

## A ENGENHARIA MECÂNICA COMO FERRAMENTA DE SEGURANÇA AUTOMOTIVA: UM REVIEW SOBRE SEGURANÇA PASSIVA

**BICALHO, Ana Júlia Cozac**

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. anajulicb@gmail.com

**SOUZA, Jorge Henrique Gonçalves**

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. jorgesouzags@gmail.com

**GOMES, Fábio Souza**

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. fabioengenhairomec@gmail.com

### Resumo

A segurança do motorista e do passageiro é uma característica essencial tanto quanto o conforto e o desempenho de qualquer automóvel. O presente artigo tem como objetivo analisar sistemas de segurança passiva, com enfoque principalmente em cintos de segurança e *airbags*, baseando-se em revisões literárias. Estudos indicam que a combinação do uso de cinto de segurança e *airbags* é capaz de reduzir significativamente o risco de ferimentos em caso de colisão. Considerando as análises feitas por diversos estudiosos, pode-se considerar que os veículos estão cada vez mais seguros devido à avanços tecnológicos que proporcionam a criação de sistemas cada vez mais modernos e eficazes.

**Palavras-Chave:** Segurança Automotiva; Segurança Passiva; Cinto de Segurança; *Airbags*.

### 1. Introdução

Segundo estudos citados pela Organização das Nações Unidas (ONU), acidentes de trânsito são a oitava maior causa de mortes no mundo. De forma geral, grande parte destes acidentes são causados por fatores já conhecidos como alta velocidade, embriaguez, não utilização de dispositivos de segurança, ultrapassagens perigosas e falta de atenção e cuidado com pedestres e ciclistas. Todos esses fatores podem ser identificados e remediados. Existe, porém, uma lacuna entre o saber o que fazer e o fazê-lo de fato [21]. Por exemplo, é conhecimento comum a importância do uso do cinto de segurança. Sabe-se também que não utilizá-lo é considerado uma infração grave das leis de trânsito, infração essa que é punida com multa de \$127,69 além da dedução de cinco pontos na carteira. Ainda assim, levantamentos apontam que apenas 67% dos brasileiros utilizam cinto de segurança todas as vezes que andam de carro, e essa porcentagem cai para apenas 33% ao sentarem no banco de trás [7].

Para combater tais acidentes, ações internacionais para segurança no trânsito vem tomando proporções cada vez maiores, além de serem cada vez mais cobradas por organizações internacionais como a ONU. A própria ONU em Maio de 2011 lançou um campanha internacional chamada “Década de Ação pelo Trânsito Seguro”, cujo objetivo era salvar 5 milhões de pessoas. Em alguns países, a meta era atingir até zero acidentes com vítimas fatais no trânsito. Entretanto, a realidade atual no Brasil é outra, ocupando a 42ª posição entre os países que mais matam no trânsito. Segundo a Organização Mundial de Saúde, se considerado o número absoluto de mortes, ignorando a proporção em relação a população, o Brasil é o quarto país que mais tem mortes no trânsito, com 43.869 fatalidades em 2014 [5].

A Organização Pan Americana de Saúde (OPAS), e a Organização Mundial de Saúde (OMS), tem apoiado diversas ações para melhorar a segurança do trânsito no Brasil. A OMS implantou no país o projeto “Vida no Trânsito” que contou com o apoio do Governo Federal. O plano piloto foi desenvolvido entre 2010 e 2014 em cinco capitais brasileiras e o foco do projeto era a intervenção em dois fatores de riscos que são prioridades no Brasil: dirigir sobre efeito de bebidas alcoólicas e velocidade excessiva [14].

Designers e engenheiros automotivos também trabalham constantemente para reduzir estes números, incorporando no projeto dos automóveis atuais novas tecnologias desenvolvidas para sistemas de segurança ativa e passiva. É dessa maneira que a segurança dos ocupantes de automóveis é classificada. A primeira, denominada segurança passiva, trabalha para a prevenção de acidentes. Já a segunda, classificada como segurança ativa, trabalha para proteger o ocupante caso um acidente venha de fato ocorrer [22].

Este artigo tem como objetivo analisar sistemas de segurança passiva, com enfoque principalmente em cintos de segurança e *airbags*. Serão descritos seu histórico, funções, componentes, além de recomendações e conscientização sobre o uso adequado.

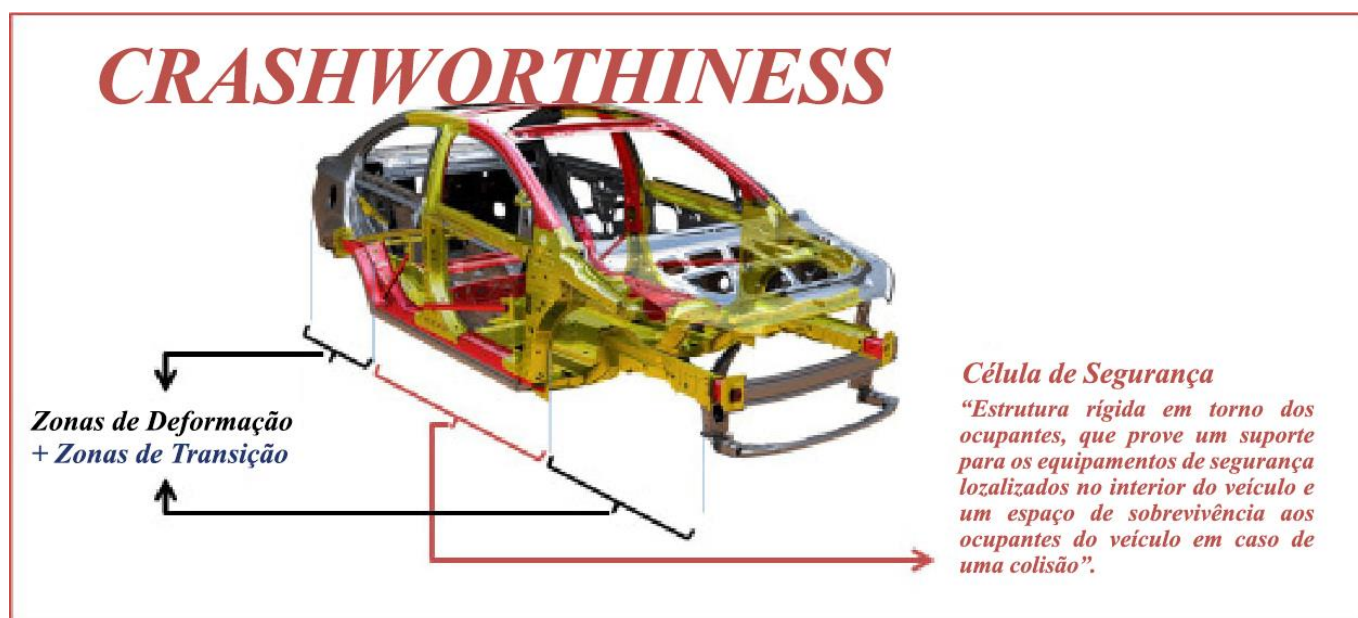
## 2. Metodologia

Esse trabalho foi elaborado a partir de uma revisão de literatura. Foram consultados livros, artigos de periódicos, relatórios governamentais, teses e dissertações. Procurou-se restringir as pesquisas a estudos de maior relevância e relação no âmbito da engenharia mecânica. Foram revisadas literaturas em português e em inglês, no intuito de obter maior abrangência. Não foram estabelecidos limites quanto à data de publicação do material de estudo, entretanto foi levado em consideração o cuidado para obter-se as informações e dados mais atuais possíveis.

