

Adaptando seu Feeling Novas Experiências com o Sistema de Freio

**Bruno Fischer
Bruno Romão
Emerson Batagini**

Robert Bosch Ltda.

E-mails: external.Bruno.Fischer2@br.bosch.com, Bruno.Romao@br.bosch.com, Emerson.Batagini@br.bosch.com

ABSTRACT

Engineering includes vast fields of application in the automotive universe, building systems that reach vehicle safety, a relevant factor in the global market. The brake system has wide interaction with other vehicle systems, using an electronic control unit equipped with software that enables additional functions such as autonomous emergency braking. Adapt the mechanical factors in the actuation of brake system through an interface with the driver requires evaluations, developments, and practical applications. Several variables are manipulated via software, creating a new driving experience, making the brake pedal feeling smoother or more aggressive. This paper presents the methodology used to configure parameters that have a direct impact on the performance characteristic curve of an electromechanical brake booster. Through vehicle instrumentation and data collection via Controller Area Network (CAN), using appropriate software, it is possible to make changes in the vehicle's deceleration, resulting in a greater or lesser sensation of tension in the seat belt due to the movement of the driver's torso.

INTRODUÇÃO

A engenharia abrange vastos campos de aplicação no universo automotivo, construindo sistemas que englobam a segurança veicular, fator relevante no mercado global. O sistema de freio possui grande interação com outros sistemas do veículo, utilizando uma unidade de controle eletrônica dotada de um *software* que possibilita funções adicionais como frenagens autônomas. Adaptar os fatores mecânicos do acionamento do sistema de freio através de uma interface com o condutor demandam avaliações, desenvolvimentos e aplicações práticas. Inúmeras variáveis são manipuladas via *software*, criando uma nova experiência de direção, tornando o *feeling* do pedal do sistema de freio mais suave ou mais agressivo. Este trabalho apresenta a metodologia usada para

configuração de parâmetros que possuem impacto direto na curva característica de performance de um amplificador de força de frenagem eletromecânico. Através de instrumentação veicular e coleta de dados via *Controller Area Network* (CAN), utilizando *softwares* adequados, é possível realizar modificações na desaceleração do veículo, acarretando uma maior ou menor sensação de tensão do cinto de segurança devido ao movimento do torso do condutor.

SISTEMA DE FREIO VEICULAR

Desde os primórdios da humanidade, temos ciência sobre como uma força atua no estado de um corpo, assim como dizia Newton em sua 1ª lei "todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças aplicadas sobre ele". [1] No caso do veículo, o freio é responsável por aplicar uma força de atrito capaz de retardá-lo.

Já se passaram mais de 100 anos desde que o primeiro sistema de freio automotivo foi desenvolvido, com a ideia de controlar a velocidade ou parar um veículo, através do atrito entre uma superfície móvel e outra fixa, sendo estes os freios de sapatas externas. Ele funcionava pelo acionamento manual de uma alavanca localizada na cabine do veículo ligada às sapatas através de um cabo, então quanto mais a alavanca fosse deslocada maior seria a força de atrito aplicada entre as sapatas e as rodas do automóvel, uma vez que na época as rodas utilizadas eram de madeira ou metal, como mostrado na Figura 1. [2]

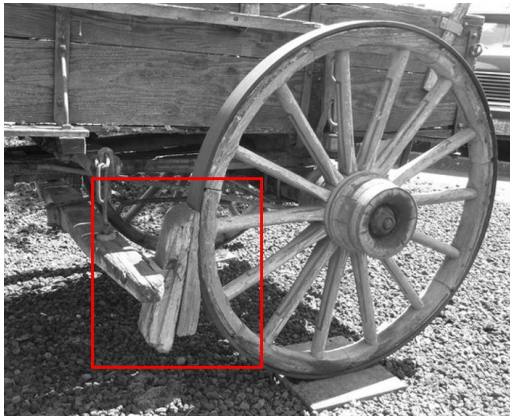


Figura 1. Freio Externo. Fonte: [3]

Este conceito se manteve por muitos anos, até que a demanda por inovação foi se tornando cada vez mais frequente já que os veículos aumentavam suas potências e consequentemente precisavam de uma maior força para realizar a frenagem.

