalo de tempo dados. Noções de tempo e velocidade estão intimamente ligadas e inter-relacionadas (ROAZZI; FILHO, 2001), fazendo parte da vida do condutor em quase todas as situações de condução, ganhando relevância especial durante as manobras de ultrapassagens em rodovias.

As manobras de ultrapassagens são, com bastante frequência, responsáveis por acidentes graves em praticamente todo o mundo. Para serem realizadas com segurança, dependem da decisão do condutor, de suas noções de espaço e de tempo, mas alguns estudos sugerem que a maior parte dos condutores não conseguem avaliar corretamente estas situações (FORBES; MATSON, 1939), (GORDON; MAST, 1970). Esta falha de julgamento resulta justamente da quantificação inadequada de espaço e tempo (JACOB, 2005) que os respondentes/condutores demonstraram.

---

<sup>15</sup>A causa provável deste desconhecimento é o fato de que, mesmo dominando uma 'direção prática', aprendida na autoescola (CFC), os alunos oriundos do ensino médio não passaram por uma instrução formal em hidrodinâmica, o que lhes possibilitaria compreender melhor tais efeitos aerodinâmicos.

## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O objetivo principal deste trabalho pode ser dividido em duas linhas principais: em uma pretendeu-se estudar como os alunos percebem a relação entre a física estudada no ensino médio e os conhecimentos necessários para a condução segura de um automóvel. A segunda linha de ação consistiu em verificar-se a ocorrência ou não de um crescimento intelectual nos alunos após a leitura de um texto paradidático, desenvolvido neste mestrado e voltado especificamente para a física aplicada ao trânsito.

A pesquisa foi realizada com aproximadamente 33 alunos de um curso técnico pós-médio do Instituto Federal Sul-rio-grandense, campus Passo Fundo, que estavam afastados da escola há aproximadamente 8 anos em média. Todos homens e motoristas frequentes.

Realizada a pesquisa, chegou-se a conclusão de que eles apresentaram uma vinculação adequada principalmente com temas relacionados a mecânica, parte tradicionalmente estudada no primeiro ano do ensino médio. Esta é uma conclusão interessante da pesquisa, pois deve-se considerar o grande lapso de tempo em que os alunos estão fora do ensino médio. Considere-se ainda que as campanhas de trânsito não abordam temas de física, mas frequentemente temas relacionados ao consumo de álcool e drogas, e a imprudência dos condutores. Verificou-se que muitos alunos inclusive confundiram estas temáticas com fenômenos físicos, demonstrando uma ignorância quase completa sobre *o que é física*.

Uma sugestão que cabe neste ponto é que novos trabalhos sejam realizados levando a física do trânsito para além da mecânica, abordando temas voltados a eletricidade e ao magnetismo (ligados à manutenção básica e conservação dos veículos), à óptica, à termodinâmica, etc. Destaque-se que a grande maioria dos trabalhos pesquisados na revisão bibliográfica abordava apenas a mecânica aplicada ao trânsito e a condução. Esta parece ser uma linha mestra seguida pela maioria dos pesquisadores e a sugestão aqui deixada não pretende desmerecer esta área, mas ampliar os horizontes do conhecimento do automóvel e do trânsito, como um todo.

Por outro ângulo, observa-se que o fato de as lembranças de física relacionadas ao trânsito abordarem basicamente temas de mecânica é muito conveniente, pois a grande maioria dos acidentes de trânsito podem ser rastreados até causas mecânicas, e desta forma são explicados quando periciados por profissionais competentes. Este fato, facilmente

observado na literatura e na prática, determinou a escolha dos temas do material didático desenvolvido e entregue aos alunos: cinemática, leis de Newton e leis de atrito.

Durante o aplicação e desenvolvimento da pesquisa, pode-se perceber o baixo interesse e participação demonstrados pelos alunos. Verificou-se que parte deste desinteresse poderia estar relacionado ao fato de a grande maioria dos alunos terem famílias constituídas e empregos de período integral, além de frequentarem as aulas do curso técnico, o que por si só já lhes implicava uma carga de atividades diárias bastante pesada. Esta característica da turma, aliada ao impacto zero que a atividade teria em seus boletins de notas, fez com que a participação chegasse a meros 31% do total de alunos. Uma futura análise deve, de alguma maneira, identificar os alunos e analisar as respostas apenas daqueles que completaram os dois questionários.

Sugere-se que, em trabalhos futuros com o material desenvolvido neste mestrado, sua aplicação esteja associada a algum tipo de recompensa ou cobrança que, como pode-se perceber pelas fontes consultadas, é um dos grandes incentivadores da participação de alunos nas atividades avaliativas. Este material desenvolvido pode ser utilizado como material didático, pois foi pensado (também, mas de forma limitada) como tal e possui uma série de exemplos resolvidos que podem ser utilizados em sala, juntamente com listas de exercícios voltados à temática de trânsito, que podem ser passados para casa como tarefa. Mas este mesmo material pode ainda ser utilizado como material paradidático, que os alunos poderão ler e resolver ou não os exercícios, conforme orientação do professor de sala de aula. Nos dois casos sugere-se que ocorra um acompanhamento das atividades, com possíveis cobranças, seja em provas ou em outros tipos de dispositivos avaliativos. Deixando-se simplesmente a gosto e interesse dos alunos, como foi realizado neste trabalho, o resultado pode ficar muito aquém do desejado, como se verificou.

Outra sugestão que surge deste trabalho é o poder dos grupos de influência. Pôde-se verificar na pesquisa bibliográfica que, sendo o ser humano um animal social, ele estará predisposto a participar de grupos sociais, como a família, a escola, grupos de amigos ou colegas de trabalho. Estes grupos possuem um grande poder de moldar as atitudes dos indivíduos, principalmente ao impor determinadas regras de participação. Sendo o sentimento de pertencimento, uma das necessidades básicas do ser humano, pode-se pensar em atividades de grupo com o material proposto, no qual problemas sejam apresentados e o material sirva como fonte de pesquisas para sua solução. Estas relações

de grupos podem ser utilizadas, juntamente com os laços afetivos que podem se desenvolver em sala de aula, principalmente entre professores e alunos, para oportunizar situações didáticas muito eficazes. A temática do trânsito pode ser levada à sala de aula, como uma espécie de 'moda' a ser utilizada pelos alunos. Obviamente esta metodologia tendem a funcionar melhor com alunos de ensino médio, onde os vínculos de turma são mais fortes, do que com alunos adultos; mas como o mesmo espírito de grupos é forte nestes também, a metodologia pode ainda ser aplicada, com algumas adaptações.

Outro aspecto que destacou-se durante este trabalho foi a baixa noção temporal demonstrada por quase todos os alunos, que desconheciam não apenas seus tempos de reação no trânsito, dando respostas por vezes absurdas a esta pergunta, como tampouco sabiam quantificar o tempo de maneira adequada. Sugere-se um trabalho de desenvolvimento da noção de tempo, que poderia ser conduzido ainda no ensino básico, considerando o aluno como um futuro motorista. A correta noção de tempo é de grande importância para condutores de automóveis e deveria, na opinião deste pesquisador, ser cobrada em provas de habilitação, pois da pesquisa bibliográfica restou demonstrado que a baixa noção de tempo é fator de risco para ultrapassagens, com grande potencial para gerar graves acidentes.

