

PROJETO E PRODUÇÃO DE SUSPENSÃO DUPLO A

André Rezende de Figueiredo Oliveira¹ (PQ), Jacques Douglas A. Caetano¹ (EG),
Josias Pacheco Rodrigues¹ (EG), Rogério Peixoto Ramos¹ (EG).

¹Centro Universitário Una Uberlândia.

Área do Conhecimento: Engenharia.

Este projeto visa à elaboração de um sistema de suspensão Duplo A há ser instalado em um veículo Hot Rod. A função do sistema de suspensão veicular é condicionar o movimento da roda e isolar a carroceria das vibrações nas pistas. A suspensão dupla A, é uma suspensão independente de braços sobrepostos, sendo o seu formato geralmente do tipo forquilha. Assim sendo, propõe-se contribuir para o desenvolvimento da suspensão duplo A, a partir da análise com ajustes e adaptações, empíricas, cálculos, técnica e engenharia reversa, visando um pré-dimensionamento que garanta a segurança de manuseio do carro.

Palavras-chave: Suspensão, duplo A e dimensionamento.

Introdução

Este trabalho se refere a projeção e fabricação de uma suspensão duplo A, tendo seu início no levantamento de dados que direcionou o desenvolvimento mecânico do sistema, que proporcionou a formalização matemática e o processos de retro engenharia. Possibilitando, assim, que o sistema fosse concluído atendendo os princípios de uma suspensão automobilística e as referentes normas de segurança.

Material e Métodos

O método utilizado foi o estudo teórico e empírico do sistema de suspensão. Definindo-se a suspensão como sendo um conjunto de peças que adequa a transmissão de energia da excitação de base e a capacidade de aderência do veículo ao solo. É feito de um conjunto mecânico, amortecedor e mola. Para Costa (2002) o objetivo da suspensão é absorver as irregularidades provenientes do solo. Proporcionando assim maior conforto aos ocupantes do veículo, podendo o veículo assumir uma das três situações de absorção, na ausência de suspensão todas as irregularidades são transmitidas aos ocupantes do veículo (Figura 1a), na ausência de amortecedores o veículo oscila para cima e para baixo continuamente (Figura 1b) e a suspensão é eficiente trabalhando com molas e amortecedores, transmitindo o mínimo das irregularidades da pista para o ocupante do veículo (Figura 1c).

Figure 1 - Situações de suspensão.



Fonte: Costa, 2002.

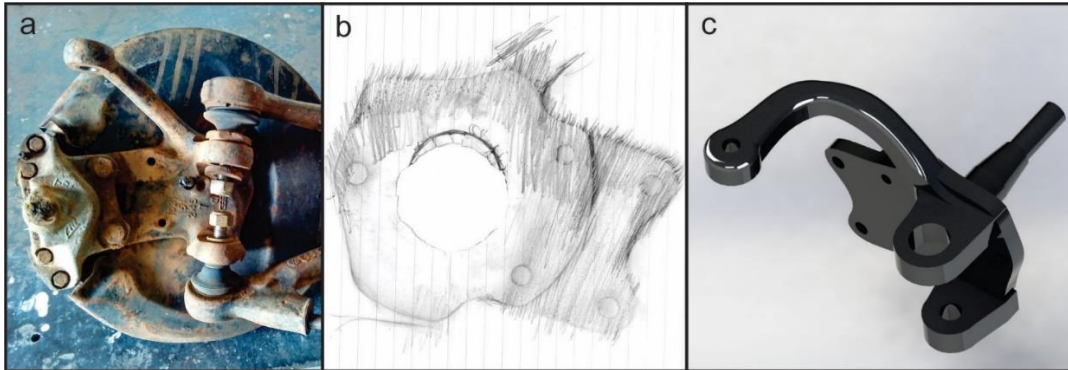
A ESCOLHA DE SUSPENSÃO / DESENVOLVIMENTO

A suspensão do tipo Duplo A foi escolhida por trabalhar de forma independente cada roda, fornecendo mais conforto e controle de regulagem, além de apresentar um designer moderno e arrojado para uma suspensão que ficará exposta no veículo ao qual esta será instalada.

Após pesquisa de funcionamento da suspensão duplo A, foi definido que a manga de eixo do fusca (Figura 2a) será o elo entre o sistema de rodagem e o sistema da suspensão.

Assim, iniciou-se a reprodução digital da manga de eixo (Figura 2c) utilizando o processo de medição e transferência de posições por imagens grafiteadas (Figura 2b) e digitalizadas ao “software SolidWorks 2013”.

FIGURA 2 – Manga de eixo do fusca em foto, grafite e desenhada em 3D.