## 3. Impactos Veiculares

Durante uma colisão, a primeira defesa dos ocupantes é feita pela estrutura do veículo. Ao sofrer um impacto, a estrutura do veículo deve de fato deformar-se, e essa deformação pode ser controlada se a carga do impacto for dissipada e distribuída de melhor forma visando proteger os ocupantes (Figura 01). A capacidade que a estrutura do veículo tem em proteger os ocupantes durante o impacto é chamada de *crashworthiness* [8].

Figura 01: *Crashworthiness* – Proteção à colisão.



Fonte: [8]

### 3.1. Testes de Impacto Utilizando a Simulação Computacional

Com o grande desenvolvimento da área computacional, e na grande capacidade de processamentos dos computadores tornou viável os cálculos estruturais de veículos em método dos elementos finitos. Com este avanço é possível atualmente simular fenômenos complexos como os ensaios de impactos veiculares.

Na atualidade os veículos são desenvolvidos para dar o máximo possível de segurança e conforto aos ocupantes, com o auxílio de técnicas de simulação computacional isso se tornou mais rentável e acessível para as grandes fabricantes de veículos. Simulação computacional permitiu criar vários testes de impacto veicular virtual. O carro de hoje possui uma célula de sobrevivência rígida, que é a estrutura do carro, as deformações ocorridas causadas por impactos tanto frontal quanto traseira ocorrem de maneira controlada para absorver o impacto [11].

**Figura 02:** Impacto frontal a 64 km/h contra uma barreira deformável com 40% de sobreposição – Veículo 1997.



Fonte: [11]

**Figura 03:** Impacto frontal a 64 km/h contra uma barreira deformável com 40% de sobreposição – Veículo 2007.

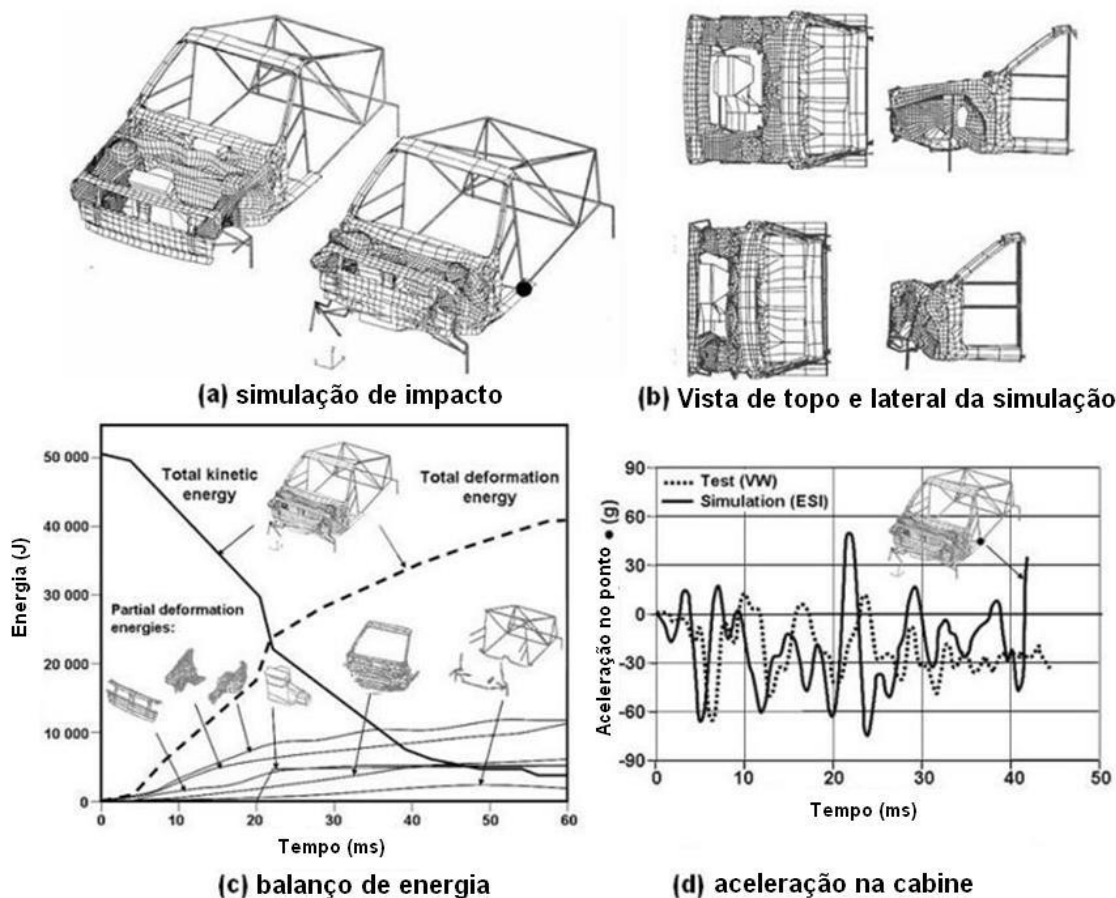


Fonte: [11]

A simulação computacional é uma forma de recriar virtualmente um teste de impacto como o demonstrado nas figuras 02 e 03, com o objetivo de examinar o nível de segurança do veículo e seus ocupantes. Durante a simulação, parte da energia cinética que o veículo possui antes do impacto é transformada em energia de deformação devido à deformação elástica e plástica do material usado na estrutura do carro. Outras formas de dissipação de energia são através da geração de calor ou som. Os dados obtidos através da simulação mostra a capacidade em que a estrutura do veículo tem para proteger os seus ocupantes durante a colisão [11].

As primeiras simulações utilizando o método de elementos finitos necessitava apenas da geometria e da propriedades mecânicas dos materiais como dados de entrada para a geração do modelo numérico. A partir de 1986 aconteceu a primeira simulação de impacto utilizando elementos finitos, a figura 04 mostra um Volkswagen polo colidindo com uma barreira rígida de concreto [11].

Figura 04: Simulação de impacto frontal de um VW Polo – 1986 (a), vista de topo e lateral da simulação (b), gráfico de balanço de energia (c), e gráfico de aceleração na cabine (d).



Fonte: [11]

O maior benefício das simulações de impactos está no fato de que é possível avaliar os resultados de um teste físico real sem a necessidade de destruir um protótipo. Isso possibilita a flexibilidade do pós-processamento gráfico do modelo e possibilita aos projetistas resolverem problemas que seriam impossíveis sem a ajuda de um computador [11].

A análise de equilíbrio de um sistema linear dinâmico num sistema de elementos finitos é dada a partir da seguinte equação:

$$M\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + Ku(t) = F(t) \quad (1)$$

Onde:

M = Matriz de massa;

C = Matriz de amortecimento;

K = Matriz de rigidez;

F = Vetor dos carregamentos externos;

$\ddot{u}, \dot{u}$ , e  $u$  = Vetor de aceleração, velocidade e deslocamento respectivamente.