Verificou-se também um grande desconhecimento de aerodinâmica e efeitos aerodinâmicos sobre veículos em movimento. De mesma maneira que a noção de tempo deve ser trabalhada de maneira mais cuidadosa nos níveis iniciais de ensino, o conhecimento de aerodinâmica deve receber um tratamento mais criterioso nas salas de aula do ensino médio pois, se a hidrodinâmica é negligenciada nas escolas de ensino médio, a necessidade de entendimento de aerodinâmica surge como uma justificativa para que esta parte seja tratada com o rigor adequado.

Por fim, a conclusão geral da pesquisa demonstrou que ainda há um longo caminho a ser percorrido antes que motoristas realmente conscientes estejam disponíveis; e a física é apenas mais uma ferramenta para a obtenção deste resultado. Os alunos pesquisados deixaram claro que não têm completa consciência do processo de condução de automóveis, dirigindo por vezes baseados em conhecimentos pré-conceituosos (possivelmente obtidos com amigos e colegas) e nem sempre corretos. Sugere-se que os conteúdos de física aplicada ao trânsito sejam inseridos em sala de aula e, ainda que o material aqui proposto não seja utilizado pelos alunos propriamente ditos, que seja utilizado pelos professores que daqui podem retirar alguns bons exemplos para ilustrar suas aulas sobre velocidade, leis de Newton e aplicações, tornando o

ensino mais significativo para os alunos, ao mesmo tempo que abre as portas para uma maior sensibilização dos riscos e potencialidades desta máquina maravilhosa chamada automóvel.

## REFERÊNCIAS

- ABUD, M. **Trânsito também serve para ensinar física e matemática**. 2017. Disponível em: <<https://www.institutonetclaroembratel.org.br/educacao/nossas-novidades/podcasts/transito-tambem-serve-para-ensinar-fisica-e-matematica-na-pratica/>>.
- AEAARP. O automóvel e a engenharia. do motor a vapor à combustão interna: conheça a história do automóvel e as contribuições da engenharia para a sua evolução. **Painel**, n. 250, 2016.
- ARAÚJO, F. A. G. et al. O estudo de dinâmica dos fluidos com o aplicativo wind tunnel: analisando o voo de um avião. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 2, 2017.
- BARP, M.; MAHL, A. C. Amaxofobia: Um estudo sobre as causas do medo de dirigir. **Unoesc & Ciência**, v. 4, n. 1, 2013.
- BATISTA, C. R. V. **a educação para o trânsito nas escolas de ensino fundamental**. 2010. Disponível em: <<https://www.webartigos.com/artigos/a-educacao-para-o-transito-nas-escolas-de-ensino-fundamental/46268.>>.
- BODIAO, I. S.; ARAÚJO, C. R. C. Considerações sobre as origens das dificuldades com os conteúdos de física, a partir de depoimentos de alunos de uma escola pública de fortaleza. **Revista Entre Ideias**, n. 20, 2011.
- BONJORNO, R. A. et al. **Física completa**. São Paulo: FTD, 2001.
- BOUER, J. Desaceleração é motivo de morte no trânsito. **Folha de São Paulo**, 1994.
- BRASIL. **Código de Trânsito Brasileiro (CTB)**. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9503.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9503.htm)>.
- BRITO, A. B.; SILVA, R. M. M. Educação para o trânsito no ensino médio. In: **Semana Educa**. [S.l.]: Fundação Universidade Federal de Rondônia, 2010.
- BUSE, A. **Um olhar diferenciado sobre a cinemática no ensino médio: uma abordagem praxeológica das tarefas**. Dissertação

(Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: Questões e Desafios para a Educação**. [S.l.]: Editora Unijuí, 2010.

COUTINHO, L. **Morre-se Mais em Acidentes de Trânsito do que por Câncer**. 2013. Disponível em:  
<<https://veja.abril.com.br/brasil/morre-se-mais-em-acidentes-de-transito-do-que-por-cancer/>>.

COUTO, L. L. M. Educação para o trânsito no ensino fundamental: contribuições da psicologia moral. **Revista de educação do IDEAU**, v. 11, n. 24, 2016.

CZERWONKA, M. **Pessoas revelam traços da personalidade quando estão dirigindo**. 2014. Disponível em:  
<<http://portaldotransito.com.br/noticias/pessoas-revelam-tracos-da-personalidade-quando-estao-dirigindo/>>.

DEBRUYNE, N. F. **American War and Military Operations Casualties: Lists and Statistics**. 2018. Disponível em:  
<<https://fas.org/sgp/crs/natsec/RL32492.pdf>>.

DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V. **Física**. São Paulo: Saraiva, 2010.

EHSANI, M. et al. **Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles. Fundamentals, Theory, and Design**. Florida: CRC Press, 2005.

FERNANDES, H. C. **Velozes, furiosos e sem limites: a lição deixada pela morte do ator Paul Walker**. 2013. Disponível em:  
<<https://guiame.com.br/gospel/mundo-cristao/velozes-furiosos-e-sem-limites-licao-com-morte-de-paul-walker.html>>.

FONTES, A. S.; FERREIRA, C. C. Educação para o trânsito: um estudo interdisciplinar para o ensino de ciências na escola básica. **Ciência em tela**, v. 4, n. 2, 2011.

FORBES, T. W.; MATSON, T. M. Driver judgments in passing on the highway. **The Journal of Psychology**, v. 8, n. 1, 1939.

GAZOLI, D. G. D.; LEITE, S. A. S. Educação de jovens e adultos: a dimens ao afetiva na mediação pedagógica. In: MARINGÁ, U. E. de

(Ed.). **Anais do X CONPE - Congresso Nacional e Psicologia e educação**. [S.l.: s.n.], 2011.

GIGLIOTI, F. **Velozes e Furiosos 7 e a Identidade do Motorista Brasileiro**. 2015. Disponível em:  
<<http://www.onsv.org.br/velozes-e-furiosos-7-e-a-identidade-do-motorista-brasileiro/>>.

GOMES, C. R. A cultura masculinizada do automóvel e a formação do motorista brasileiro. In: **XX REDOR - Encontro da rede feminista norte e nordeste de estudos e pesquisas sobre mulher e relações de gênero**. [S.l.]: Universidade Federal da Bahia, 2018.

GOMES, L. F. **Mortes no Trânsito: Brasil é o 4º do mundo**. 2014. Disponível em:  
<<https://professorlfg.jusbrasil.com.br/artigos/113704460/mortes-no-transito-brasil-e-o-4-do-mundo>>.

GORDON, D. A.; MAST, T. M. Driver's judgments in overtaking and passing. **Human Factors**, v. 12, n. 3, 1970.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da física**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HIRSCHMAN, C.; PRESTON, S.; LOI, V. M. Vietnamese casualties during the american war: A new estimate. **Population and Development Review**, v. 21, n. 4, 1995.

JACOB, A. M. G. **Análise de manobras de ultrapassagem em ambiente virtual**. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2005.

