

## PROJETO DO SISTEMA DE FREIOS PARA UM PROTÓTIPO DE FÓRMULA SAE ELÉTRICO

### RESUMO

Embasada no campo da Engenharia Mecânica com ênfase na dinâmica veicular, esta investigação objetiva o dimensionamento e modelagem computacional do sistema de freios para um veículo monoposto tipo fórmula de alto desempenho, atendendo todas as normas exigidas pela SAE International. Um freio funciona graças ao atrito resultante do contato entre um elemento não rotativo do veículo e um disco ou tambor que gira com a roda. O atrito produz a força necessária para reduzir a velocidade do automóvel ao converter em calor que se dissipa no ar a energia mecânica do veículo. (COSTA, 2002.) O sistema de freios é um componente essencial ao veículo, um item de segurança indispensável, mas pouco lembrado, só naqueles momentos cruciais pelos quais ninguém gostaria de passar. O seu incorreto dimensionamento acarretará em resultados não muito agradáveis, trata-se de um sistema que não permite falhas. O trabalho desenvolvido qualifica-se quanto a natureza, como do tipo pesquisa aplicada e como motivação, a necessidade de produzir conhecimento para aplicação de seus resultados, com o objetivo de construir para fins práticos (BARROS; LEHFELD, 1989). Foram analisados materiais referentes à dinâmica veicular e foi possível desenvolver uma ferramenta bastante prática para os projetistas de freios, um dimensionador para sistemas de freios de veículos monopostos. Para o seu funcionamento é necessário que o projetista forneça os dados iniciais de projeto (peso do veículo, altura, largura...) que o programa realiza os cálculos e retorna com o sistema dimensionado. A pesquisa se baseia nos conceitos da dinâmica veicular (GILLESPIE, 1992) e no projeto de freios (LIMPERT, 1999). Esta pesquisa justifica-se pela carência de trabalhos relacionados ao dimensionamento de freios para veículos monopostos em âmbito nacional. Todo o estudo desenvolvido pode ser utilizado no dimensionamento de sistema de freios para outros tipos de veículos, de maior ou menor porte.

**PALAVRAS-CHAVE:** Freios; Monoposto; Frenagem; Dimensionamento.

## BRAKE SYSTEM DESIGN FOR A PROTOTYPE OF SAE FORMULA

### ABSTRACT

Based in the field of Mechanical Engineering with emphasis on vehicular dynamics, this research aims at the computational design and modeling of the brake system for a high-performance formula single-seater vehicle, meeting all the standards required by SAE International. A brake operates thanks to the friction resulting from the contact between a non-rotating member of the vehicle and a disc or drum that rotates with the wheel. The friction produces the necessary force to reduce the speed of the automobile by converting to heat that the mechanical energy of the vehicle dissipates in the air. (COSTA, 2002). The brakes system is an essential component of the vehicle, an indispensable but little remembered item of safety, only in those crucial moments for which no one would like to pass. Its incorrect sizing will result in not very pleasant results, it is a system that does not allow failures. The work developed qualifies as the nature, as of applied research type and as motivation, the need to produce knowledge to apply its results, with the purpose of building for practical purposes (Barros and Lehfelden, 1989). Materials related to vehicle dynamics were analyzed and it was possible to develop a very practical tool for brake designers, a single - vehicle brake system sizer. For its operation it is necessary that the designer provides the initial design data (vehicle weight, height, width ...) that the program performs the calculations and returns with the scaled system. The research is based on the concepts of vehicular dynamics (GILLESPIE, 1992) and brake design (LIMPERT, 1999). This research is justified by the lack of work related to the dimensioning of brakes for single-user vehicles nationwide. All the study developed can be used in the dimensioning of brake system for other types of vehicles, of greater or smaller size.