Assim temos que  $Mu_3(t)$  refere-se as forças de inércia,  $Cu_2(t)$  refere-se as forças de amortecimento, e  $Ku_1(t)$  refere-se as forças elásticas, todas dependentes do tempo. Desta forma, numa análise dinâmica, o equilíbrio no instante de tempo  $t$ , inclui o efeito das forças inerciais dependentes da aceleração e das forças de amortecimento dependentes da velocidade.

Essa equação representa matematicamente um sistema de equações lineares de segunda ordem. Tal equação de equilíbrio pode ser simplificada como:

$$f_1 + f_D + f_{int} = p(t) \quad (2)$$

Onde:

$$\begin{aligned}f_1 &= M\ddot{u}; \ddot{u} = \frac{d^2u}{dt^2} && \rightarrow \text{Aceleração} \\f_D &= C\dot{u}; \dot{u} = \frac{du}{dt} && \rightarrow \text{Velocidade} \\f_{int} &= Ku; u && \rightarrow \text{Deslocamento}\end{aligned}$$

Esta análise possibilita encontrar as tensões e deformações plásticas dos elementos, que por sua vez possibilita um melhor entendimento da dinâmica dos acidentes veiculares. Tal entendimento ajuda a entender a importância dos dispositivos de segurança nos veículos.

#### 4. Sistemas de Segurança Passiva

A segurança do motorista e do passageiro é uma característica essencial tanto quanto o conforto e o desempenho de qualquer automóvel. Essa segurança é classificada em duas áreas. A primeira sendo projetada para evitar colisões, denominada segurança ativa, e a segunda, projetada para proteção do ocupante em casos de colisão, denominada segurança passiva.

Os recursos de segurança passiva funcionam para proteger os ocupantes do veículos de maiores ferimentos em um acidente. Sua maior função é garantir que o espaço ocupado pelos passageiros seja o mais seguro possível, e para que tais passageiros permaneçam nesse espaço durante uma colisão. As zonas de deformação, por exemplo, ajudam a absorver e distribuir as forças do impacto, antes que ela chegue aos ocupantes. De forma similar os cintos de segurança, *airbags* e encostos de cabeça ajudam a manter os ocupantes parados e fixos em seus lugares [22].

Alguns conceitos básicos de física podem ser utilizados para melhor explicar a engenharia por trás de um sistema de segurança. A Primeira Lei de Newton afirma que um objeto em movimento uniforme permanecerá nesse estado de movimento a menos que tenha seu estado alterado pela ação de uma força externa. Enquanto isso, a Terceira Lei de Newton diz que para cada ação há uma reação de mesma intensidade, mesma direção e em sentido oposto. Objetos em movimento têm momento, que é o produto da massa vezes a velocidade de um objeto. A menos que uma força externa atue sobre o objeto, ele continuará a se mover em sua velocidade inicial.

Em uma situação envolvendo um automóvel, contamos com diversos objetos além do próprio veículo, como objetos soltos e passageiros por exemplo. A menos que sejam contidos, o conteúdo do carro continuará se movendo à velocidade do carro, remetendo à Primeira Lei de Newton, mesmo que o carro seja parado por uma colisão, como afirmado pela Terceira Lei.

Uma força constante na direção oposta do movimento do carro é necessária para parar com segurança o momento de objetos dentro do veículo. Quando um carro colide em alta velocidade, uma força muito grande é necessária para parar os objetos no seu interior porque o momento do carro mudou instantaneamente, enquanto o do passageiro não mudou. Assim, o objetivo dos cintos de segurança e sistemas de *airbags* é ajudar a parar os passageiros com o mínimo de dano possível [13].

Com isso pode-se dizer que existem dois conceitos essenciais a serem considerados ao analisar como estes sistemas de segurança agem: impulso e pressão. Durante uma colisão, ocorre uma desaceleração da velocidade inicial em que o condutor estava dirigindo, para uma condição de repouso. Giordon Stark, Doutor em Física pela Universidade de Chicago [19] explica que considerando a força de impulso como uma variação de momento durante essa desaceleração, temos:

$$F\Delta t = m\Delta v \equiv I \quad (3)$$

Independentemente de qualquer especificidade, calcula-se então que a variação de momento é a mesma que a velocidade inicial. Sendo assim, para atingir o objetivo dos sistemas de segurança de reduzir a quantidade de força atuando nos ocupantes durante a colisão, o objetivo é aumentar o tempo durante o qual essa desaceleração ocorre. Ao considerar o conceito de pressão, analisa-se que pressão é “força por unidade de área”, portanto temos:

$$P = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Para reduzir o impacto que um *airbag* por exemplo exerce sobre os ocupantes do automóvel, ele deve ter uma área de superfície grande o suficiente para distribuir essa força sobre o corpo de uma pessoa e assim minimizar os possíveis ferimentos [19].

Neste artigo serão analisados sistemas de cintos de segurança e *airbags*, observando sua funcionalidade, evolução, e como a eficiência de um está diretamente ligada ao outro.

## 5. Cintos de Segurança

O cinto de segurança hoje em dia tornou-se indispensável para os motoristas. É impossível pensar em um carro sem cinto de segurança. O cinto de segurança é um dispositivo de segurança passivo que tem como função principal a retenção do ocupante, evitando que em uma colisão ou parada repentina, o corpo do ocupante seja projetado do assento, vindo a se ferir com maior gravidade [8].

O cinto de segurança é um dispositivo simples que serve para proteger a vida de todos ocupantes do veículo e diminuir as consequências dos acidentes, os passageiros sentados no banco traseiro, sem os cintos de segurança, não somente se põem em perigo, como também colocam em perigo os passageiros dos bancos dianteiros [8].

### 5.1. Breve Histórico

O primeiro cinto de segurança foi patenteado em 1895, nos Estados Unidos. Mas apenas em 1959, o Corvette fabricado pela Chevrolet, passou a ser equipado com cintos de segurança do tipo abdominal. O cinto de três pontos, preso à estrutura do veículo, não ao assento, foi desenvolvido pelo engenheiro sueco Nils Bohlin, da Volvo, em 1959 [8].

### 5.2. Componentes

#### 5.2.1. Pré-tensionador

O pré-tensionador tem a função de contrair o cinto durante o início do evento de *crash*, sua função é de aumentar a efetividade do sistema de retenção, ele atua na eliminação de folgas existentes nas primeiras frações de segundo que antecedem uma colisão, isso faz com que o ocupante do veículo fique preso ao acento, evitando ao máximo qualquer tipo de deslizamento. Outro fator importante é posicionar o ocupante em uma posição correta para o recebimento do *airbag* [20].

Os pré-tensionadores mais conhecidos utilizam dispositivos pirotécnicos ou elétricos, acionados pelo mesmo sistema de sensores que ativam os *airbags*. Esse dispositivo aciona um pistão que está ligado ao cinto de segurança fazendo com que ele reduza a sua folga, conforme pode ser observado nas imagens abaixo (Figura 05 e 06). O cinto é tracionado até uma determinada força limite de 4.5KN. Com a retenção do ocupante na posição correta, o sistema de *airbag* trabalha com uma maior eficiência [8].

Figura 05: Funcionamento de pré-tensionadores.