JONER, S.; VOLPI, N. M. P. Sincronização de semáforos: modelo matemático para uma aplicação ao tráfego de Curitiba. **Holos**, v. 2, n. 29, 2013.

KLEER, A. A.; THIELO, M. R.; SANTOS, A. C. K. A física utilizada na investigação de acidentes de trânsito. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 14, n. 2, 1997.

LEAL, L. C. M.; ROSA, E.; NICOLAZZI, L. C. **Uma introdução à modelagem quase estática de veículos automotores de rodas**. Florianópolis: [s.n.], 2001.

LIZIERO, A. **Simulador de trânsito mostra relação entre velocidade e engarrafamentos**. 2016. Disponível em: <<https://geografiavisual.com.br/games/simulador-de-transito-mostra-relacao-entre-velocidade-e-engarrafamentos>>.

LUCHESE, T. F. O automóvel como símbolo da sociedade contemporânea. In: SEMINTUR (Ed.). **Anais do VI Seminário de pesquisa em Turismo do Mercosul**. [S.l.]: Universidade de Caxias do Sul, 2010.

MADRUGA, M. A. H. **As leis da física aplicadas ao trânsito: evitando traumas e sequelas**. 2011. Disponível em: <<http://idetrans.blogspot.com/2011/05/as-leis-da-fisica-aplicadas-ao-transito.html>>.

MALHEIROS, P. **O teste da relação entre velocidade e consumo**. 2018. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/auto-servico/o-teste-da-relacao-entre-velocidade-e-consumo/>>.

MEDEIROS, W. M. C. et al. Perfil epidemiológico das vítimas de acidentes de trânsito atendidas num serviço público de emergência da região metropolitana de natal/rn. **Holos**, v. 7, 2017.

MILANI, A. **Por que professor não gosta de ler?** 2011. Disponível em: <<http://www.revistaeducacao.com.br/por-que-professor-nao-gosta-de-ler/>>.

MONTEIRO, A. **Número de Mortes no Trânsito tem Maior Queda no Brasil desde 1998**. 2018. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/11/1545760-numero-de-mortes-no-transito-tem-maior-queda-no-brasil-desde-1998.shtml>>.

NAPOLITANO, H. B.; LARIUCCI, C. Alternativa para o ensino da cinemática. **Revista da faculdade de educação da UFG**, v. 26, n. 2, 2001.

NETO, O. N.; KLEINUBING, R. **Dinâmica dos Acidentes de Trânsito**. Campinas: Millennium Editora, 2012.

OLIVEIRA, F. M. **Física aplicada ao trânsito**. 2018.

OLIVEIRA, R. R.; GASTAL, M. L. A. Educação forma fora da sala de aula - olhares sobre o ensino de ciências utilizando espaços não formais. In: **Anais do VII EnPec - Encontro nacional de**

pesquisa em educação, editor = , pages = , publisher = , volume = , [S.l.: s.n.], 2009.

PETRIN, N. **Conhecimento científico e senso comum**. 2015. Disponível em: <<https://www.estudopratico.com.br/conhecimento-cientifico-e-senso-comum/>>.

PINHEIRO, A. L. F. B. et al. Anais do xxxiv cobenge. In: **Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**. [S.l.]: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006. p. 9189–9202.

PINHEIRO, A. L. F. B. et al. Educação para o trânsito e responsabilidade social. In: **XIII Rio de transportes**. [S.l.: s.n.], 2006.

PINTO, A. B.; WALTER, C. N. S.; HOLZ, R. F. O desafio da educação para o trânsito no ensino médio. In: **Anais do XXXIV COBENGE**. [S.l.]: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2015.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, 2007.

ROAZZI, A.; FILHO, J. A. C. O desenvolvimento da noção de tempo como integração da distância e da velocidade. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 14, n. 3, 2001.

ROSENBERG, T. **Bem-vindo ao Clube - Como o Poder dos Grupos pode Transformar o Mundo**. [S.l.]: Editora Campus, 2012.

RUFFO, G. H. **Instinto de proteção**. 2013. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/instinto-de-protecao/>>.

SAMAHÁ, F. **Opala: 50 anos do carro mais querido da Chevrolet**. 2018. Disponível em: <<http://bestcars.uol.com.br/bc/informe-se/passado/historia-chevrolet-opala-comodoro-diplomata-ss-caravan-2500-3800-4100/>>.

SANTOS, A. C. Famosos na violência do trânsito. **Revista CESVI**, n. 103, 2016.

SANTOS, A. C. Por que alguns comerciais de automóveis induzem o motorista ao excesso de velocidade - quando a segurança do trânsito vai na direção contrária? **Revista CESVI**, n. 112, 2018.

SARRETA, C. R. L. Algumas reflexões do poder simbólico em relação ao consumo na globalização. **PERSPECTIVA**, v. 36, n. 134, 2012.

SHARP, B. **Consumo de combustível, teórico e prático**. 2015. Disponível em: <<https://www.autoentusiastas.com.br/2015/02/consumo-de-combustivel-teoria-e-pratica/>>.

SILVA, L. L. Educação para o trânsito em aulas de física. **Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências.**, v. 9, n. 2, 2009.

SOARES, C. **Sinal verde para a educação no trânsito**. 2005. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/2347/sinal-verde-para-a-educacao-no-transito>>.

SOUZA, L. A. P.; RIBEIRO, P. C. M. Tempo de percepção dos motoristas em interseções semaforizadas. In: **XXVII Congresso de pesquisa e ensino em trasportes**. [S.l.]: ANPET, 2013.

SOUZA, Z. **Trabalhando com 'recompensas' na sala de aula**. 2018. Disponível em: <<https://www.portalacesse.com/2018/04/23/trabalhando-com-recompensas-na-sala-de-aula/>>.

THOMAZ, J. R.; SILVA, F. F.; TAHA, M. S. Projeto interdisciplinar trânsito seguro: uma perspectiva para desenvolver conteúdos conceituais, atitudinais e procedimentais. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão.**, v. 8, n. 1, 2016.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

VIEGAS, A. **7 maneiras de motivar os alunos à estudar**. 2018. Disponível em: <<https://www.somospar.com.br/7-manieras-de-motivar-os-alunos-a-estudarem/>>.

VIZZOTTO, P. A.; MACKEDANZ, L. F. A compreensão da física aplicada ao trânsito na perspectiva de egressos do ensino médio, alunos de cursos de primeira habilitação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 3, 2017.

VIZZOTTO, P. A.; MACKEDANZ, L. F.; MIRANDA, A. C. D. Física aplicada ao trânsito: uma revisão de literatura. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, 2017.

## APÊNDICE A - Questionário inicial - Grupo I



A formatação deste documento está adaptada à esta página e difere, portanto, da original.

# A física e o trânsito

PESQUISADOR FABIO OLIVEIRA, MESTRANDO  
Universidade Federal de Santa Catarina  
starosta.fabio@gmail.com

## Apresentação

Este questionário preliminar que você está prestes a responder é parte integrante da pesquisa “*Aplicação do Texto Paradidático Física Básica Aplicada ao Trânsito em Turmas de Cursos Técnicos Subsequentes*”, realizada pelo mestrando da Universidade Federal de Santa Catarina, Fabio Moreira de Oliveira, no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, do programa de pós-graduação desta mesma universidade. Por favor, responda as perguntas à seguir com o máximo de sinceridade e não identifique sua folha de respostas, que deverá permanecer anônima. Para responder cada pergunta, não utilize nenhuma fonte de consulta. Responda apenas com o que lhe vem à mente em cada pergunta. Obrigado por sua participação voluntária neste trabalho.