**KEYWORDS:** Brakes; Monoposto; Braking; Sizing.

*Engineering Sciences, Aquidabã, v.2, n.1, Fev, Mar, Abr, Mai, Jun, Jul, Ago, Set, Out, Nov, Dez 2013, Jan, Fev, Mar, Abr, Mai, Jun, Jul, Ago, Set, Out, Nov 2014.*

ISSN 2318-3055

SECTION: *Articles*

TOPIC: *Engenharia Mecânica*



DOI: 10.6008/SPC2318-3055.2014.002.0001

**Ícaro da Silva Dória**

*Universidade Tiradentes, Brasil*

<http://lattes.cnpq.br/2583769250909380>

[icaro\\_sd@hotmail.com](mailto:icaro_sd@hotmail.com)

**Antônio José de Jesus Santos**

*Instituto Federal de Sergipe, Brasil*

<http://lattes.cnpq.br/0120327894182043>

[suedog@ig.com.br](mailto:suedog@ig.com.br)

Received: 25/02/2014

Approved: 15/10/2014

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

### Referencing this:

DÓRIA, I. S.; SANTOS, A. J. J.. Projeto do sistema de freios para um protótipo de Fórmula SAE Eléctrico. *Engineering Sciences, Aquidabã, v.2, n.1, p.6-16, 2014.* DOI: <http://doi.org/10.6008/2318-3055.2014.002.0001>

## INTRODUÇÃO

O SAE (Society of Automotive Engineering) criou a competição denominada Formula SAE com o objetivo de desenvolver e propiciar a troca do conhecimento entre os estudantes de engenharia. Nesta competição, os futuros engenheiros têm que projetar e construir um protótipo de um veículo tipo fórmula, este evento traz uma vasta experiência aos participantes por se tratar de uma situação real de desenvolvimento e implementação de um projeto. Este que passará por uma inspeção técnica e será avaliado em vários aspectos como; performance do veículo, confiabilidade, custo e etc.

A equipe FSAE e-UNIT, criada por alunos do curso de Engenharia Mecatrônica da Universidade Tiradentes tem como objetivo projetar e construir o primeiro protótipo de um veículo tipo fórmula elétrico da UNIT para competir na Fórmula SAE Elétrico 2014. Para isso, foram criados subgrupos responsáveis pelo projeto dos sistemas que constituem o veículo em questão. Uma destas equipes tem como objetivo projetar o sistema de freios do mesmo. O presente trabalho trata do dimensionamento do sistema de freios de um veículo monoposto.

Com a invenção da roda, surgiram os primeiros veículos que facilitaram a vida do homem, na locomoção e transporte de carga. Também surgiu o primeiro dilema, a roda possibilitava a movimentação dos veículos, mas o que fazer para interromper tal movimento? Eis que surgem os primeiros sistemas de freios, que a princípio eram muito rústicos e foram criados para auxiliar o homem a interromper o movimento dos veículos primitivos. Os veículos foram se desenvolvendo e ficando mais rápidos, demandando dispositivos de freios mais eficientes até chegar aos modelos atuais.

Os primeiros dispositivos de freios eram constituídos por uma alavanca com uma sapata na ponta junto à roda, o puxar desta alavanca possibilitava a frenagem. O avanço do sistema de tração dos veículos demandou uma evolução dos freios, pois estes não apresentavam mais eficiência em velocidades altas e demandavam muito esforço físico do condutor. Outros tipos de freios surgiram, mas os principais que são utilizados até hoje são; o freio à tambor e o freio à disco. O presente trabalho utilizará o sistema de freios à disco, por ser o mais confiável e eficiente.

O sistema de freios é um componente essencial ao veículo, mas pouco lembrado, só naqueles momentos cruciais pelos quais nenhum de nós gostaria de passar. É um item de segurança indispensável no automóvel e o seu incorreto dimensionamento acarretará em resultados não muito agradáveis, pois este tem que funcionar sempre que acionado.

A utilização de softwares em engenharia possibilitou um avanço imensurável na área, a computação se tornou uma ferramenta essencial na vida do engenheiro. Com a utilização destas ferramentas é possível realizar simulação de um projeto possibilitando a avaliação do seu funcionamento antes de construí-lo e assim prever eventuais falhas e erros de projeto, isto ocasiona uma economia de dinheiro, redução no tempo necessário para desenvolver um produto, maior confiabilidade.