Uma solução para este problema foi mudar a atividade externa contra as rodas para uma interna com maior superfície de contato e abrasão, os chamados freios a tambor. Agora sem um cabo, os novos freios eram acionados através de um pedal que bombeia fluido hidráulico para os tambores localizados em cada roda. Dentro deles, o fluido hidráulico faria o papel de pressionar as sapatas contra a sua superfície possibilitando uma redução de velocidade mais eficiente. [2]

Na mesma época, surgiu um projeto de um sistema de freio que seria utilizado somente 50 anos depois, o freio a disco. Ele utilizava um pedal e fluido hidráulico para a compressão de pastilhas localizadas em pinças, contra a parede de discos de metal que se encontravam nas rodas dos veículos.

A geração de pressão hidráulica do fluido para os freios de roda é feita por um cilindro, o chamado cilindro mestre. Ao acionar o pedal de freio ele bombeia o fluido em direção as rodas com pressão suficiente para desacelerar o veículo. Porém conforme os veículos foram aumentando a sua massa, eles necessitavam de uma maior força de frenagem. Dito isso, o próximo passo seria a implementação de um servo freio no sistema de freio, como é possível ver na Figura 2. Ele seria responsável, em conjunto com o cilindro mestre, pela amplificação da força exercida sobre o pedal do freio e para isso teria o auxílio do vácuo.

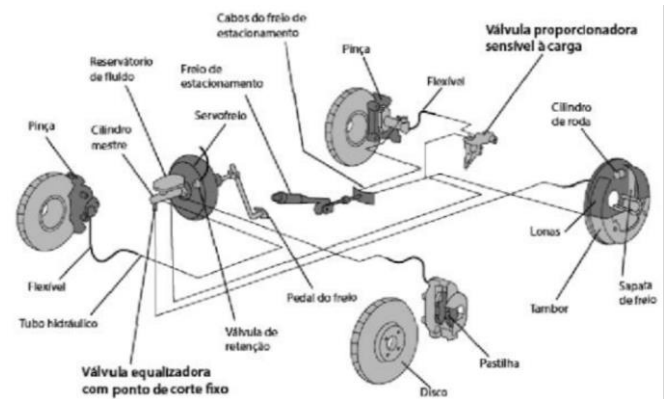


Figura 2. Sistema de Freio Veicular. Fonte: [4]

Posteriormente, no meio do século passado, começaram a ser implementados sistemas de segurança nos freios convencionais, como o sistema antibloqueio ou ABS (*Anti-lock Braking System*), que impede o sistema de freio de travar as rodas, evitando derrapagem do carro durante uma frenagem e aumentando a eficiência na desaceleração do veículo. Este é um exemplo de tecnologia essencial para que um carro seja homologado atualmente. Outro exemplo é o Programa de Estabilidade Eletrônica, que utiliza a pressão hidráulica no sistema de freio e diversos sensores para identificar quando uma roda está perdendo aderência com o solo e assim poder acionar o sistema de freio de uma ou mais rodas específicas, mantendo a estabilidade do veículo e recuperando o seu controle quase que imediatamente. [5]

PEDAL DE FREIO

Como dito anteriormente, o acionamento do sistema de freios automotivos nem sempre foi o pedal. Começamos com alavancas até o momento em que o homem percebeu que seria mais seguro e eficiente a frenagem com as pernas. Não seria mais necessário retirar as mãos do volante para o feito e o fato de nossas pernas possuírem uma força maior quando comparada à força de nossos braços tornaram a ação de frear um veículo algo menos desgastante.

Sendo assim, o pedal de freio é responsável pelo avanço do servo freio que amplifica a força de frenagem do motorista em paralelo com o cilindro mestre, comprimindo o fluido hidráulico em direção às pinças de freio ou sapatas que devem gerar o atrito entre pastilhas de freio e discos de freio ou sapatas e tambor, resultando na diminuição de velocidade do automóvel.

Atualmente esse é o meio de acionamento do sistema de freio mais usual nos veículos, mas não quer dizer que seja o único.

TIPOS DE PEDAIS DE FREIO

Assim como o ser humano foi capaz de criar um meio de parar um veículo de forma eficaz, a sua busca por otimização, ganho de espaço e praticidade não parava no simples fato de diminuir a velocidade de um veículo. Começando com um atrito entre alavanca e rodas e posteriormente implementando um pedal de freio, era visível que o acionamento do sistema de freio veicular não se manteria estagnado por muito tempo. E foi com o surgimento de carros híbridos e elétricos que surgiu uma nova oportunidade no mercado automotivo, o freio regenerativo. [6]

Como se pode pensar, o freio regenerativo parte do princípio de gerar energia para o veículo através do ato de frenagem. Em veículos híbridos e elétricos é possível inverter a função do motor elétrico que identifica o momento em que o torque está sendo realizado na mesma direção da velocidade do sistema, recebendo energia da bateria para seu funcionamento, porém quando o torque do veículo está sendo realizado na direção oposta à velocidade do sistema, essa carga exercida no motor é convertida em energia cinética, carregando as baterias do veículo.