## Questionário - Grupo I

01 - Quantos anos já fazem que você formou-se no ensino médio?

-----

**02** - Você considera importante ter estudado física na escola?

- (a) (\_\_\_\_\_) Considero muito importante.
- (b) (\_\_\_\_\_) Considero importante.
- (c) (\_\_\_\_\_) Considero mais ou menos importante.
- (d) (\_\_\_\_\_) Não considero importante.

**03** - Você vê aplicações da física que você estudou no ensino médio, em sua vida diária?

- (a) (\_\_\_\_\_) Vejo muitas aplicações.
- (b) (\_\_\_\_\_) Vejo algumas aplicações.
- (c) (\_\_\_\_\_) Vejo poucas aplicações.
- (d) (\_\_\_\_\_) Não vejo aplicação nenhuma.

**04** - Você dirige ou já dirigiu veículos automotores?

- (a) (\_\_\_\_\_) Nunca dirigi.
- (b) (\_\_\_\_\_) Já dirigi algumas vezes.
- (c) (\_\_\_\_\_) Dirijo frequentemente.
- (d) (\_\_\_\_\_) Dirijo diariamente.

**05** - Você considera necessário que as aulas de física das escolas brasileira abordem a temática “trânsito e segurança no trânsito”?

- (a) (\_\_\_\_\_) Muito necessário.
- (b) (\_\_\_\_\_) Pouco necessário.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não é necessário.

**06** - Porquê? Justifique sua resposta à pergunta anterior.

-----  
-----

**07** - Nas linhas abaixo, cite quatro assuntos ou tópicos que você estudou no ensino médio e que considera importantes para quem dirige, ou seja, devem ser motivo de atenção por parte dos motoristas de carros ou caminhões.

01 - -----  
02 - -----  
03 - -----  
04 - -----

**08** - Você gostaria de ter assistido aulas de física aplicada ao trânsito na autoescola, quando fez sua primeira habilitação?

- (a) (\_\_\_\_\_) Não.  
(b) (\_\_\_\_\_) Sim.  
(c) (\_\_\_\_\_) Ainda não sou habilitado para dirigir.

**09** - Suponha que você está andando com seu carro em uma grande avenida à aproximadamente **60km/h**. De repente seu celular emite um sinal, avisando que chegou uma nova mensagem. Você olha para ele por exatamente 1 segundo. Responda abaixo, quantos metros você acredita que seu carro andou neste tempo, com esta velocidade.

-----

**10** - Você está viajando com seu carro por uma estrada à exatos **72km/h**. De repente, uma criança solta-se da mão de sua mãe e

atravessa a rua correndo, pois assustou-se com um cachorro que latiu para ela em um portão. Assim que vê esta cena, você pisa fortemente nos freios do seu carro. Responda na linha abaixo, quanto tempo você acredita que precisa para reagir, ou seja, quanto tempo se passa entre o momento que você vê a criança correndo, e o momento em que você de fato pisa nos freios do carro. (Este é o seu tempo de reação.)

-----

**11** - Qual é a distância (em metros) que você acredita que percorrerá durante o “tempo de reação”, que você indicou na pergunta anterior?

-----

**12** - Em frente a uma escola de nossa cidade, o limite de velocidade é de apenas **40km/h**. Você considera este limite:

- (a) (\_\_\_\_\_) Adequado.
- (b) (\_\_\_\_\_) Muito baixo.
- (c) (\_\_\_\_\_) Muito alto.

**13**- Uma das principais causas de acidentes nas estradas é o excesso de velocidade. Na sua opinião, se os motoristas tivessem estudado física aplicada ao trânsito na escola, durante seus cursos de ensino médio, este problema seria:

- (a) (\_\_\_\_\_) Reduzido.
- (b) (\_\_\_\_\_) Aumentado.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não sofreria nenhuma alteração.

## APÊNDICE B – Questionário inicial - Grupo II



A formatação deste documento está adaptada à esta página e difere, portanto, da original.

# A física e o trânsito

PESQUISADOR FABIO OLIVEIRA, MESTRANDO  
Universidade Federal de Santa Catarina  
starosta.fabio@gmail.com

## Apresentação

Este questionário preliminar que você está prestes a responder é parte integrante da pesquisa “*Aplicação do Texto Paradidático Física Básica Aplicada ao Trânsito em Turmas de Cursos Técnicos Subsequentes*”, realizada pelo mestrando da Universidade Federal de Santa Catarina, Fabio Moreira de Oliveira, no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, do programa de pós-graduação desta mesma universidade. Por favor, responda as perguntas à seguir com o máximo de sinceridade e não identifique sua folha de respostas, que deverá permanecer anônima. Para responder cada pergunta, não utilize nenhuma fonte de consulta. Responda apenas com o que lhe vem à mente em cada pergunta. Obrigado por sua participação voluntária neste trabalho.

## Questionário - Grupo II

01 - Quantos anos já fazem que você formou-se no ensino médio?

-----

**02** - Você considera importante ter estudado física na escola?

- (a) (\_\_\_\_\_) Considero muito importante.
- (b) (\_\_\_\_\_) Considero importante.
- (c) (\_\_\_\_\_) Considero mais ou menos importante.
- (d) (\_\_\_\_\_) Não considero importante.

**03** - Você vê aplicações da física que você estudou no ensino médio, em sua vida diária?

- (a) (\_\_\_\_\_) Vejo muitas aplicações.
- (b) (\_\_\_\_\_) Vejo algumas aplicações.
- (c) (\_\_\_\_\_) Vejo poucas aplicações.
- (d) (\_\_\_\_\_) Não vejo aplicação nenhuma.

**04** - Você dirige ou já dirigiu veículos automotores?

- (a) (\_\_\_\_\_) Nunca dirigi.
- (b) (\_\_\_\_\_) Já dirigi algumas vezes.
- (c) (\_\_\_\_\_) Dirijo frequentemente.
- (d) (\_\_\_\_\_) Dirijo diariamente.

**05** - Você considera necessário que as aulas de física das escolas brasileira abordem a temática “trânsito e segurança no trânsito”?

- (a) (\_\_\_\_\_) Muito necessário.
- (b) (\_\_\_\_\_) Pouco necessário.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não é necessário.

**06** - Porquê? Justifique sua resposta à pergunta anterior.

-----  
 -----

**07** - Nas linhas abaixo, cite quatro assuntos ou tópicos que você estudou no ensino médio e que considera importantes para quem dirige, ou seja, devem ser motivo de atenção por parte dos motoristas de carros ou caminhões.

01 - -----  
 02 - -----  
 03 - -----  
 04 - -----

**08** - Você gostaria de ter assistido aulas de física aplicada ao trânsito na autoescola, quando fez sua primeira habilitação?

- (a) (\_\_\_\_\_) Não.  
 (b) (\_\_\_\_\_) sim.  
 (c) (\_\_\_\_\_) Ainda não sou habilitado para dirigir.