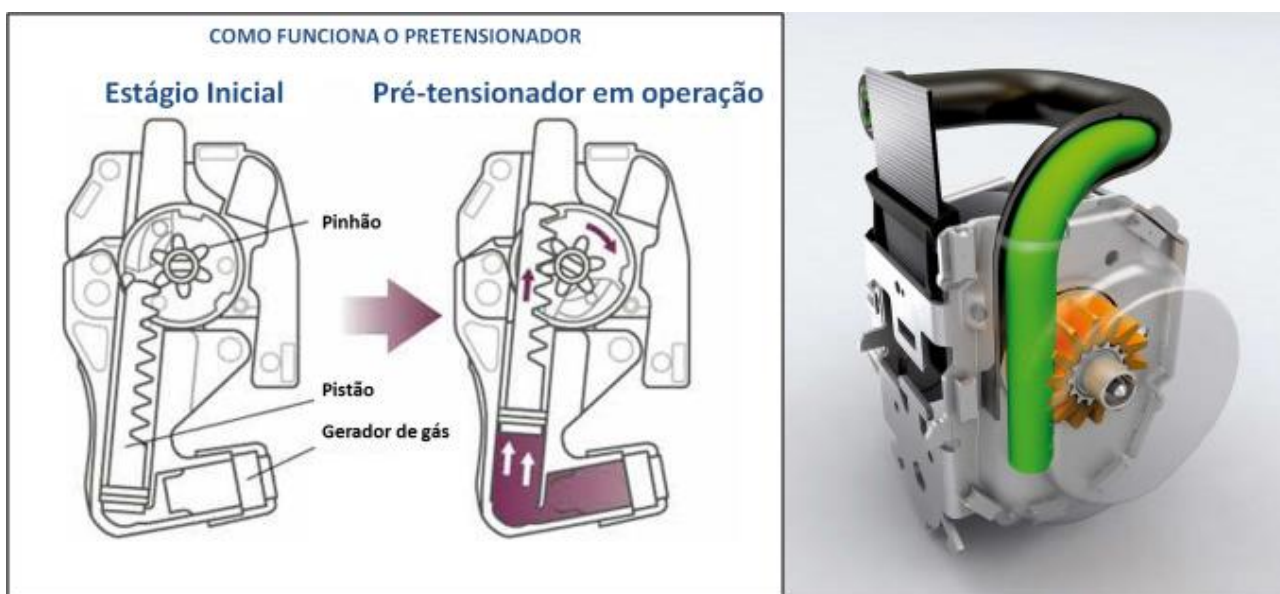
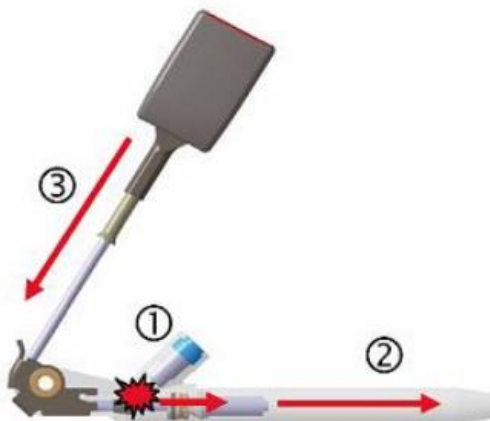


Figura 06: Exemplo de pré-tensionador no terminador do cinto.



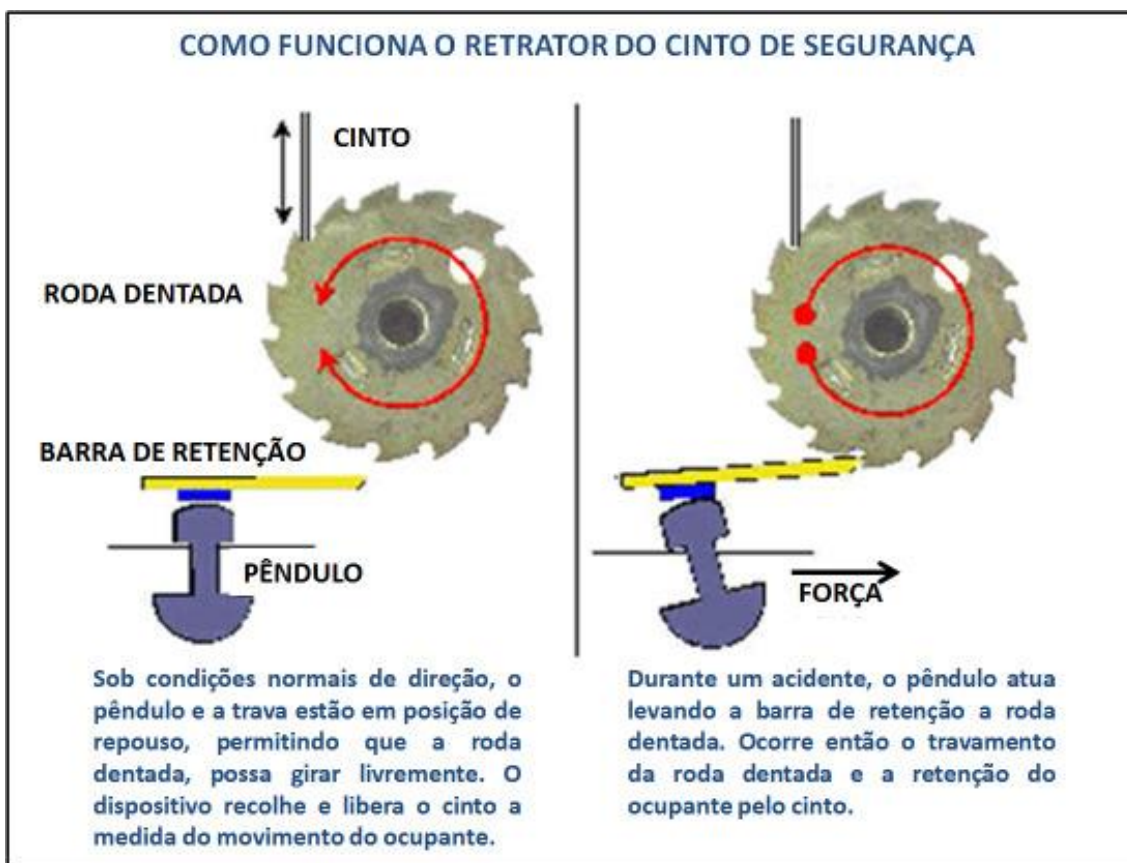
Fonte: [17]

Como pode ser observado na figura, depois do acionamento do gerador de gás a pressão no interior do cilindro aumenta (1). O pistão então se desloca (2) puxando o terminador do cinto para baixo através de um cabo (3).

### 5.2.2. Retrator

O retrator tornou o uso do cinto de segurança um pouco mais confortável. O dispositivo oferece uma certa mobilidade ao ocupante do veículo, permitindo o recolhimento e a liberação do cinto à medida em que se movimenta. Sua tensão é controlada por uma mola que está ligada a uma trava conforme observa-se na figura 07.

Figura 07: Funcionamento de um retrator.