Tendo esse novo nicho de carros disponível para o desenvolvimento de inovações tecnológicas, surge um conceito diferente de acionamento de freio, o “*One Pedal Solution*”, onde é possível possuir acelerador e freio no mesmo pedal, tirando proveito da capacidade de regeneração de energia dos motores elétricos. Nele, quando o motorista está com o pedal do acelerador a 50% de avanço o carro estará acelerando, já em 25% o freio regenerativo entrará sutilmente em ação desacelerando lentamente o veículo, e quando não há avanço no acelerador o freio regenerativo estará a 100% de eficiência, desacelerando o veículo rapidamente. [7]

Outras formas de frenagem estão surgindo no mercado e a perspectiva para o futuro é que elas avancem de acordo com as necessidades e vontades do público-alvo.

FUTURO

Como tentativa para suprir novas necessidades do mercado, tais como veículos híbridos, freios regenerativos e frenagens autônomas, o mercado

desenvolveu um novo sistema de amplificação da força de frenagem, o servo freio eletromecânico.

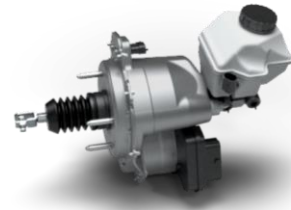


Figura 3. Servo Freio Eletromecânico. Fonte: [8]

O servo freio eletromecânico (Figura 3) é um amplificador de força de frenagem independente de vácuo, tendo um motor elétrico responsável por aumentar a força de frenagem aplicada no pedal do freio. O equipamento foi desenvolvido com o intuito de melhorar a regeneração de energia em veículos híbridos e elétricos, acionando o sistema do freio somente em situações de maior demanda. Sendo assim, em frenagens leves o acionamento do pedal do freio resultaria no desligamento do motor elétrico do veículo que atuaria como um gerador de energia, como visto previamente na frenagem regenerativa.

Essa exclusividade de equipamentos, direcionados apenas para veículos total ou parcialmente eletrificados está começando a mudar. Uma vez que foi notado que a sua atuação em veículos à combustão pode ser benéfica no quesito de eficiência energética quando estamos falando de consumo de combustível e, em consequência, emissão de gases poluentes. Isso se dá devido à remoção de componentes do sistema de vácuo do veículo, como por exemplo a bomba de vácuo. Esta, geralmente acoplada ao eixo de comando de válvulas do motor, faz com que o motor tenha que trabalhar mais para se manter ligado e movimentar o veículo.

Mas o grande diferencial é a sua calibração, onde é possível gerar diferentes curvas de desempenho, possibilitando adaptar o “*feeling*” do pedal de freio de acordo com o motorista ao qual o carro será destinado.

Sendo essa uma inovação que está em implementação no mercado mundial automotivo, ainda temos outras que ainda não foram implementadas, mas encontram-se em desenvolvimento, como por exemplo o pedal de atuação remota, onde se tem “*Pads*” que ficam fixados no assoalho do carro e funcionam como

pedais de freio, enviando o sinal de seu avanço para a ECU (*Eletronic Control Unit*) do equipamento.

LEGISLAÇÃO

Em paralelo à inovação com sistemas de freio, os veículos também tiveram um avanço exponencial em termos de tecnologia e desempenho, o que fez com que surgisse o código de trânsito para evitar ao máximo os acidentes automotivos.

Desde a invenção de carros até praticamente metade do século passado, os veículos não possuíam sinto de segurança sequer [9], nem sistemas de segurança para evitar colisões e muito menos código de trânsito, que teve seu primeiro decreto-lei instaurado em 25 de setembro de 1941.[10]

Sendo assim, as descobertas sobre fatores que colocavam em risco a dirigibilidade de veículos automotores foram se tornando cada vez mais evidentes, com a recorrência de acidentes com as mesmas causas raízes. Um exemplo é o calçado utilizado durante a direção. Este pode fazer com que o condutor não seja capaz de acionar o pedal do freio caso o calçado escorregue ou enrosque em algum lugar do assoalho, como é o exemplo do chinelo.

Outro calçado que é dado como vilão no meio automotivo é o sapato de salto alto, pois dificulta o acionamento do pedal de freio.