**09** - Ao percorrer uma curva com velocidade elevada, seu carro acaba deslizando devido a uma poÃ§a de água na pista. Se a curva é para a direita, então você acabará saindo...

- (a) (\_\_\_\_\_) à esquerda da curva.
- (b) (\_\_\_\_\_) à direita da curva.
- (c) (\_\_\_\_\_) em frente.

**10** - Quando um caminhão colide frontalmente com um carro de passeio, a força que o caminhão exerce sobre o carro de passeio é maior do que a força que o carro exerce sobre o caminhão.

- (a) (\_\_\_\_\_) Sim.
- (b) (\_\_\_\_\_) Não.
- (c) (\_\_\_\_\_) As forças são iguais.

**11** - Os carros mais antigos possuem uma “lataria” muito mais resistente do que os carros mais modernos, e por isso mesmo, são mais seguros para o motorista e os passageiros em caso de colisão. Você concorda com esta afirmação?

- (a) (\_\_\_\_\_) Sim.
- (b) (\_\_\_\_\_) Não.

**12** - Algumas mães acreditam que o melhor lugar para transportar seus filhos recém-nascidos não é em cadeirinhas do tipo “bebê conforto”, mas em seu colo, no banco de trás. Elas então passam o cinto em si mesmas e seguram as crianças. Na sua opinião, isto é:

- (a) (\_\_\_\_\_) Correto.
- (b) (\_\_\_\_\_) Incorreto.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não sei dizer.

**13** - A parte do carro chamada que fica sobre o porta malas é chamada de tampão por alguns motoristas e de *porta pacotes* por outros. Este nome deve-se ao fato de que esta área foi feita para trans-

portar pequenos objetos com segurança. Com relação à esta afirmação, você:

- (a) (\_\_\_\_\_) concorda completamente, pois esta é a razão do nome desta p
- (b) (\_\_\_\_\_) discorda completamente.
- (c) (\_\_\_\_\_) concorda, mas apenas em alguns casos.



**APÊNDICE C – Questionário inicial - Grupo III**



A formatação deste documento está adaptada à esta página e difere, portanto, da original.

# A física e o trânsito

PESQUISADOR FABIO OLIVEIRA, MESTRANDO  
Universidade Federal de Santa Catarina  
starosta.fabio@gmail.com

## Apresentação

Este questionário preliminar que você está prestes a responder é parte integrante da pesquisa “*Aplicação do Texto Paradidático Física Básica Aplicada ao Trânsito em Turmas de Cursos Técnicos Subsequentes*”, realizada pelo mestrando da Universidade Federal de Santa Catarina, Fabio Moreira de Oliveira, no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, do programa de pós-graduação desta mesma universidade. Por favor, responda as perguntas à seguir com o máximo de sinceridade e não identifique sua folha de respostas, que deverá permanecer anônima. Para responder cada pergunta, não utilize nenhuma fonte de consulta. Responda apenas com o que lhe vem à mente em cada pergunta. Obrigado por sua participação voluntária neste trabalho.

## Questionário - Grupo III

01 - Quantos anos já fazem que você formou-se no ensino médio?

-----

**02** - Você considera importante ter estudado física na escola?

- (a) (\_\_\_\_\_) Considero muito importante.
- (b) (\_\_\_\_\_) Considero importante.
- (c) (\_\_\_\_\_) Considero mais ou menos importante.
- (d) (\_\_\_\_\_) Não considero importante.

**03** - Você vê aplicações da física que você estudou no ensino médio, em sua vida diária?

- (a) (\_\_\_\_\_) Vejo muitas aplicações.
- (b) (\_\_\_\_\_) Vejo algumas aplicações.
- (c) (\_\_\_\_\_) Vejo poucas aplicações.
- (d) (\_\_\_\_\_) Não vejo aplicação nenhuma.

**04** - Você dirige ou já dirigiu veículos automotores?

- (a) (\_\_\_\_\_) Nunca dirigi.
- (b) (\_\_\_\_\_) Já dirigi algumas vezes.
- (c) (\_\_\_\_\_) Dirijo frequentemente.
- (d) (\_\_\_\_\_) Dirijo diariamente.

**05** - Você considera necessário que as aulas de física das escolas brasileira abordem a temática “trânsito e segurança no trânsito”?

- (a) (\_\_\_\_\_) Muito necessário.
- (b) (\_\_\_\_\_) Pouco necessário.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não é necessário.

**06** - Porquê? Justifique sua resposta à pergunta anterior.

-----  
-----

**07** - Nas linhas abaixo, cite quatro assuntos ou tópicos que você estudou no ensino médio e que considera importantes para quem dirige, ou seja, devem ser motivo de atenção por parte dos motoristas de carros ou caminhões.

01 - -----  
02 - -----  
03 - -----  
04 - -----

**08** - Você gostaria de ter assistido aulas de física aplicada ao trânsito na autoescola, quando fez sua primeira habilitação?

- (a) (\_\_\_\_\_) Não.  
(b) (\_\_\_\_\_) Sim.  
(c) (\_\_\_\_\_) Ainda não sou habilitado para dirigir.

**09** - O atrito entre os pneus e o pavimento da estrada é uma coisa muito positiva em um veículo, pois torna-o mais fácil de ser dirigido. Você considera esta afirmação:

- (a) (\_\_\_\_\_) Correta.
- (b) (\_\_\_\_\_) Incorreta.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não sei dizer.

**10** - Se você tem um carro leve, pode correr na estrada da mesma forma que as pessoas que possuem veículos pesados, pois a aerodinâmica do carro não depende de seu peso. Com relação à esta afirmação, você:

- (a) (\_\_\_\_\_) Concorda completamente.
- (b) (\_\_\_\_\_) Discorda completamente.
- (c) (\_\_\_\_\_) Concorda apenas em alguns casos.

**11** - Ventos laterais são perigosos apenas para carros muito altos, como *VANS* e semelhantes, ou para motocicletas. Esta afirmativa é:

- (a) (\_\_\_\_\_) Verdadeira.
- (b) (\_\_\_\_\_) Falsa.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não sei responder.

**12** - Ao ultrapassar um caminhão, quanto mais leve for o seu carro, mais seguro você estará, pois a ultrapassagem ocorrerá rapidamente. Este argumento está:

- (a) (\_\_\_\_\_) Sempre correto.
- (b) (\_\_\_\_\_) Sempre incorreto.
- (c) (\_\_\_\_\_) Corretos em alguns casos
- (d) (\_\_\_\_\_) não sei dizer.

**13** - Normalmente, os carros possuem motor na frente, o que faz com que suas traseiras sejam mais leves e portanto, mais propícias a escorregarem e causarem o rodopio do carro em curvas. Por isso, os melhores pneus do carro devem ser montados na parte traseira do mesmo. Você considerar este argumento:

(a) (\_\_\_\_\_) Correto.

(b) (\_\_\_\_\_) Incorreto.

(c) (\_\_\_\_\_) Não sei dizer.



**APÊNDICE D - Questionário final - Grupo I**



A formatação deste documento está adaptada à esta página e difere, portanto, da original.