O *matlab* é uma linguagem de computação de alto desempenho, muito utilizada por engenheiros e cientistas, apresenta um ambiente de fácil uso onde problemas e soluções são expressos em linguagem matemática. O Simulink é uma extensão do matlab, que é possível realizar a modelagem, simulação e análise de sistemas dinâmicos.

A seguinte ideia consiste no dimensionamento do sistema de freios para um veículo tipo Fórmula de alto desempenho, atendendo todas as normas exigidas pela da *SAE International*, propiciando uma maior segurança a todos que estão ao redor do veículo e sobretudo ao piloto.

Os objetivos específicos são: Elaboração do primeiro sistema de freios para o protótipo do veículo fórmula da universidade Tiradentes; Realizar a modelagem e análise computacional deste sistema; elaborar os desenhos detalhados dos elementos que compõem o sistema de freios.

Este trabalho justifica-se pela carência de trabalhos relacionados ao dimensionamento de freios para veículos monopostos em âmbito nacional. Trata-se de um trabalho de suma importância na área de engenharia mecânica, pois o sistema de freios é um item extremamente importante no conjunto mecânico de um veículo e mais ainda por se tratar de um protótipo de alto desempenho, como é o caso do veículo objeto do estudo. Todo o estudo desenvolvido pode ser utilizado no dimensionamento de sistemas de freios para outros tipos de veículos, de maior ou menor porte.

## **METODOLOGIA**

A metodologia baseou-se na obtenção de informações através da pesquisa em livros e internet. Como se trata de uma pesquisa aplicada, definiu-se como procedimento de execução: realizou-se um levantamento de informações acerca dos principais sistemas de freios utilizados e selecionar o que melhor se adapta ao veículo em questão; coletou-se dados referentes ao sistema de freios escolhido; fez-se um estudo dos procedimentos realizados para dimensionar um sistema de freios.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Notou-se uma carência muito grande na área da dinâmica automotiva em âmbito nacional, a biblioteca da universidade não possui nenhum livro sobre o assunto. Poucos autores nacionais. As melhores bibliografias ainda são encontradas em outros idiomas.

O sistema de freio foi desenvolvido para desempenhar três funções básicas: desacelerar o veículo até o repouso, manter a velocidade do veículo constante durante descidas, manter o veículo estacionado. O mesmo está ligado à estrada por forças de tração produzidas pelo contato pneu-pista, esta força de tração limita a força de frenagem máxima (LIMPERT, 1999).

O mecanismo de freio é constituído de dois elementos fundamentais, o elemento rotativo que fica acoplado à roda do veículo (geralmente disco ou tambor), e o elemento não rotativo

(pastilha ou sapatas). O atrito resultante do contato destas duas peças, gera a força de frenagem necessária para reduzir a velocidade do veículo. O sistema de freios é um conversor de energia que transforma a energia cinética do automóvel em energia térmica que será dissipada no ar (COSTA, 2002).

O estudo da dinâmica veicular foi imprescindível, nela foi encontrada todas as diretrizes para a execução do projeto. Segundo Limpert (1999), na maioria dos casos, o engenheiro de freio tem os seguintes dados disponíveis na concepção dos freios de um veículo. Em alguns casos, certos dados tais como o peso máximo pode mudar já que um veículo inteiramente novo é desenvolvido.

1. Peso vazio e carregado do veículo.
2. Distribuição de peso estática (vazio e totalmente carregado).
3. Distância entre eixos.
4. Centro de altura de gravidade (vazio e totalmente carregado).
5. Função do veículo pretendido.
6. Pneu e tamanho do aro.
7. Velocidade máxima.
8. Normas de frenagem.

O desenho de um novo sistema de freios começa com a seleção da distribuição da força do freio, isto é, a quantidade de força de frenagem que é produzida pelos freios dianteiros em relação aos freios traseiros. A distribuição da força de frenagem ideal é apenas uma função das dimensões do veículo base e a distribuição do peso.