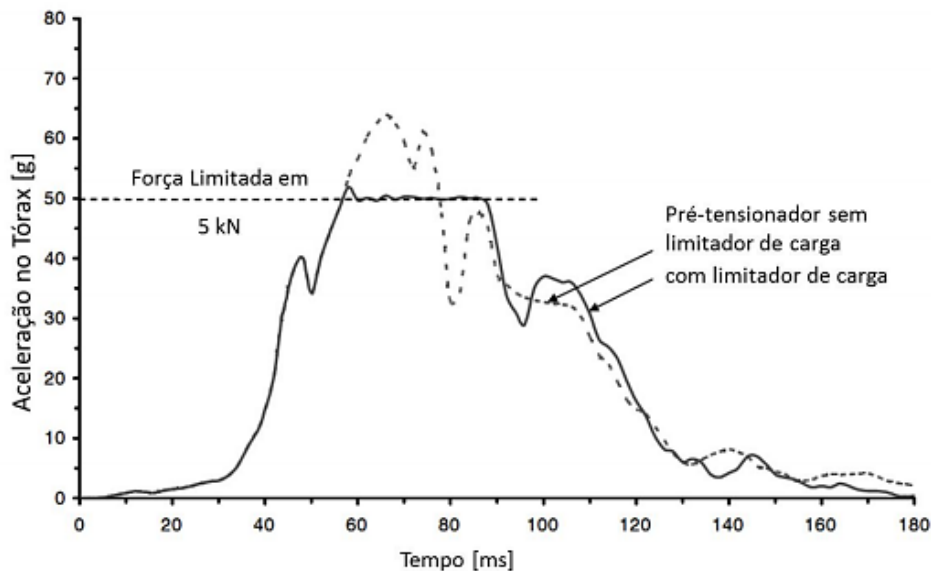
Fonte: [8]

Esta trava está ligada a uma esfera encaixada em um furo menor que seu diâmetro, e é posicionada apenas pela gravidade. Quando ocorre um impacto ou movimento mais brusco, esta esfera se desloca. Esse deslocamento da esfera move uma alavanca que se encaixa no eixo da bobina causando o travamento do cinto e, conseqüentemente, a retenção do ocupante [20].

### 5.2.3. Limitador de Carga

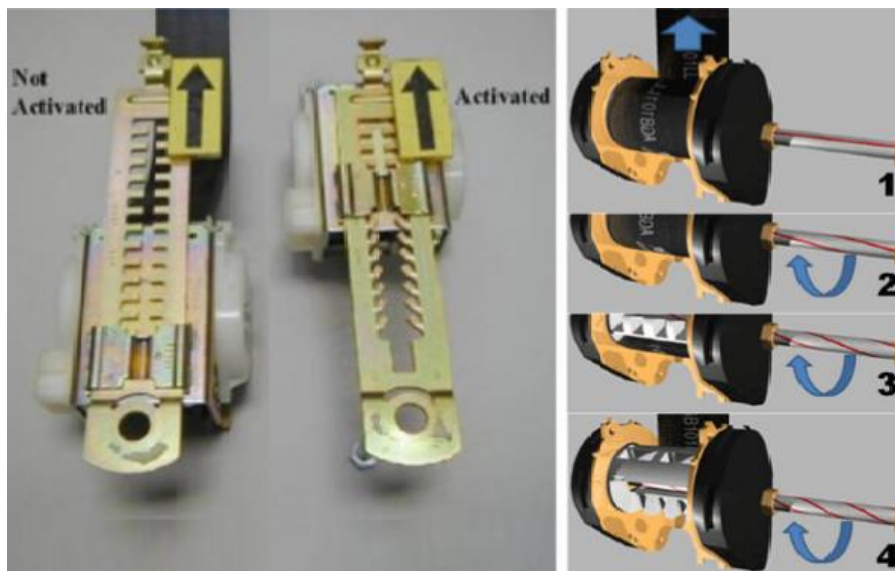
As forças de retenção aplicadas nos ocupantes pelo cinto de segurança são dissipadas no corpo humano através das estruturas ósseas. Para evitar forças de pico que possam causar maiores ferimentos nos ocupantes na região do tórax, foram criados os limitadores de cargas que atuam no controle da carga aplicada no cinto de segurança. Ele tem a função de liberar parcialmente o cinto quando uma determinada força de tração é alcançada, e isso ajuda a minimizar o impacto sobre o peito do ocupante. Neste processo, o ocupante absorve a energia através de uma lamina de aço que sofre deformação plástica, ou de uma mola de torção. Ele fica normalmente localizado no retrator, no terminal do cinto preso ao assento, no regulador de altura, e no próprio cinto. A figura 08 mostra a eficiência do limitador de carga (Figura 09) para a aceleração do tórax [9].

Figura 08: Exemplo de ação do limitador de carga na redução de aceleração do tórax.



Fonte: [9]

Figura 09: Limitadores de carga mecânicos tipo barra dentada e tipo barra torcida.



Fonte: [8]



### 5.3. Uso Adequado

O uso correto do cinto de segurança é essencial para que haja uma melhor eficiência em casos necessários. O cinto de segurança deve sempre seguir esses modos de utilização, posicionando o cinto da região subabdominal, na região abaixo da barriga. A faixa superior não deverá ficar muito acima ou abaixo do ombro, tendo em vista que pode prejudicar na condução.

O cinto de segurança deve ser sempre ajustado ao corpo de quem utiliza-o, principalmente se o veículo não for equipado com pré-tensionadores. Eles devem ser utilizados mesmo em veículos com *airbag*. É obrigatório também o uso de cintos de segurança mesmo nos bancos de trás dos veículos [8].

## 6. Airbags

O *airbag* é um sistema de segurança passiva automotiva. É essencial para a segurança tanto do motorista quanto do passageiro. O sucesso do seu funcionamento porém, depende da implementação correta e do cumprimento de algumas regras de segurança.

*Airbags* funcionam como um sistema de retenção dos ocupantes que consiste em um envelope de tecido flexível ou almofadado projetado para inflar rapidamente durante uma colisão automobilística. Seu objetivo é amortecer o impacto dos ocupantes durante um acidente e protegê-los de choque com os demais ocupantes, bem como as superfícies rígidas do automóvel. Assim, o sistema é capaz de reduzir o número de lesões reduzindo a força exercida pelo volante, painel ou qualquer outro objeto interno no corpo. Isto pode ser alcançado de duas maneiras: aumentando o intervalo sobre a força sendo aplicada ou espalhando o impacto por uma área maior do corpo [16].

### 6.1. Breve Histórico

Os primeiros conceitos de *airbags* começaram a ser discutidos nos anos 60. Aproximadamente 10 anos depois, em 1973, tem-se registros de uma patente desenvolvido por John Hetrick, um engenheiro industrial aposentado. Em sua patente, Hetrick descrevia o sistema como “uma almofada de segurança para veículos automotivos”. A ideia surgiu após o engenheiro sofrer um acidente ao desviar o carro da família de uma rocha no caminho. Para evitar que a filha de apenas 7 anos se chocasse contra o painel do carro, Hetrick se viu obrigado a tirar as mãos do volante para segurá-la [4].

Pensando nas necessidades de segurança automotiva cada vez mais evidentes, estudos foram aprofundados, especialmente pelos fabricantes Europeus. De 1967 em diante o desenvolvimento de sistemas de segurança passiva se intensificaram pela Mercedes-Benz. Por volta do mesmo período, em meados dos anos 70, a *General Motors* lançou seus primeiros sistemas de *airbags* no mercado nos Estados Unidos [16].