# A física e o trânsito

PESQUISADOR FABIO OLIVEIRA, MESTRANDO  
Universidade Federal de Santa Catarina  
starosta.fabio@gmail.com

## Apresentação

Este questionário final que você está prestes a responder é a última parte da pesquisa “*Aplicação do Texto Paradidático Física Básica Aplicada ao Trânsito em Turmas de Cursos Técnicos Subsequentes*”, realizada pelo mestrando da Universidade Federal de Santa Catarina, Fabio Moreira de Oliveira, no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, do programa de pós-graduação desta mesma universidade. Pedimos, mais uma vez, que você responda as perguntas à seguir com o máximo de sinceridade e que não identifique sua folha de respostas, que deverá permanecer anônima. Para responder cada pergunta, não utilize nenhuma fonte de consulta, nem ao mesmo o texto que você leu. Responda apenas com o que lhe vem à mente em cada pergunta. Mais uma vez, obrigado por sua participação voluntária neste trabalho.

## Questionário - Grupo I

**01** - Você considera que foi importante ter lido o texto sobre ‘física aplicada ao trânsito’ nesta pesquisa?

- (a) (\_\_\_\_\_) Foi muito importante.
- (b) (\_\_\_\_\_) Foi importante.
- (c) (\_\_\_\_\_) Foi mais ou menos importante.
- (d) (\_\_\_\_\_) Não foi importante.

**02** - Após ler este texto, você vê aplicações da física em sua vida diária?

- (a) (\_\_\_\_\_) Vejo muitas aplicações.
- (b) (\_\_\_\_\_) Vejo algumas aplicações.
- (c) (\_\_\_\_\_) Vejo poucas aplicações.
- (d) (\_\_\_\_\_) Não vejo aplicação nenhuma.

**03** - Agora, você considera que teria sido importante ter estudado 'física aplicada ao trânsito' durante os seus anos de escola?

- (a) (\_\_\_\_\_) Teria sido muito importante.
- (b) (\_\_\_\_\_) Teria sido um pouco importante.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não teria sido importante.

**04** - Em relação à pergunta anterior (pergunta 03), você mudou de ideia em relação ao que respondeu no questionário anterior? Porquê?

-----  
-----

**05** - Nas linhas abaixo, cite quatro tópicos (ou assuntos) de física que você considera importantes para quem dirige, ou seja, tópicos que devem ser motivo de atenção por parte dos motoristas de carros ou

caminhões.

01 - \_\_\_\_\_

02 - \_\_\_\_\_

03 - \_\_\_\_\_

04 - \_\_\_\_\_

**06** - Na sua opinião, seria importante para os motoristas que vão obter a habilitação, assistir aulas de física aplicada ao trânsito durante os cursos de autoescola?

- (a) (\_\_\_\_\_) Não.
- (b) (\_\_\_\_\_) Sim.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não sei responder.

**07** - Um carro está viajando em uma grande avenida com velocidade de aproximadamente **60km/h**, quando o motorista desvia seu olhar da estrada por apenas um segundo para verificar a estação de rádio que está sintonizada naquele momento. Estime quantos metros este carro deve andar neste tempo?

\_\_\_\_\_

**08** - O tempo de reação de um motorista é o tempo que e passa entre o instante em que ele vê um perigo à frente, e o instante em que ele efetivamente pisa nos freios. Na linha abaixo, diga qual você acredita que é o seu tempo de reação.

\_\_\_\_\_

**09** - Qual é a distância (em metros) que você acredita que per-

correrá durante o “tempo de reação”, que você indicou na pergunta anterior, se sua velocidade era inicialmente, de **72km/h**?

-----

**10 -** Considerando que em frente à uma escola, pode ser possível que uma criança distraída atravesse a rua repentinamente, correndo e sem olhar para os lados, qual você acredita que deveria ser o limite de velocidade neste local?

- (a) (\_\_\_\_\_) Adequado.
- (b) (\_\_\_\_\_) Muito baixo.
- (c) (\_\_\_\_\_) Muito alto.

**11-** Após ler o material que lhe foi fornecido, você acredita que sua percepção sobre a velocidade e a aceleração de veículos automotores:

- (a) (\_\_\_\_\_) Melhorou muito.
- (b) (\_\_\_\_\_) Melhorou um pouco.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não mudou nada

## APÊNDICE E – Questionário final - Grupo II



A formatação deste documento está adaptada à esta página e difere, portanto, da original.

# A física e o trânsito

PESQUISADOR FABIO OLIVEIRA, MESTRANDO  
Universidade Federal de Santa Catarina  
starosta.fabio@gmail.com

## Apresentação

Este questionário final que você está prestes a responder é a última parte da pesquisa “*Aplicação do Texto Paradidático Física Básica Aplicada ao Trânsito em Turmas de Cursos Técnicos Subsequentes*”, realizada pelo mestrando da Universidade Federal de Santa Catarina, Fabio Moreira de Oliveira, no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, do programa de pós-graduação desta mesma universidade. Pedimos, mais uma vez, que você responda as perguntas à seguir com o máximo de sinceridade e que não identifique sua folha de respostas, que deverá permanecer anônima. Para responder cada pergunta, não utilize nenhuma fonte de consulta, nem ao mesmo o texto que você leu. Responda apenas com o que lhe vem à mente em cada pergunta. Mais uma vez, obrigado por sua participação voluntária neste trabalho.

## Questionário - Grupo II

**01** - Você considera que foi importante ter lido o texto sobre ‘física aplicada ao trânsito’ nesta pesquisa?

- (a) (\_\_\_\_\_) Foi muito importante.
- (b) (\_\_\_\_\_) Foi importante.
- (c) (\_\_\_\_\_) Foi mais ou menos importante.
- (d) (\_\_\_\_\_) Não foi importante.

**02** - Após ler este texto, você vê aplicações da física em sua vida diária?

- (a) (\_\_\_\_\_) Vejo muitas aplicações.
- (b) (\_\_\_\_\_) Vejo algumas aplicações.
- (c) (\_\_\_\_\_) Vejo poucas aplicações.
- (d) (\_\_\_\_\_) Não vejo aplicação nenhuma.

**03** - Agora, você considera que teria sido importante ter estudado 'física aplicada ao trânsito' durante os seus anos de escola?

- (a) (\_\_\_\_\_) Teria sido muito importante.
- (b) (\_\_\_\_\_) Teria sido um pouco importante.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não teria sido importante.

**04** - Em relação à pergunta anterior (pergunta 03), você mudou de ideia em relação ao que respondeu no questionário anterior? Porquê?

-----  
-----

**05** - Nas linhas abaixo, cite quatro tópicos (ou assuntos) de física que você considera importantes para quem dirige, ou seja, tópicos que devem ser motivo de atenção por parte dos motoristas de carros ou

caminhões.

01 - \_\_\_\_\_

02 - \_\_\_\_\_

03 - \_\_\_\_\_

04 - \_\_\_\_\_

**06** - Na sua opinião, seria importante para os motoristas que vão obter a habilitação, assistir aulas de física aplicada ao trânsito durante os cursos de autoescola?

- (a) (\_\_\_\_\_) Não.
- (b) (\_\_\_\_\_) Sim.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não sei responder.