No segundo passo, um sistema de duplo circuito é projetado pela seleção dos tamanhos de cilindros de roda dianteiros e traseiros, e cilindro mestre. No terceiro passo, os freios das rodas são projetados em termos de seu tamanho básico para garantir a vida suficiente de desgaste, desempenho térmico e baixo ruído. O diâmetro máximo admissível do freio é limitado pelo tamanho do aro e, como tal, é determinada pelo peso do veículo.

Na última etapa, o sistema de montagem de pedal e aumento de potência é projetado. O projeto de um sistema de freios deve ser sempre baseado em um sistema de aproximação. Uma pequena mudança em uma área pode afetar adversamente o global desempenho do sistema de frenagem em uma área crítica de segurança. Por exemplo, aumentando o raio do tambor nos freios traseiros para melhorar a vida de revestimento será aumentada a força do freio traseiro e, portanto, resultará num prematuro travamento do freio traseiro e instabilidade do veículo durante a frenagem.

A partir dos estudos sobre dinâmica de frenagem, o passo 1 foi desenvolvido. Para se ter uma relação da distribuição das forças de frenagem no veículo. É necessária uma modelagem das forças atuantes (Figura 1).

Segundo Gillespie (1992), a força de frenagem traseira e dianteira surgem com o torque dos freios, juntamente com o efeito de resistência à rolagem, atrito de rolamento e arrasto

aerodinâmico. Comparando as outras forças com o torque dos freios, percebe-se uma grande diferença em sua amplitude. Assim, podem ser negligenciadas para uma maior simplicidade nos cálculos. Também serão assumidas que as forças atuantes sobre o veículo serão constantes por toda a aplicação do freio.

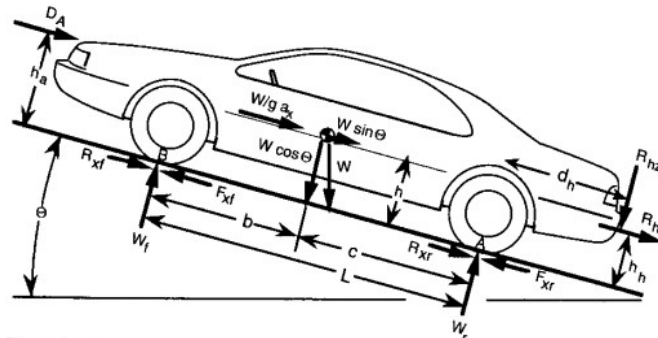


Figura 1: Forças atuantes sob o veículo, extraída de Gillespie 1992

$$D_x = \frac{F_{xt}}{M}$$

Eq 1.0

Onde:

$D_x$  = Desaceleração do veículo(m/s<sup>2</sup>)

$F_{xt}$  = A força total de desaceleração longitudinal sobre o veículo(N)

$M$  = Massa do veículo(Kg)

Na teoria, o esforço de frenagem é distribuído entre os eixos dianteiro e traseiro do veículo. A depender do modelo do automóvel a distribuição de cargas pode mudar (veículo monoposto, biposto, localização do motor). A frenagem ocasionará uma transferência de peso, aumentando a carga que as rodas dianteiras estão sujeitas e reduzindo das traseiras.

Uma das possíveis consequências é o travamento prematuro das rodas traseiras, estas que estão com menor carga, que poderá causar instabilidade na dirigibilidade do veículo e um possível acidente. Caso as rodas dianteiras travem, o veículo continuará em linha reta, porém o piloto perderá o controle da direção (COSTA, 2002).

É necessário a compreensão de como se comporta a transferência dinâmica de cargas no veículo em questão, para evitar o travamento prematuro das rodas. Conforme Gillespie (1992), as desacelerações realizáveis num veículo são simplesmente o produto do nível de aplicação e os ganhos do freio (torque/pressão) até o ponto em que ocorrerá o bloqueio em um dos eixos, que é bastante indesejável, pois com o bloqueio de um eixo, a força de frenagem cai bruscamente. O objetivo do projetista de freios é fazer com que ocorra um bloqueio simultâneo nos dois eixos. No entanto, isso não é possível, pois existem muitos fatores que podem alterar a força de frenagem nas rodas.