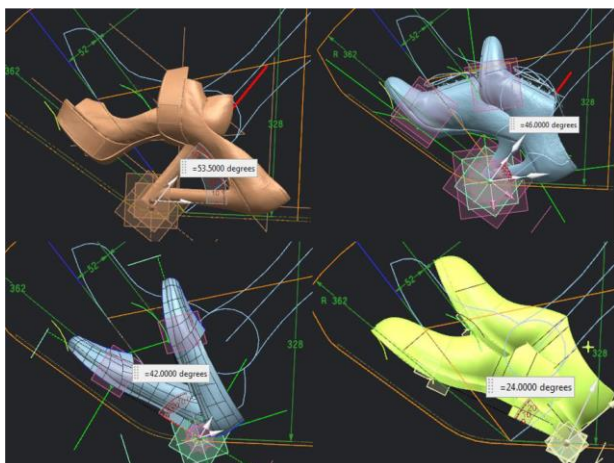


Figura 4. Calçados e Acionamento do Freio. Fonte: [11]

Como é possível ver na Figura 5, para que a pessoa que esteja utilizando um sapato comum tenha o total acionamento do pedal de freio, é necessário que seu pé seja movimentado em um ângulo de 24° em relação ao seu tornozelo. Já uma pessoa que está

utilizando sapato de salto alto, como não tem seu tornozelo em contato com o assoalho, mas sim a ponta do salto, é necessário que seu pé seja movimentado em um ângulo de 42°, diminuindo o tempo de reação do condutor em uma situação de frenagem inesperada. [11]

Esses exemplos de calçados comprovam o quão prejudicial pode ser o sapato que o condutor está usando para o acionamento do pedal de freio. Fazendo com que a Lei nº 9.503, entrasse em vigor no Código de Trânsito Brasileiro em 23 de setembro de 1997, onde deixa claro no artigo 252, parágrafo 4, a infração e penalidade com multa para motoristas que dirigirem o veículo “usando calçado que não se firme nos pés ou que comprometa a utilização dos pedais”. [12]

Mas, quando se trata de freios, não há como deixar de lado a invenção do ABS, que revolucionou o sistema de freio veicular, impedindo as rodas de travarem ao pedal de freio ser acionado com uma força excessiva, o que diminuiu em 30% o número de acidentes no trânsito. [13] Fazendo com que entrasse em vigor a Resolução CONTRAN Nº 915 de 28/03/2022, que especifica a obrigatoriedade da utilização do sistema de antitravamento de rodas (ABS) nos veículos automotores com pelo menos quatro rodas, projetados e construídos para o transporte de passageiros, reboques ou semirreboques, nacionais e importados. [5]

INSTRUMENTAÇÃO VEICULAR

Os equipamentos utilizados para a manipulação do *feeling* de pedal foram: bateria do veículo, servo freio eletromecânico, programa eletrônico de estabilidade, célula de carga, VX1135 e *notebook* com *softwares* para programação e visualização de dados. Eles têm o seu esquema de instrumentação no automóvel representado na Figura 6:

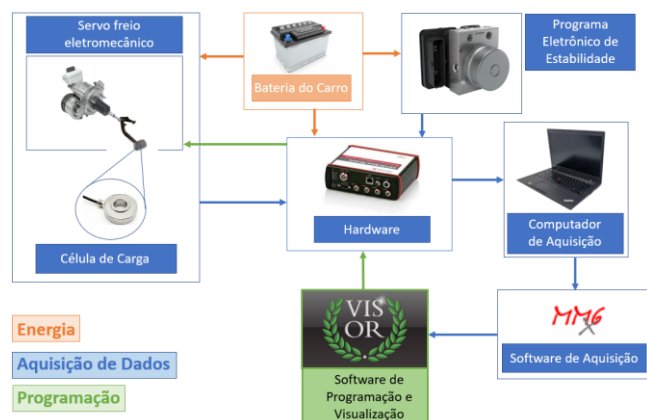


Figura 5. Esquema de Instrumentação Veicular.
Fonte: Elaboração Própria.

A alimentação elétrica dos equipamentos utilizados nos testes veiculares foi realizada com uma fonte de tensão conectada diretamente na bateria do veículo, utilizando uma tensão de 12,5 V. Essa tensão é responsável por manter em funcionamento conjunto os equipamentos:

- Servo freio eletromecânico
- Célula de carga localizada no pedal de freio,
- Programa eletrônico de estabilidade
- VX1135

Os dados em tempo real são aqisitados pela rede CAN, tanto do servo freio eletromecânico e programa eletrônico de estabilidade quanto do veículo através do *hardware* VX1135, que tem a finalidade de ser a interface de comunicação entre o computador e os equipamentos do sistema de freio no veículo.