Os primeiros sistemas de *airbag* desenvolvidos não eram práticos além de ter um custo relativamente alto. A principal preocupação do projeto era o armazenamento e a liberação de gás comprimido. Eram questionadas coisas como onde armazenar o contêiner de gás no carro, como desenvolver um mecanismo que permitisse que o gás se expandisse rapidamente, e como ter certeza de que o gás armazenado teria uma vida útil pelo menos igual à do carro. Além disso, a indústria automobilística descobriu que, para ser eficaz, um *airbag* deve ser acionado e inflado dentro de 40 milissegundos. Os sistemas de *airbags* também devem ser capazes de diferenciar entre colisões maiores e menores [13].

Essas questões foram abordadas na década de 1970 com a invenção de pequenos propulsores, dispositivos que iniciam uma reação química que libera gás de nitrogênio quente no *airbag*. Este dispositivo foi um importante passo no desenvolvimento da tecnologia de *airbags*, já que permitiu o uso comum de sistemas de *airbag* comercial que estão disponíveis desde o final dos anos 80 [13]. Em Dezembro de 1980, o primeiro automóvel com *airbags* para o motorista foi lançado pela Mercedes Benz. A partir de 1988, os passageiros da frente também estavam protegidos por um *airbag*. E assim, desde o início dos anos noventa, todos os fabricantes de automóveis têm oferecido *airbags* seja como uma característica padrão ou um opcional extra, até mesmo em carros de classe compacta [23].

### 6.2. O Sistema de Airbags

O sistema de *airbag* consiste em três partes básicas: um módulo de *airbag*, um sensor de colisão e uma unidade eletrônica de controle. Alguns sistemas possuem ainda um interruptor “Liga/Desliga” para desativar o sistema, conforme podemos observar na figura 10. O módulo de controle é responsável por monitorar o sistema de *airbag*. Ele é ativado assim que o veículo é ligado, e ao sinal de qualquer falha, aciona

uma luz no painel para alertar o motorista. Em sua maioria, tais módulos possuem uma memória que é capaz de armazenar energia elétrica para acionar o *airbag* mesmo se a bateria do veículo for destruída logo no início do acidente [15].

Figura 10: Botão “liga/desliga” para um sistema de *airbags*.

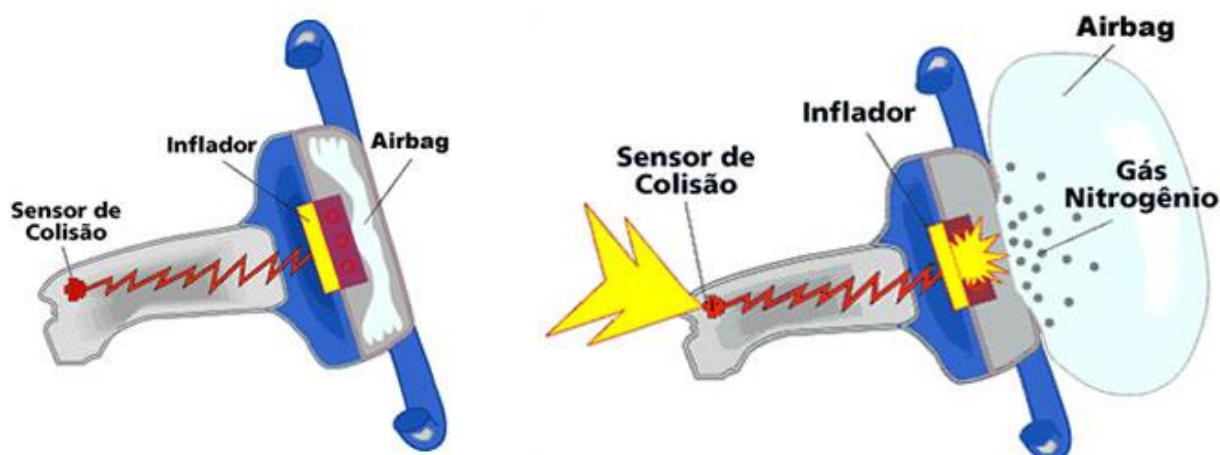


Fonte: [16]

O sistema de *airbags* deve ser projetado para funcionar em uma fração de segundo. O *airbag* deve inflar rápido o suficiente e deflacionar na hora certa, diminuindo a velocidade do passageiro para zero uniformemente, em vez de forçar uma parada abrupta do movimento evitando assim possíveis ferimentos no passageiro. Além disso, o *airbag* também deve permanecer intacto em colisões de baixa velocidade. Há casos em que os passageiros foram feridos, não pelo impacto de baixa velocidade, mas pela força do contato do *airbag* em seu corpo. Todas essas restrições devem ser levadas em consideração no projeto de um sensor de colisão que possa detectar o impacto e disparar a bolsa para inflar [13].

O sensor de colisão é basicamente uma esfera de aço que desliza dentro de um cilindro. A esfera é mantida no lugar por um ímã ou uma mola rígida, que inibe o movimento da bola quando o carro passa por buracos. Quando o carro desacelera muito rapidamente, como em uma colisão frontal, a esfera repentinamente se move para frente e ativa um circuito elétrico. Este circuito inicia o processo de inflar o *airbag*. Essa sequência pode ser observada no diagrama da figura 11. Os sensores eletrônicos usam um acelerômetro microscópico gravado em um chip de silício [13].

Figura 11: Sequência de acionamento de *airbags*.



Fonte: [22]

Ao ativar o sistema de *airbag*, uma série de reações químicas ocorrem entre azida sódica altamente tóxica ( $\text{NaN}_3$ ), nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ) e dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) para inflar a bolsa. Depois que o sensor de colisão aciona o circuito elétrico, ele cria uma condição de alta temperatura necessária para que o  $\text{NaN}_3$  se decomponha. Durante sua decomposição, o  $\text{NaN}_3$  produz sódio ( $\text{Na}$ ) e nitrogênio ( $\text{N}_2$ ). Um pulso rápido do gás nitrogênio quente ( $\text{N}_2$ ) é liberado de um gerador de gás em até 300 km/h, enchendo o *airbag*, que é feito de tecido de nylon fino. O gás de nitrogênio em contato com o  $\text{NaN}_3$  altamente tóxico o converte em um gás inofensivo. Já o  $\text{KNO}_3$  e o  $\text{SiO}_2$  estão presentes para remover o sódio metálico ( $\text{Na}$ ) altamente reativo e potencialmente explosivo, convertendo-o em um material inofensivo. Todo esse processo acontece em aproximadamente 40 milissegundos. Idealmente, o corpo do motorista ou passageiro não deve bater no *airbag* enquanto ele ainda estiver inflando. Para garantir proteção máxima o *airbag* deve começar a esvaziar, diminuindo a sua pressão interna, antes do corpo o atingir. Caso contrário, a alta pressão interna do *airbag* criaria uma superfície tão dura quanto pedra, e não a almofada protetora que é esperada [10].

### 6.3. Tipos de Airbags

Visando resguardar a segurança dos ocupantes do automóvel, variações e diferentes tipos de *airbags* vem sendo desenvolvidos. Os *airbags* frontais, também chamado *airbag* duplo, é acionado para a proteção do motorista e do passageiro dianteiro, evitando que se choquem com o painel ou vidro dianteiro em casos de impacto. Além dele, diversas marcas já oferecem como opcionais os *airbags* laterais, que impedem o choque com as colunas do automóvel, e os *airbags* de cortina, que impedem uma colisão com os vidros laterais [1].