O equilíbrio é conseguido através da "Dosagem dos freios", proporcionando os ajustes do torque de frenagem nas rodas dianteiras e traseiras, de acordo com o pico de força de tração possível. Os determinantes de primeira ordem da força de tração de pico são; a carga instantânea

e o coeficiente de atrito de pico. Durante a frenagem, ocorrerá uma transferência dinâmica de carga do eixo traseiro para o dianteiro, de tal forma que a carga sobre um eixo será a estática acrescida da contribuição de transferência dinâmica de carga. Assim para uma desaceleração  $D_x$ ;

$$W_f = \frac{c}{L} \cdot W + \frac{h}{L} \cdot \frac{W}{g} \cdot D_x = W_{fs} + W_d$$

**Eq. 2.0**

$$W_r = \frac{b}{L} \cdot W - \frac{h}{L} \cdot \frac{W}{g} \cdot D_x = W_{rs} - W_d$$

**Eq. 3.0**

Sendo:

$W_{fs}$  = carga estática no eixo dianteiro (N)

$W_{rs}$  = carga estática no eixo traseiro (N)

$W_d$  = transferência dinâmica de carga (N)

$C$  = distância entre o eixo traseiro e o centro de gravidade CG do veículo

$L$  = distância entre eixos

$H$  = altura do centro de gravidade

Então, em cada um dos eixos a força de frenagem máxima é dada por:

$$F_{xmf} = \mu_p \cdot W_f$$

**Eq. 4.0**

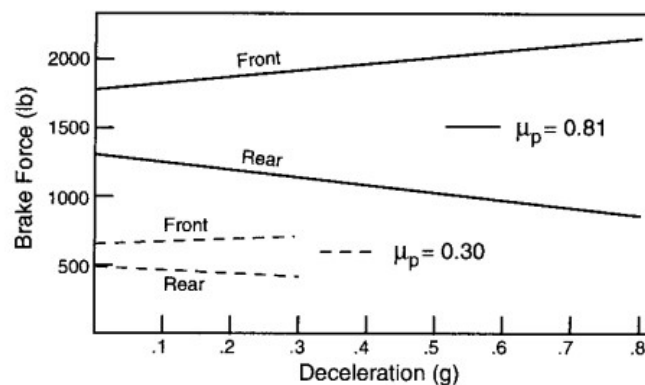
$$F_{xmr} = \mu_p \cdot W_r$$

**Eq. 5.0**

Sendo:

$\mu_p$  = Coeficiente de atrito de pico

A força de frenagem máxima é dependente da desaceleração, variando de forma diferente em cada eixo. A figura abaixo mostra graficamente o comportamento das forças máximas de frenagem de acordo com as equações acima (em superfícies de alto e baixo coeficiente de atrito). A desaceleração é mostrada em unidades de g (D/g).



**Figura 2:** Gráfico: força de frenagem x desaceleração (GILLESPIE, 1992).

Precisa-se de uma solução explícita para as forças máximas de frenagem sobre um eixo. Podemos obter através do reconhecimento que a desaceleração é uma função da força de frenagem total aplicada no veículo. A partir das equações anteriores, temos que:

$$F_{xmf} = \frac{\mu_p \cdot (W_{fs} + \frac{h}{L} \cdot F_{xr})}{1 - \mu_p \cdot \frac{h}{L}}$$