Tendo sua conexão com a VX1135 estabelecida através de um cabo *Ethernet*, é na tela do *Notebook* que são apresentados todos os parâmetros desejados do veículo, como:

- Pressão de frenagem: CAN do servo freio eletromecânico
- Força no pedal de freio: célula de carga no pedal
- Velocidade instantânea: CAN do veículo
- Aceleração (lateral e longitudinal): CAN do programa eletrônico de estabilidade.

Por fim, *softwares* responsáveis pela aquisição são:

- MM6x: medições realizadas no intuito de desenvolvimento do produto;
- Visor: visualização dos dados do veículo em tempo real e envio de comandos para a CAN dos equipamentos de freio com o intuito de mudar seus parâmetros, sendo utilizado para demonstrações veiculares.

SOFTWARE

Presente no DBC (*Data Base Container file*) do servo freio eletromecânico, o sinal "*PedalFeel*" é responsável por mudar o *feeling* de pedal transmitido ao condutor.

Message Signal 'Pedal::PedalFeel'	
Value	Description
0x0	0
0x1	1
0x2	2
0x3	3
0x4	4
0x5	5
0x6	6
0x7	7

Tabela 1. Sinal "*PedalFeel*" Dentro da Mensagem "*Pedal*". Fonte: Elaboração Própria.

Como mostra a Tabela 1, este é um sinal com diversos valores, cada um representando um *feeling* de pedal que pode ser programado e, quando enviado o comando ao equipamento, podem entrar em ação e mudar a condição de atuação do pedal de freio.

Sendo o equipamento programado para funcionar com o valor "0x0" em sua condição padrão, o *software* Visor é a ferramenta utilizada para alternar os valores do sinal "*PedalFeel*". Dentro dele é possível receber sinais e enviá-los para os equipamentos conectados à VX1135, alterando seus valores, por exemplo de "0x0" para "0x1".

```

852 <Send SvgID="K1_Sensitive">
853 <Signal>PedalFeel</Signal>
854 <Values>6</Values>
855 <MouseUpValues>6</MouseUpValues>
856 <InitialValue>0</InitialValue>
857 <CycleTime>1</CycleTime>
858 <SendOnClick>true</SendOnClick>
859 </Send>
860
861 <Send SvgID="K2_Sensitive">
862 <Signal>PedalFeel</Signal>
863 <Values>3</Values>
864 <MouseUpValues>3</MouseUpValues>
865 <InitialValue>0</InitialValue>
866 <CycleTime>1</CycleTime>
867 <SendOnClick>true</SendOnClick>
868 </Send>
869
870 <Send SvgID="K3_Sensitive">
871 <Signal>PedalFeel</Signal>
872 <Values>2</Values>
873 <MouseUpValues>2</MouseUpValues>
874 <InitialValue>0</InitialValue>
875 <CycleTime>1</CycleTime>
876 <SendOnClick>true</SendOnClick>
877 </Send>

```

Figura 7. Código Fonte do Visor com a Mudança de *Feeling* de Pedal. Fonte: Elaboração Própria.

Na Figura 7 pode-se ver o código fonte do *software* Visor onde é enviado o comando ao equipamento para mudar o valor do sinal de *feeling* de pedal. Nele são identificadas as variáveis:

- *SvgID*: Nome da imagem no layout do visor que funcionará como um botão responsável por executar o comando desejado (exemplo: "K1_Sensitive");
- *Signal*: sinal que terá o seu valor mudado, no caso o "PedalFeel";
- *Values*: o valor que se deseja alterar no equipamento inicialmente em hexadecimal, ou seja, se o sinal for "0x1", o número utilizado nessa variável é o "1";
- *MouseUpValues*: mesmo valor utilizado na variável "Values";
- *InitialValue*: o valor inicial do sinal, que em hexadecimal é "0x0", logo o valor utilizado é o "0";
- *CycleTime*: representa o tempo para mudança do sinal em segundos;
- *SendOnClick*: comando para que ao clicar na imagem ela execute a função de um botão para realizar o comando descrito acima.

ADAPTAÇÃO DO FEELING DE PEDAL

A sensação que o condutor tem ao pisar no pedal de freio é algo que influencia diretamente o modo de direção que se deseja ter no veículo. O intuito de modificá-lo é para atender aos diferentes clientes da montadora que adquirem o produto, sejam eles pessoas que desejam ter um carro mais sensível à força aplicada no pedal ou um carro que demanda uma maior força por parte do condutor, para assim poder escolher entre uma direção mais confortável ou esportiva.