**07** - Ao percorrer um acurva com velocidade elevada, seu carro acaba deslizando devido a uma poça de água na pista. Se a curva é para a direita, então você acabará saindo...

- (a) (\_\_\_\_\_) à esquerda da curva.
- (b) (\_\_\_\_\_) à direita da curva.
- (c) (\_\_\_\_\_) em frente.

**08** - Se um caminhão **40** toneladas colide frontalmente contra um carro de apenas uma tonelada, ele exerce sobre o carro uma força...

- (a) (\_\_\_\_\_) igual à que o carro exerce sobre ele.
- (b) (\_\_\_\_\_) maior do que a que o carro exerce sobre ele.
- (c) (\_\_\_\_\_) menor do que a que o carro exerce sobre ele.

**09** - Antigamente os carros tinham “latas mais fortes”, e por isso

eram mais seguros para os passageiros. Você concorda com esta afirmação?

(a) (\_\_\_\_\_) Sim.

(b) (\_\_\_\_\_) Não.

**10** - Dentro de um carro, qual é a melhor maneira de transportar crianças recém-nascidas?

-----

**11** - Você sai da escola com amigos na carona de seu carro, de maneira que todos os lugares estão ocupados. Você olha e percebe que falta lugar sobre os bancos para levar sua bolsa de livros. Se você está com pressa e não quer usar o porta malas do carro, diga qual é a melhor maneira de levar sua bolsa, ou seja, qual é o elhor lugar para levá-la.

-----

**APÊNDICE F – Questionário final - Grupo III**



A formatação deste documento está adaptada à esta página e difere, portanto, da original.

# A física e o trânsito

PESQUISADOR FABIO OLIVEIRA, MESTRANDO  
Universidade Federal de Santa Catarina  
starosta.fabio@gmail.com

## Apresentação

Este questionário final que você está prestes a responder é a última parte da pesquisa “*Aplicação do Texto Paradidático Física Básica Aplicada ao Trânsito em Turmas de Cursos Técnicos Subsequentes*”, realizada pelo mestrando da Universidade Federal de Santa Catarina, Fabio Moreira de Oliveira, no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, do programa de pós-graduação desta mesma universidade. Pedimos, mais uma vez, que você responda as perguntas à seguir com o máximo de sinceridade e que não identifique sua folha de respostas, que deverá permanecer anônima. Para responder cada pergunta, não utilize nenhuma fonte de consulta, nem ao mesmo o texto que você leu. Responda apenas com o que lhe vem à mente em cada pergunta. Mais uma vez, obrigado por sua participação voluntária neste trabalho.

## Questionário - Grupo III

**01** - Você considera que foi importante ter lido o texto sobre ‘física aplicada ao trânsito’ nesta pesquisa?

- (a) (\_\_\_\_\_) Foi muito importante.
- (b) (\_\_\_\_\_) Foi importante.
- (c) (\_\_\_\_\_) Foi mais ou menos importante.
- (d) (\_\_\_\_\_) Não foi importante.

**02** - Após ler este texto, você vê aplicações da física em sua vida diária?

- (a) (\_\_\_\_\_) Vejo muitas aplicações.
- (b) (\_\_\_\_\_) Vejo algumas aplicações.
- (c) (\_\_\_\_\_) Vejo poucas aplicações.
- (d) (\_\_\_\_\_) Não vejo aplicação nenhuma.

**03** - Agora, você considera que teria sido importante ter estudado 'física aplicada ao trânsito' durante os seus anos de escola?

- (a) (\_\_\_\_\_) Teria sido muito importante.
- (b) (\_\_\_\_\_) Teria sido um pouco importante.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não teria sido importante.

**04** - Em relação à pergunta anterior (pergunta 03), você mudou de ideia em relação ao que respondeu no questionário anterior? Porquê?

-----  
-----

**05** - Nas linhas abaixo, cite quatro tópicos (ou assuntos) de física que você considera importantes para quem dirige, ou seja, tópicos que devem ser motivo de atenção por parte dos motoristas de carros ou

caminhões.

01 - \_\_\_\_\_

02 - \_\_\_\_\_

03 - \_\_\_\_\_

04 - \_\_\_\_\_

**06** - Na sua opinião, seria importante para os motoristas que vão obter a habilitação, assistir aulas de física aplicada ao trânsito durante os cursos de autoescola?

- (a) (\_\_\_\_\_) Não.
- (b) (\_\_\_\_\_) Sim.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não sei responder.

**07** - Quanto menor o atrito entre pneus do carro e o pavimento da rodovia, melhor será, pois mais econômico o carro será. Você considera este argumento:

- (a) (\_\_\_\_\_) Correto.
- (b) (\_\_\_\_\_) Incorreto.
- (c) (\_\_\_\_\_) Não sei dizer.

**08** - Carros muito leves são mais perigosos em velocidade elevadas, pois estarão mais sujeitos à efeitos aerodinâmicos que poderão fazer com que o motorista perca o controle dos mesmos. Com esta afirmação, você...

- (a) (\_\_\_\_\_) concorda completamente.
- (b) (\_\_\_\_\_) discorda completamente.
- (c) (\_\_\_\_\_) concorda apenas em alguns casos.

**09** - Ao viajar em uma pista sujeita à ventos laterais, você deve:

- (a) (\_\_\_\_\_) Continuar normalmente, pois o vento lateral afeta somente carros mais pesados.
- (b) (\_\_\_\_\_) Diminuir a velocidade, e prosseguir a viagem com atenção, independentemente do peso do veículo.
- (c) (\_\_\_\_\_) Parar o carro e esperar o vento passar, sempre.

**10** - Ao ultrapassar um caminhão com um carro muito leve, você deve ficar muito atento, pois o mesmo pode ser desviado por forças aerodinâmicas devidas à alta velocidade do vento entre o seu carro e o caminhão. Este argumento está:

- (a) (\_\_\_\_\_) Sempre correto.
- (b) (\_\_\_\_\_) Sempre incorreto.
- (c) (\_\_\_\_\_) Corretos em alguns casos.
- (d) (\_\_\_\_\_) não sei dizer.

**11** - Alguns motoristas preferem colocar os melhores pneus nas rodas traseiras dos carros. Na sua opinião, isso é correto? Por que?

-----

## APÊNDICE G – Autorização da escola





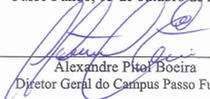
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense

#### TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA

Eu, Alexandre Pitol Boeira, Diretor-geral do campus Passo Fundo (Portaria de designação: D.O.U. 126, seção 2, pg. 125 de 2 de julho de 2017), do Instituto Federal Sul-rio-grandense, portador do C.P.F. nº 562671000-06, **AUTORIZO** o professor Dr. Lucas Nicolao (pesquisador responsável), professor efetivo do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, e o mestrando Fabio Moreira de Oliveira (pesquisador assistente), portador do C.P.F. 018.480.369-14, aluno do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal de Santa Catarina, sob matriculado nº 201601764, a realizarem procedimento experimental que consiste na aplicação de questionários preliminar e final, intercalados com a leitura por parte dos alunos, de um material paradidático versando sobre *física aplicada ao trânsito*, com os alunos curso técnico subsequente em mecânica, para a realização do Projeto de Pesquisa *“Aplicação do Texto Paradidático Física Básica Aplicada ao Trânsito em Turmas de Cursos Técnicos Subsequentes”*, que tem por objetivo primário estudar-se o estado de vinculação entre os conteúdos de física e de trânsito em alunos de uma turma de curso técnico subsequente, bem como analisar a posterior aquisição de conhecimentos após a leitura de um material paradidático voltado à estas temáticas.