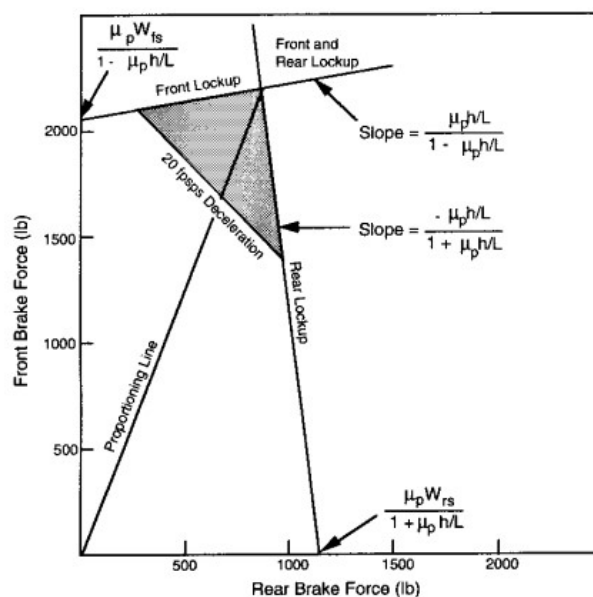
**Eq. 6.0**

$$F_{xmr} = \frac{\mu_p \cdot (W_{rs} - \frac{h}{L} \cdot F_{xf})}{1 - \mu_p \cdot \frac{h}{L}}$$

**Eq. 7.0**

Assim, a força máxima de frenagem no eixo dianteiro é dependente do eixo traseiro através da desaceleração e da transferência de carga para a dianteira associada a ação resultante no eixo traseiro. Essas relações podem ser melhor visualizadas na Figura 2.

Trata-se de um gráfico muito importante para o projetista de freios, pois com ele é possível fazer a dosagem e visualizar o comportamento esperado do sistema projetado. O objetivo é fazer com que o sistema de freios trabalhe obedecendo a linha de proporcionalidade, esta é a modelagem ideal da frenagem de um veículo. Vale ressaltar que o aumento do coeficiente de superfície ou a altura do CG aumenta as inclinações das linhas de força máxima de freio no gráfico. Variando as condições de carga sobre o veículo, muda a origem das linhas do gráfico. Teremos a desaceleração máxima com a frenagem na linha de proporcionalidade, as rodas não irão travar, pois estão trabalhando no limite de frenagem.



**Figura 2:** Gráfico: força de frenagem traseira x força de frenagem dianteira (GILLESPIE, 1992).

Determinação do ponto de intersecção das linhas do gráfico (limites de freio dianteiro e traseiro):

$$F_{xfi} = \mu_p \cdot (W_{fs} + \mu_p \cdot \frac{h}{L} \cdot W)$$

**Eq. 8.0**

$$F_{xri} = \mu_p \cdot (W_{rs} - \mu_p \cdot \frac{h}{L} \cdot W)$$

**Eq. 9.0**

Sendo:

Fxfi = Limite de freio dianteiro.

Fxri = Limite de freio traseiro.

Com estas equações é possível determinar os esforços máximos que o seu sistema sofrerá, e assim, o projetista de freios terá uma base para dimensionar os freios do veículo.

A partir destes dados, é possível fazer os cálculos do sistema de freio do veículo, é necessário fazer uma seleção prévia do sistema de freios à disco e ir aproximando até os sistemas se equivalerem, em um sistema de freios, todos os subsistemas são dependentes, ao alterar o valor de um, isto influenciará diretamente no dimensionamento de todos os outros subsistemas.

Freios à disco são sistemas mais simples que os freios a tambor, uma vez que além de utilizarem menos componentes para montagem, possuem melhores características de performance do que os freios à tambor, melhor resposta de frenagem, um sistema de auto ajuste bem dimensionado, menor propensão ao fade do material de fricção uma vez que possuem maior grau de recuperação térmica, pois dissipam mais rapidamente o calor para o ambiente em função de serem sistemas abertos.

O sistema de freio à disco selecionado foi o de “disco flutuante”, O valor do **raio efetivo** influencia na quantidade de geração de torque de freio uma vez que é nele que a Clamp Force age, ou seja, no centro do pistão do caliper.