PARÂMETROS FÍSICOS E SOFTWARE

Para efetuar a calibração do *feeling* de pedal, primeiramente deve-se estar ciente das forças aplicadas no pedal do freio e das características do servo freio que serão modificadas para se chegar a um resultado satisfatório, mas ainda condizente com a dinâmica de frenagem que um carro deve ter. O cuidado deve ser máximo para não extrapolar os limites de sensibilidade no pedal ou se distanciar da amplificação da força de frenagem necessária para uma direção segura, caso seja necessário um acionamento emergencial do ABS por exemplo.

Como dito anteriormente, o acionamento do sistema de freio é feito pelo pedal que tem a sua força amplificada pelo amplificador de força de frenagem à vácuo juntamente ao cilindro mestre, responsável por direcionar a pressão para as pinças de freio localizadas nas rodas do veículo através da linha de freio. Sendo assim, o sistema possui três principais incógnitas: força no pedal de freio (dada pela alavanca do pedal), amplificação desta força e pressão na linha de freio.

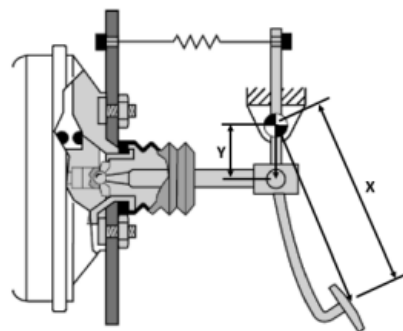


Figura 8. Pedal e Servo Freio. Fonte: [4].

Dito isto, se dá início ao entendimento da força aplicada no pedal e como ela se relaciona com o restante do sistema de freio do veículo, tomando como base o sistema mostrado na Figura 8.

Começando pelo pedal de freio, obtêm-se a multiplicação da sua força através da Equação 1 [4]:

$$lp = X/Y \quad (1)$$

Onde:

lp = relação de alavanca do pedal

X = comprimento do pedal (mm)

Y = distância de fixação do pedal até o seu ponto de pivotamento (mm)

Já para o servo freio, temos sua amplificação da força de frenagem dada pela Equação 2 [4]:

$$B = \frac{(Fp * lp + F_A)}{Fp * lp} \quad (2)$$

Onde:

B = relação do servo freio

Fp = força aplicada no pedal (N)

F_A = Força de assistência do servo freio (N)

Por fim chegamos à equação da pressão na linha de freio, dada pela Equação 3 [4]:

$$P_L = \frac{Fp * lp * \eta_P * B}{A_{mc}} \quad (3)$$

Onde:

P_L = pressão na linha de freio (N/mm²)

η_P = eficiência do pedal de freio

A_{mc} = área da seção transversal do cilindro mestre (mm²)

Para o dimensionamento de um sistema de freio por completo ainda seria necessário calcular a expansão da tubulação de freio, dos flexíveis e do cilindro mestre, como a deformação da pinça de freio, compressão do fluido de freio, curso do pedal e dinâmica de frenagem do veículo em questão. Porém, como o objetivo deste trabalho é o estudo do *feeling* de pedal, o foco maior será nas variáveis que foram destacadas.

Analisando as equações é possível chegar ao principal responsável pela sensação que se tem ao pisar no pedal de freio, o servo freio. Encarregado da amplificação da força de frenagem e, consequentemente, do aumento da pressão na linha de freio, a curva característica do equipamento demonstra o comportamento do pedal durante o seu acionamento e como é refletida no restante do sistema de freio do automóvel.

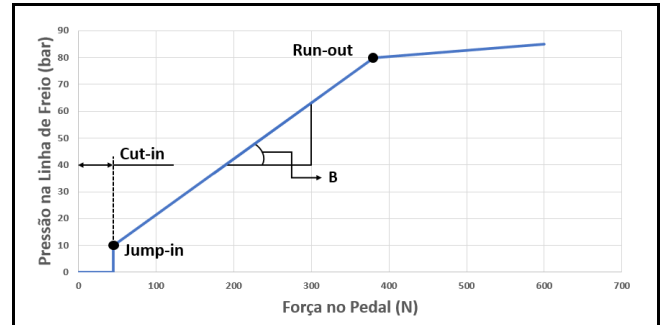


Figura 9. Exemplo de curva Característica de um Servo Freio. Fonte: Elaboração Própria.

Na Figura 9 é possível notar que até uma certa força aplicada no pedal, o *Cut-in*, a pressão na linha de freio não é obtida, isso se dá por conta das cargas de mola do amplificador de força de frenagem.