Em um *airbag* frontal, o único atualmente obrigatório no Brasil, o módulo do *airbag* do motorista está localizado no cubo do volante, enquanto o módulo do passageiro está localizado no painel de instrumentos, como pode ser observado na figura 12.

Figura 12: *Airbag* frontal duplo.



Fonte: [1]

Quando totalmente inflado, o *airbag* do motorista tem aproximadamente o diâmetro de uma grande bola de praia, já o do passageiro pode ser duas ou três vezes maior. Isso se justifica uma vez que a distância entre o passageiro dianteiro direito e o painel instrumental é muito maior que a distância entre o motorista e o volante [15].

### 6.4. O Uso de Airbags

Recentemente o Brasil tem tomado medidas importantes e dado passos essenciais em direção à melhora da segurança automotiva. Em 18 de Março de 2009, a lei 11910 do Código de Trânsito Brasileiro estabeleceu a obrigatoriedade do uso de *airbags* para o condutor do veículo e para o passageiro dianteiro.

Assim, tornou-se obrigatório que veículos nacionais, a partir de 2014, deveriam sair de fábrica contendo o dispositivo de *airbags* frontais [6].

O uso de *airbags* aumenta a chance de sobrevivência num cenário de acidente veicular. Entretanto, é importante lembrar-se que *airbags* são classificados como um sistema de contenção suplementar. Isso significa que seu uso e sua eficiência está diretamente ligado ao uso do cinto de segurança, e que ambos devem atuar em conjunto. Em casos de impacto, os ocupantes do veículo são projetados em direção ao volante, para-brisa, ou painel do automóvel, podendo resultar em lesões. Isso acontece mesmo com o uso do cinto de segurança, e é então que entra em atuação o sistema de *airbags*, complementando a segurança oferecida pelo cinto [2].

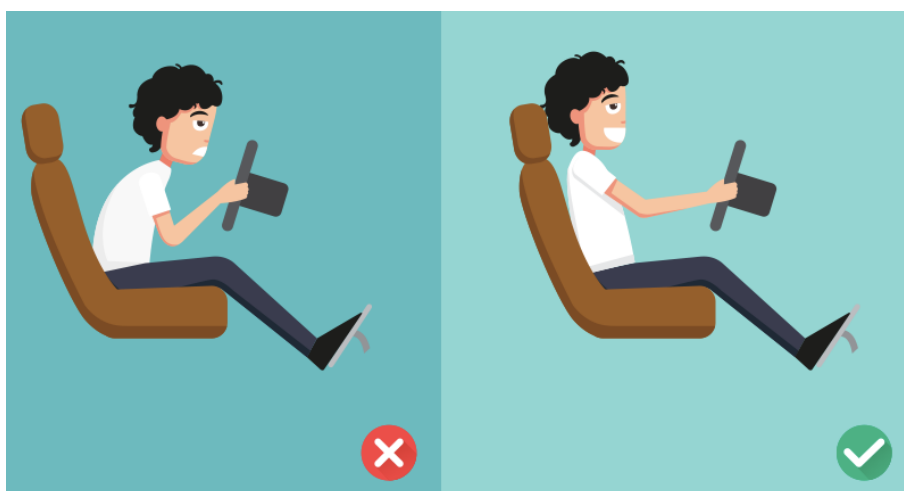
## 6.5. Cuidados e Riscos

Ainda que o uso de *airbags* já tenha salvado diversas vidas, são precisos alguns cuidados para garantir a segurança de seu uso. Em casos menos graves, alguns pequenos ferimentos podem ocorrer como resultado do atrito da bolsa inflável com a pele do ocupante. Já mau usos mais alarmantes, podem resultar até mesmo em morte.

Infelizmente, até mesmo nos dias atuais são comuns algumas lesões em passageiros de veículos equipados com *airbags*. Entre as mais comuns estão a abrasão de pele devido ao atrito com a bolsa inflável, dano à audição devido ao barulho da expansão, lesões na cabeça, dano aos olhos aos usuários de óculos, além de fraturas aos ossos do nariz, dedos, mãos e braços [6].

Muitos desses riscos podem ser evitados pela conscientização e utilização correta do equipamento. É essencial, por exemplo, que o ocupante do veículo mantenha uma postura correta a todo tempo como demonstrado na figura 13.

Figura 13: Postura ideal para ocupantes de automóveis.



Fonte: [3]

A velocidade do *airbag* durante sua inflação pode chegar em até 300 km/h e, se o ocupante estiver em uma posição incorreta, o impacto pode causar ferimentos em vez de protegê-lo. É importante que o contato com o *airbag* se dê quando ele já estiver murchando, assim, se o ocupante estiver muito próximo ou muito distante, isso será afetado. Segundo dicas do Segurança em Trânsito, o motorista, por exemplo, deve manter-se a uma distância aproximada de 25cm do volante. Já para passageiros, o recomendável é que estejam a pelo menos 40cm do painel. Além disso, a posição do banco é muito importante, uma vez que deve estar apenas levemente inclinado. Ademais, colocar os pés sobre o painel, por exemplo, pode ser extremamente perigoso, e o impacto ao inflar da bolsa de *airbag* pode inclusive quebrar as pernas do passageiro [1].

## 7. Relação entre *Airbags* e Cinto de Segurança

Segundo levantamentos da assessoria de imprensa da Perkons, empresa brasileira de mobilidade e segurança no trânsito, a realidade brasileira revela um cenário de atraso e negligência quando comparada a outros países no quesito itens veiculares de segurança. São diversas as pesquisas e levantamentos já existentes que alertam que esse é um tema de urgência.

O instituto de segurança de trânsito dos EUA por exemplo, indica que a combinação do uso de cinto de segurança e *airbags* é capaz de reduzir 60% do risco de ferimentos em caso de colisões. Os dois são itens complementares, e ao serem utilizados de tal forma funcionam minimizando danos. Entretanto, o mesmo estudo evidencia a necessidade dessa relação, ao levantarem dados que dizem que, ao utilizar apenas o *airbag*, ferimentos são evitados em apenas 18% dos acidentes [18].

Para os passageiros do banco traseiro, o uso de cinto de segurança é igualmente importante. Um passageiro sem cinto de segurança no banco traseiro pode, inclusive, apresentar riscos para a segurança dos passageiros da frente. Isso acontece porque, em um acidente, esse ocupante vai ser projetado para frente e pressionará o passageiro dianteiro contra o cinto e o *airbag*, agravando suas lesões [1].

## 8. Conclusão

Este estudo teve como objetivo analisar sistemas de segurança automotiva passiva, em especial cintos de segurança e *airbags*. Para atender esse objetivo, utilizou-se de pesquisa de literatura acerca do tema, no âmbito da engenharia mecânica. Considerando as análises feitas, pode-se considerar que os veículos estão cada vez mais seguros. Isso se deve principalmente ao avanço tecnológico, que proporciona a criação de sistemas cada vez mais modernos e eficazes. Assim, pode-se assumir que os objetivos da análise foram alcançados uma vez que foi possível analisar os sistemas de cinto de segurança e *airbags* não apenas de forma isolada, mas suas relações e o que os tornam de fato complementares. É essencial entretanto, lembrar que os equipamentos não eximem o condutor da prudência, do respeito às leis de trânsito e do compromisso em manter seu veículos em boas condições.