Como dados de entrada para o dimensionamento do sistema de freios à disco, teremos:

- Limite de força de frenagem no eixo dianteiro.
- Limite de força de frenagem no eixo traseiro.
- Raio efetivo do pneu dianteiro.
- Raio efetivo do pneu traseiro.
- Raio efetivo do disco dianteiro.
- Raio efetivo do disco traseiro.
- Coeficiente de atrito das pastilhas.

É necessário saber o raio do pneu selecionado para o veículo, à partir dele será dimensionado o raio do disco de freio, tem-se que quanto maior o raio do disco de freio, maior será o torque desempenhado pelo seu freio, e assim menor a força necessária nas pastilhas do freio e menor a pressão do seu sistema hidráulico. Assim, quanto maior o raio do disco, melhor. O coeficiente de atrito nas pastilhas é dado pelo fabricante.



Primeiramente, calcula-se o torque de frenagem dianteiro.

$$T_f = F_p \cdot R_p$$

**Eq. 10.0**

Sendo:

$F_p$  = Limite da força de frenagem no eixo dianteiro.

$T_f$  = torque de frenagem dianteiro (N.m).

$R_p$  = Raio efetivo do Pneu

Agora, a força tangencial ( ou força de atrito) que será gerada pelo atrito da pastilha com o disco:

$$F_{tg} = \frac{T_f}{R_{ef}}$$

**Eq. 11.0**

Sendo:

$F_{tg}$  = Força Tangencial (N).

$T_f$  = torque de frenagem dianteiro (N.m).

$R_{ef}$  = Raio efetivo do disco de freio.

Quanto maior o raio efetivo do disco, menor será o valor da força Tangencial (ou Força de atrito) gerada pelo Freio à Disco.

Com estes dados, pode-se calcular a força que o sistema hidráulico terá que aplicar no disco de freio pela pastilha da pinça (caliper):

$$F_{ac} = \frac{F_{tg}}{\mu}$$

**Eq. 12.0**

Sendo:

$F_{tg}$  = Força Tangencial (N).

$F_{ac}$  = Força aplicada pelo pistão de freio na pastilha da pinça(N).

$\mu$  = Força de atrito de freio.

Estes mesmos cálculos deverão ser feitos para o eixo traseiro.

Com a força que deverá ser aplicada no caliper, o sistema hidráulico será dimensionado, a entrada da força será pelo pedal, mas só essa força n será suficiente para o freio funcionar, então utiliza-se do artifício do sistema hidráulico (princípio de pascal) para se ter um ganho na força.

Primeiro será necessário calcular a força de entrada do sistema, a força exercida pelo pé do motorista, deve-se trabalhar numa faixa onde não fique desconfortável pressionar o pedal, além dos limites humanos. Geralmente, adota-se 448,8 N a força média entre homens/mulheres, calcula-se o torque do pedal (a força exercida no cilindro mestre).

Uma seleção prévia do cilindro mestre deve ser feita (consultar fabricante) nos cálculos este pode ser alterado para aproximação dos outros componentes.

Calculo da Força de entrada:

$$F1 = F_{driver} \cdot Pr$$

**Eq. 13.0**

Sendo:

F1 = Força no cilindro mestre (N).

Fdriver = Força aplicada pelo motorista no pedal (N).

Pr = Fator de ganho do pedal.

Precisa-se determinar a pressão de linha no sistema, para dimensionamento da distribuição do fluido.

$$Pi = \frac{F1}{Am}$$

**Eq. 14.0**

Sendo:

F1 = Força no cilindro mestre (N).

Am = Área do cilindro mestre(m<sup>2</sup>).

Pi = pressão de linha do sistema (Pa).

Agora será determinado o último componente do freio, o caliper ou pinça de freio, ele exercerá a força no disco.

$$Acr = \frac{Fac}{Pi}$$

**Eq. 15.0**

Sendo:

Fac = Força aplicada pelo pistão de freio na pastilha da pinça(N).

Acr = Área do caliper(m<sup>2</sup>).

Pi = pressão de linha do sistema (Pa).