Após a força de *Cut-in* há mais dois pontos destacados na Figura 9, mas agora referentes à pressão, sendo o primeiro o ponto de *Jump-in*. Este ponto se refere a pressão gerada inicialmente na linha de freio e é a partir dela que a curva obtida na Figura 9 terá um crescimento de acordo com a relação B (relação do servo freio), mostrada anteriormente na Equação 2. A Curva se mantém em crescimento constante até o próximo ponto, o *Run-out*. Nele não há mais um ganho efetivo da pressão na linha de freio, uma vez que não há mais amplificação da força do pedal pelo servo freio.

Sendo assim, para a calibração do Servo Freio Eletromecânico é necessário a realização de diversos ensaios de frenagem. Durante os ensaios são feitos testes estáticos e dinâmicos para a geração da curva característica do servo freio, que será implementada via *software*.

Dentro do *software* de programação é possível modificar os pontos de pressão de *Jump-in* e relação do servo freio que por fim mudaria a força de *Run-out* do equipamento, como é possível notar na figura 10.

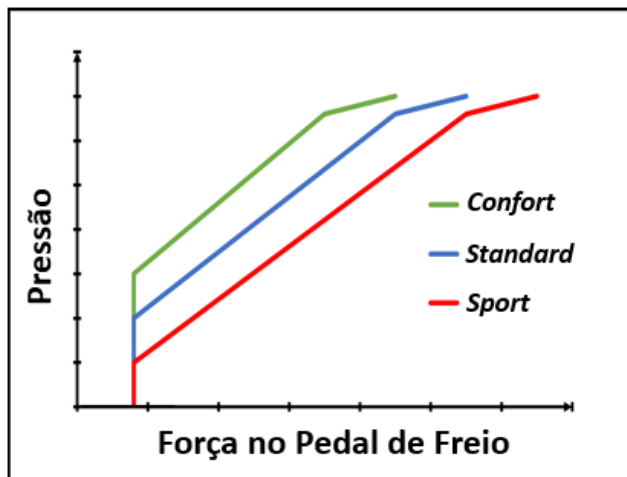


Figura 10. Curvas do Servo Freio com Alteração do *Feeling* de Pedal. Fonte: Elaboração Própria.

Modificando esses parâmetros, podemos chegar em uma frenagem que tende mais para o conforto ou esportividade e que podem ser mudados com um simples clique na multimídia do veículo ou até mesmo na mudança no modo do câmbio por exemplo, do modo “*Drive*” para o “*Sport*”.

FEELING

Mas afinal, no que se resume o *feeling* de pedal? Seria a sensação ao pisar no pedal de freio? A força aplicada no pedal? Ou como essa força influencia na pressão de freio que reflete no movimento do torço em relação ao banco, pressionando o cinto de segurança no peito dos passageiros?

O *feeling* de pedal pode se resumir a todas as características que são perceptíveis ao pisar no pedal do freio, tornando a dinâmica veicular mais suave ou agressiva.

Enquanto para algumas pessoas um carro que passa confiança ao pisar no freio é aquele que pressiona os seus dorsos contra o sintoma de segurança, como é o caso de carros que tem o seu servo freio atuando em algo próximo à curva “*Confort*” da Figura 10, onde a pressão de *Jump-in* é elevada, para outros isso pode ser na verdade um malefício, onde o condutor não tem uma maior sensibilidade no pedal. Já na curva “*Sport*”, com sua pressão de *Jump-in* menor e força de *Run-out* maior, o condutor é o principal responsável pela pressão gerada no sistema de freio, sendo essa recomendada para motoristas que querem ter um maior controle sobre o sistema de freio do veículo.

PROVA PRÁTICA

Montado o sistema eletromecânico no veículo de teste, resta-se apenas realizar as aferições necessárias para saber se o conjunto realmente faz diferença no modo de condução ou se resume a algo imperceptível e pouco relevante para os passageiros do automóvel.

O veículo então foi colocado a prova e entregue para diversos convidados o conduzirem e darem seus pareceres a respeito do sistema e suas funções. Os comentários foram mais positivos do que o esperado, trazendo à tona falas como “incrível”, “muito inovador” e “impressionante” (os convidados nunca tinham visto algo parecido antes). Um simples clique em uma tela era capaz de mudar o *feeling* de pedal do veículo. Enquanto alguns gostavam mais do modo “*Confort*” outros se identificavam com o “*Sport*” mostrando como a tecnologia consegue atender às diferentes demandas do mercado.

São esses comentários que motivam cada vez mais os engenheiros a buscarem inovações em produtos já existentes, mudando a experiência do usuário e promovendo novas soluções para desafios que anteriormente acreditavam-se não ter uma resposta.