Como perspectivas futuras, abre-se a oportunidade de um novo estudo a partir dos dados coletados, realizando um estudo de caso sobre segurança passiva. Esse estudo poderia analisar o comportamento do jovem condutor mediante as informações apresentadas. Seriam feitos levantamentos de como essas informações chegam ao público alvo, a importância com que são recebidas, e como influenciam a maneira que condutores e passageiros se portam mediante as mesmas.

## 9. Referências

- [1] **Airbag e cinto de segurança: dupla inseparável.** Segurança em Trânsito, Jan. 2015. Disponível em: <<https://segurancaemtransito.wordpress.com/2015/01/06/airbag-e-cinto-de-seguranca-dupla-inseparavel/>>. Acesso em: 10 out. 2017.
- [2] ANDERSON, Brian G. **Vehicle Extrication: a practical guide.** Oklahoma: Penn Well Corporation, 2005.
- [3] AUTROTRAC. **Airbag: o item ajuda o cinto e salva vidas em milésimos de segundo.** Disponível em: <<http://meuautotrac.com.br/blog/airbag-o-item-ajuda-o-cinto-e-salva-vidas-em-milesimos-de-segundo/>>. Acesso em: 10 out. 2017.
- [4] CESVI BRASIL: Centro de Experimentação e Segurança Viária. **A invenção do airbag.** Disponível em: <<http://www.cesvibrasil.com.br/site.aspx/noticias-institucional?codnoticia=983>>. Acesso em: 17 set. 2017.
- [5] DEARO, Guilherme. **Os 20 países com mais mortes no trânsito (e os 20 com menos).** Exame, 13 set. 2016. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/mundo/os-20-paises-com-mais-mortes-no-transito-e-os-20-com-menos/>>. Acesso em: 23 set. 2017.
- [6] FERREIRA, Gustavo Parisotto. **O uso de airbags e veículos blindados, suas vantagens e desvantagens quando relacionados ao salvamento de vítimas envolvidas em acidentes graves.** Biblioteca do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, fev. 2011. Disponível em: <[http://biblioteca.cbm.sc.gov.br/biblioteca/index.php/component/docman/doc\\_details/144-gustavo-parisotto-ferreira](http://biblioteca.cbm.sc.gov.br/biblioteca/index.php/component/docman/doc_details/144-gustavo-parisotto-ferreira)>. Acesso em: 16 set. 2017.
- [7] GUERRA, Pedro Henrique Lopes. **Não usar cinto de segurança em carro com airbags pode causar a morte. Saiba mais.** [S.l.]: Educação Automotiva, 31jul. 2015. Disponível em: <<https://educacaoautomotiva.com/2015/07/31/nao-usar-cinto-de-seguranca-em-carro-com-airbags-pode-causar-a-morte-saiba-mais>>. Acesso em: 16 set. 2017.
- [8] IKEDA, Toshiaki. **Segurança Veicular: Dispositivos de Segurança Passiva – Descrição e Recomendações.** 2012. 74 f. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Automotiva) – Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. São Caetano do Sul, 2012.
- [9] KRAMER. **Passive safety of motor vehicles, biomechanics simulation and safety in the development process.** Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden, 2006. p. 429.
- [10] MADLUNG, Andreas. The Chemistry behind the Air Bag: High Tech in First-Year Chemistry. **Journal of Chemical Education**, [S.l.], v. 73, n. 4, p. 347-348, abr. 1996. Disponível em:

- <[https://www.researchgate.net/publication/239725373\\_The\\_Chemistry\\_behind\\_the\\_Air\\_Bag\\_High\\_Tech\\_in\\_First-Year\\_Chemistry](https://www.researchgate.net/publication/239725373_The_Chemistry_behind_the_Air_Bag_High_Tech_in_First-Year_Chemistry)>. Acesso em: 08 abr. 2018.
- [11] MATSUMOTO, André Takashi. **Estudo do Desempenho de Reforços Poliméricos em Estruturas Veiculares Submetidas a Impacto**. 2010. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3151/tde-05122011-145710/en.php>>. Acesso em: 08 abr. 2018.
- [12] PARTRIDGE J.F.; MUKHOPADHYAY S.K.; BARNES J.A. “**Dynamic air permeability behavior of nylon 6 6 airbag fabrics**”. Text. Res. J., 68, pp. 726-731, 1998.
- [13] PATTERSON, Jesse. The Engineering Behind Automotive Airbags. **Illumin**, USC School Of Engineering, v. 1, n. 1, 2000. Disponível em: <<http://illumin.usc.edu/88/the-engineering-behind-automotive-airbags/fullView/>>. Acesso em: 08 abr. 2018.
- [14] **Projeto Vida no Trânsito**. Portal da Saúde (SUS), mar. 2014. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/leia-mais-o-ministerio/711-secretaria-svs/vigilancia-de-a-a-z/violencia-e-acidentes/11512-projeto-vida-no-transito>>. Acesso em: 19 set. 2017.
- [15] RAICIU, Tudor. **How Airbags Work**. Autoevolution, Maio, 2009. Disponível em <<http://www.autoevolution.com/howair-bagworks.html>>. Acesso em: 10 out. 2017.
- [16] SHAIKH, Tasmin; CHAUDHARI, Satyajeet; RASANIA, Hiren. **Airbag: A Safety Restraint System of an Automobile**. International Journal of Engineering Research and Application, v. 3, n. 5, p. 615-621, set.-out. 2013.
- [17] SCHINDLER, Volker; SIEVERS, Immo. **Research for the car of tomorrow: Tradition creates the future**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. 387p.
- [18] SOUZA, Beatriz. **Juntos, airbag e cinto de segurança reduzem 60% o risco de ferimentos**. Assessoria de Imprensa Perkons, Mar. 2016. Disponível em: <<http://www.perkons.com.br/pt/noticia/1688/juntos--airbag-e-cinto-de-seguranca-reduzem-60--o-risco-de-ferimentos>>. Acesso em: 10 out. 2017.
- [19] STARK, Giordon. **In terms of momentum and impulse, why are airbags in cars a good thing?** Quora, 2018. Disponível em: <<https://www.quora.com/In-terms-of-momentum-and-impulse-why-are-airbags-in-cars-a-good-thing>>. Acesso em: 17 mar. 2018.
- [20] TODESCATT, Daniel. **Influência do Sistema Pré-Crash de Segurança Veicular em Ocupantes de Diferentes Estaturas**. UNICAMP, 2014. Disponível em: <[http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/265952/1/Todescatt\\_Daniel\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/265952/1/Todescatt_Daniel_M.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2017.
- [21] UNITED NATIONS. **Melhoria da segurança rodoviária global: Definição de metas regionais e nacionais de redução de vítimas de acidentes rodoviários**. Genebra: United Nations Publication, 2010. Disponível em: <[http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/roadsafe/docs/Recommendations\\_2010p.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/roadsafe/docs/Recommendations_2010p.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2017.
- [22] VASHIST, D. KUMAR, N. **A Review of Active and Passive Automotive Safety Systems**. International Journal of Engineering Sciences & Management Research, Abril, 2017.
- [23] **What do you know about air bag?** National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Novembro, 2002. Disponível em: <<http://www.nhtsa.dot.gov>>. Acesso em 10 out. 2017.