Para facilitar os cálculos, foi criado um programa no *Simulink/Matlab* para auxiliar nos cálculos, e propiciar um ambiente amigável e intuitivo para o projetista.

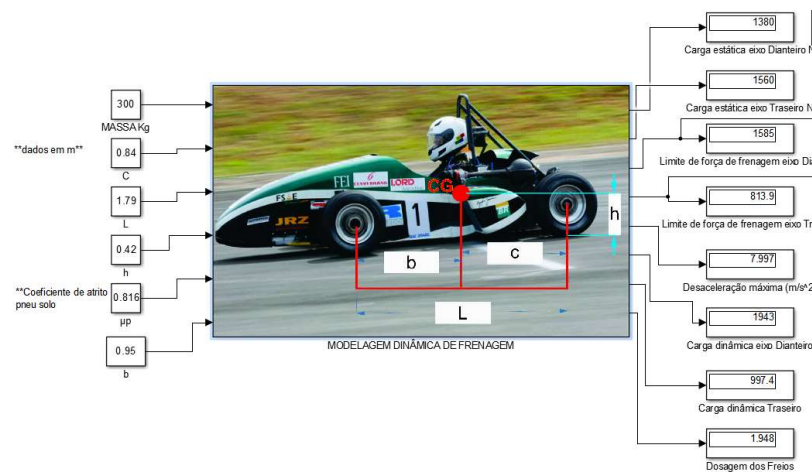


Figura 3: Simulink para cálculos de dinâmica de frenagem.

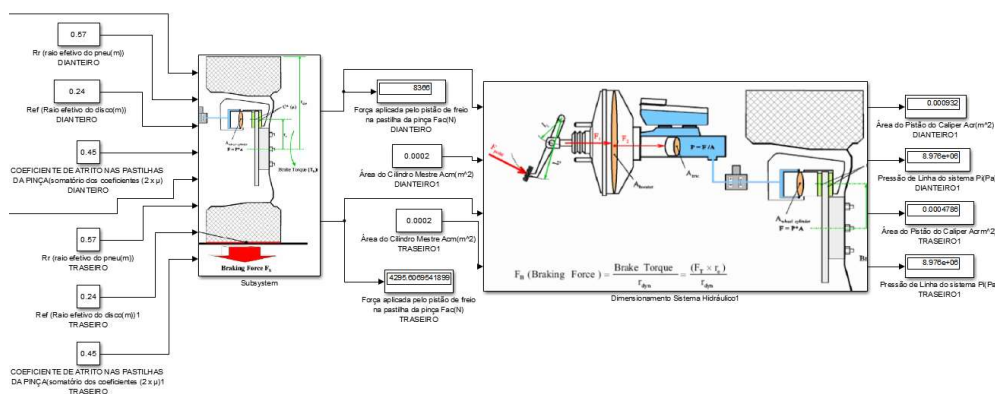


Figura 4: Simulink para cálculos do disco e sistema hidráulico.

## CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo o dimensionamento de um Sistema de freios para um veículo monoposto, atendendo as normas da Formula SAE.

Foi realizado um comparativo dos diferentes sistemas de freios para a seleção do ideal para o veículo, optou-se pelo sistema de freio à disco flutuante.

Temos como resultados, uma modelagem do sistema de freios que poderá ser utilizada na concepção de veículos, de forma segura, intuitiva e prática. Levando em conta todos os requisitos de segurança, a partir deste dimensionamento é possível trabalhar com o freio no seu limite de frenagem e além de possibilitar o travamento das 4 rodas ao mesmo tempo.

Esta metodologia poderá ser aplicada de forma prática não só em veículos de maior ou menor porte, formula ou *offroad*.

## REFERÊNCIAS

- LIMPERT, R.. **Brake design and safety**. 2. ed. Warrendale: SAE International, 1999.
- GILLESPIE, T. D.. **Fundamentals of vehicle dynamics**. Warrendale: SAE International, 1999.
- COSTA, P. G.. **A Bíblia do Carro**. 2002.