CONCLUSÃO

O pedal de freio é sem dúvidas um componente automotivo que está no meio de seu ciclo de desenvolvimento. Com quase um século de existência, ainda é possível se deparar com diversas inovações que mudam completamente a visão que um dia já se teve de um mecanismo utilizado para retardar um corpo em movimento.

Tornando a experiência na dinâmica de frenagem adaptativa, o *feeling* de pedal abre portas para uma nova funcionalidade em carros nacionais. O uso de um equipamento que antes tinha apenas a finalidade diminuir a velocidade de um veículo ou mantê-lo parado, agora é utilizado para mudar a forma como se conduz o automóvel.

Isso comprova como a inovação não consiste apenas em criar algo novo ou um sistema inovador, ela pode simplesmente ser uma nova ideia em relação a algo já existente.

REFERÊNCIAS

- [1] Rafael Helerbrock. “Leis de Newton”. [Online]. Disponível em:

<<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/leis-newton.htm>> [Acesso 11 de maio 2023].

[2] Anderson Luiz Dias, 2020. “A história dos sistemas de freios automobilísticos”. [Online]. Disponível em: <<https://carrosinfoco.com.br/2020/06/a-historia-dos-sistemas-de-freios-automobilisticos/#:~:text=Em%201820%2C%20Baron%20Karl%20Drais,primeiros%20eixos%20fabricados%20em%20ferro>> [Acesso 11 de maio 2023].

[3] Quora, 2018. “What's the difference between a shooting brake and a hatchback?” [Online]. Disponível em: <<https://www.quora.com/Whats-the-difference-between-a-shooting-brake-and-a-hatchback>>. [Acesso 11 de maio 2023].

[4] Jean Cory de Souza Silva. 2018. “Estudo da Influência do Servofreio na sensação de Pedal de Freio para um Veículo Comercial de 3,5 Toneladas”, UFMG. [Online]. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-B44NWP/1/disserta_o_mestrado_estudo_da_influencia_do_servofreio_na_sensa_o_de_pedal_de_freio_para_um_veiculo_comercial_de_3_5_1.pdf>. [Acesso 11 de maio 2023].

[5] DOU, 2022. “Resolução CONTRAN Nº 915 DE 28/03/2022”. Diário Oficial da União [Online]. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=429693>> [Acesso 11 de maio 2023].

[6] Bosch Mobility, 2022. “EN | Bosch regenerative braking”. [Online]. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=CYwptlkKEbE>> [Acesso 11 de maio 2023].

[7] Callas EV, 2022. “One Pedal Driving - What is it?”. [Online]. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=T2fD1Y6Stgo>> [Acesso 11 de maio 2023].

[8] Bosch Mobility. “iBooster Vacuum-independent, electromechanical brake booster”. [Online]. Disponível em: <<https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/driving-safety/ibooster/>> [Acesso 11 de maio 2023].

[9] BlaBlaCar, 2019. “5 curiosidades sobre o cinto de segurança que você não sabia”. [Online]. Disponível em: <<https://blog.blablacar.com.br/blablalife/viagens/dicas/5-curiosidades-sobre-o-cinto-de-seguranca-que-voce-nao-sabia#:~:text=Em%201903%2C%20um%20franc%C3%AAs%20chamado,de%20tr%C3%AAs%20pontas%20em%201959>> [Acesso 11 de maio 2023].

[10] CONTRAN, 1941. “DECRETO-LEI Nº 3.651, DE 25 DE SETEMBRO DE 1941”, Código Nacional de Trânsito. [Online]. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/del3651.htm>. [Acesso 11 de maio 2023].

[11] Giorgia Buganza, Fernando Utyike, Fabio Raposo, Eduardo Godinho, 2019. “Brake Pedal felling correlation with female shoe and feet position”, SAE International. [Online]. Disponível em: <<https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2019-36-0015/>> [Acesso 11 de maio 2023].

[12] CONTRAN. 1997. “Código de Trânsito Brasileiro | Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997”. [Online]. Disponível em: <<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/91797/codigo-de-transito-brasileiro-lei-9503-97#art-252>> [Acesso 11 de maio 2023].

[13] Renato Oliveira, 2010. “ABS reduz em até 30% acidentes no trânsito”, Folha de Londrina [Online]. Disponível em: <<https://www.folhadelondrina.com.br/carro-e-cia/abs-reduz-em-ate-30-acidentes-no-transito-722476.html?d=1>>. [Acesso 11 de maio 2023].