Declaro que esta instituição te condições de realizar a pesquisa e ainda que respeitará os termos da resolução CNS Nº 466/2012, na qual baseia-se a referida pesquisa, e obedecendo as disposições legais estabelecidas na Constituição Federal Brasileira, artigo 5º, incisos X e XIV e no Novo Código Civil, artigo 20.

Passo Fundo, 03 de outubro de 2018

  
 Alexandre Pitol Boeira  
 Diretor Geral do Campus Passo Fundo - Campus Passo Fundo

*Dr. Alexandre Pitol Boeira*  
 Diretor-geral  
 Instituto Federal Sul-rio-grandense - Campus Passo Fundo

#### Câmpus Passo Fundo

Estrada Perimetral Leste, 150, Passo Fundo/RS – CEP: 99064-440  
 Telefone: (54) 3311.2916 – www.ifsul.edu.br



**APÊNDICE H - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE  
E ESCLARECIDO**



A formatação deste documento está adaptada à esta página e difere, portanto, da original.

# A física e o trânsito

PESQUISADOR FABIO OLIVEIRA, MESTRANDO  
Universidade Federal de Santa Catarina  
starosta.fabio@gmail.com

## Contatos do pesquisador coordenador:

Programa de Pós-Graduação em Física. Rua Roberto Sampaio Gonzaga, s/n, Campus Universitário - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas/CFM - Departamento de Física - sala 109, Trindade - Florianópolis - SC.

Tel. prof.: +55 48 3271-2860 e-mail:  
lucas.nicolao@ufsc.br

## Contatos do pesquisador assistente:

Endereço profissional: Instituto Federal Sul Riograndense, IFSul. Estrada Perimetral Leste, 150 - Lot. Parque Farroupilha, Passo Fundo - RS

Tel. prof.: +55 54 3311-2916 Tel. pes.: +55 54  
999.800.391

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Esta pesquisa será realizada apenas com alunos maiores de  
18 anos.)

Caro estudante: você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa *“Aplicação do Texto Paradidático Física*

*Básica Aplicada ao Trânsito em Turmas de Cursos Técnicos Subsequentes*". Esta pesquisa está associada ao projeto de mestrado de Fabio Moreira de Oliveira, do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, do departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

Esta pesquisa **justifica-se** no estudo e desenvolvimento de materiais e métodos de ensino de física do ensino médio que contemplem o disposto no artigo 76 do Código de Trânsito Brasileiro. Este artigo atribui às escolas de **1º**, **2º** e **3º** graus (ensinos fundamental, médio e superior, na nomenclatura atualizada) a missão de promover à educação para o trânsito, através do planejamento e realização de ações nesta temática.

Neste estudo, temos como **objetivo primário** estudar o estado de vinculação entre os conteúdos de física e de trânsito em alunos de uma turma de curso técnico subsequente (ou seja, saber como você percebe a ligação entre estes dois assuntos), bem como analisar a posterior aquisição de conhecimentos após a leitura de um material paradidático voltado à estas temáticas.

Para tanto, você será convidado à responder um questionário preliminar com 13 perguntas. Depois disso, você receberá um material didático sobre física aplicada ao trânsito. Você será convidado à ler este material, e depois da leitura, para completar, responderá um novo questionário com 11 perguntas. Pedimos que todas as respostas sejam espontâneas, ou seja, que você não utilize nenhum meio de consulta. Responda literalmente o que lhe vier a memória. Os dois **questionários serão anônimos**, e não resultarão em nenhum ganho ou perda de notas ou conceitos em nenhuma das disciplinas do curso que você está frequentando. Você não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo, nem durante e nem após a realização do mesmo.

Não há qualquer valor econômico, a receber ou a pagar, pela sua participação nesta pesquisa. No entanto, caso haja qualquer despesa devidamente comprovada como decorrente de sua participação nesta pesquisa, haverá o devido ressarcimento nos termos da lei vigente e aplicável. É garantida também a indenização em casos de danos materiais e/ou imateriais, comprovadamente decorrentes da sua participação nesta pesquisa, por meio de decisão judicial ou extrajudicial.

Você será esclarecido(a) sobre este estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador.

Os resultados finais da pesquisa serão enviados para você, por email, quando a mesma for finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

Como trata-se basicamente de uma atividade de leitura e aplicação de questionários, os **riscos aos quais você estará submetido** são basicamente de ordem psicológica: você poderá sentir-se chateado ou cansado ao esponder aos questionários ou ao ler o material que iremos lhe disponibilizar. Outro risco que precisamos considerar é o fato de que você poderá sentir-se tentado a manter ou até mesmo, reforçar condutas inadequadas no trânsito, mesmo tendo acesso as informações disponíveis no material paradidático que vamos lhe fornecer. Para trabalhar esta possibilidade, colocamo-nos à sua disposição para orientações técnicas adicionais. Um risco considerado comum à todas as pesquisas com seres humanos, e ao qual você também estará sujeito é o de quebra do sigilo sobre suas informações e respostas. Destacamos que os pesquisadores tomarão todos os cuidados e providencias para que o sigilo seja mantido de maneira adequada e que o fato dos questionários serem anônimos tenta impedir esta quebra de sigilo que, caso ocorra, será involuntária e não intencional, e será tratada na forma da lei vigente.

Por outro lado, acreditamos que serão maiores os **benefícios que você poderá obter** com este trabalho, uma vez que as informações disponibilizadas no material didático podem melhorar consideravelmente a compreensão que você faz do trânsito e isso pode até mesmo, manter sua saúde e sua vida preservadas.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, no Instituto Federal Sul-rio-grandense, campus Passo Fundo, onde o pesquisador é professor efetivo, e a outra será fornecida a você.

Caso ocorram danos decorrentes dos riscos previstos, os pesquisadores (responsável/coordenador e assistente de pesquisa) assumirão a responsabilidade pelos mesmos, comprometendo-se desde já em cumprir as exigências dispostas na resolução CNS 466/12, de 12 de dezembro de 2012.

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de Identidade \_\_\_\_\_ fui informado (a) dos objetivos do estudo “Aplicação do Texto Paradidático Física Básica Aplicada ao Trânsito em Turmas de Cursos Técnicos Subsequentes”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Passo Fundo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018.

-----  
Nome e Assinatura do participante, data.

-----  
Fabio Moreira de Oliveira, pesquisador assistente, data.

Em caso de **dúvidas** com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o: Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - CEPSH

Universidade Federal de Santa Catarina - Pró-reitoria de Pesquisa  
Prédio Reitoria II

Rua Desembargador Vitor Lima, **nº222**, sala **401**, Trindade,  
Florianópolis - Santa Catarina - CEP 88.040-400

Telefone: (48) 3721-6094 E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br