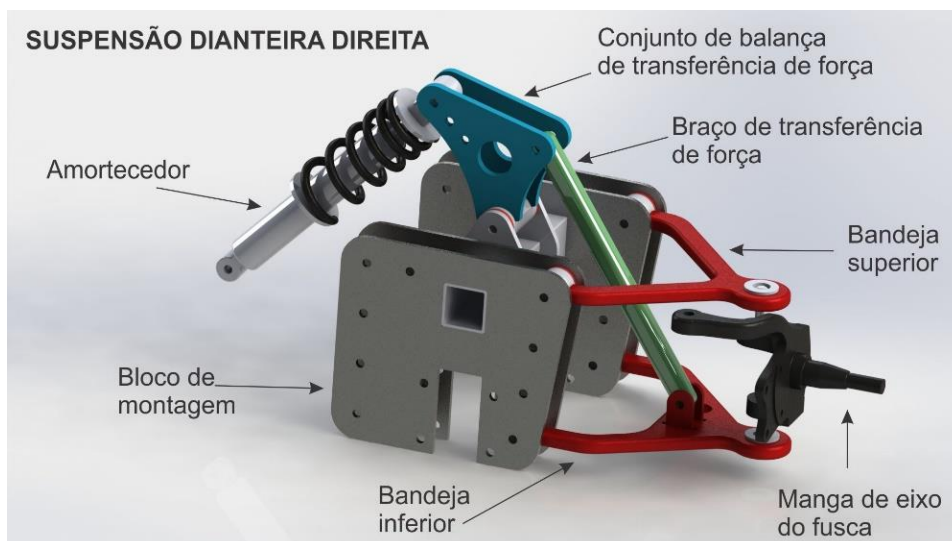


Fonte: autoria própria.

Com a manga de eixo reproduzida digitalmente, iniciou-se o projeto do sistema mecânico da suspensão (Figura 3) entre a manga de eixo e o ponto de fixação no chassi, seguida de predefinições como:

- Distância entre rodas;
- Tamanho do amortecedor;
- Buchas de conexão;
- Terminais articulados.

FIGURA 3 – Suspensão duplo A



Fonte: autoria própria.

Com o sistema projetado e a definição da carga estática que irá atuar sob cada parte do sistema como sendo de 250Kg aproximadamente - o que representa 25% da massa do veículo, adotando um fator de segurança 5, foi calculado os parafusos de fixação das bandejas, o braço de

transferência de força da bandeja para o conjunto de transferência de força, cisalhamento dos pontos de conexão dos parafusos e análise estática vertical do bloco de montagem.

Bandeja -- Para o dimensionamento da bandeja foi levado em conta dados retirados do sistema de suspensão do fusca e acrescidos de um fator de segurança dois.

Amortecedor -- No projeto o amortecedor definido para o sistema é do tipo “CoilOver” – contudo, em função do preço, este foi substituído provisoriamente por amortecedores central de moto.

Parafusos -- Como a massa adotada foi de 250Kg e usando uma gravidade de $9,8m/s^2$ a força exercida em cada sistema será de 2450N. Logo, com um fator de segurança 5 esta força será de 12.250N, o que representa uma força cortante de 1.531,25N nos parafusos de conexão da suspensão. Contudo, foi definido por estética/manipulação/segurança que os parafusos usados serão Allen M10, aço 10.8, seção resistente nominal $58mm^2$, carga nominal de 48100N – logo o fator de segurança do sistema passou de 5 para 157,06 vezes.

Terminal rotular -- Com uma carga de 12.250N sob a barra de transferência de força e o terminal rotular e após pesquisa com fornecedor foi definido que o terminal a ser usado seria o POS 12. Contudo, diante de uma promoção do fornecedor o terminal adquirido foi o terminal POS 18 o que elevou o fator de segurança para 12 vezes.

Barra de transferência de força -- foi calculada igualando a carga do sistema à pressão crítica de uma barra sob compressão axial.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad (1)$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad (2)$$

$$P_{cr} = 12.250N$$

$$E = 200 \text{ GPa} = 200.10^3 \text{ N/mm}^2$$

$$L = 220mm$$

$$K = 1$$

$$\text{Resultado } I = 300,67 \text{ mm}^4$$

$$\text{Resultado } d = 8,85 \text{ mm}$$

Apesar da barra calculada ter um diâmetro de 8,85mm foi adotado no projeto uma barra de 30mm de diâmetro ABNT 1020 – o que aumentaria o fator de segurança e facilitaria a confecção dos ponto de fixação dos terminais rotulares – além de eliminar o problema identificado no qual a σ_{cr} (tensão crítica) era praticamente igual a σ_e (tensão de escoamento).

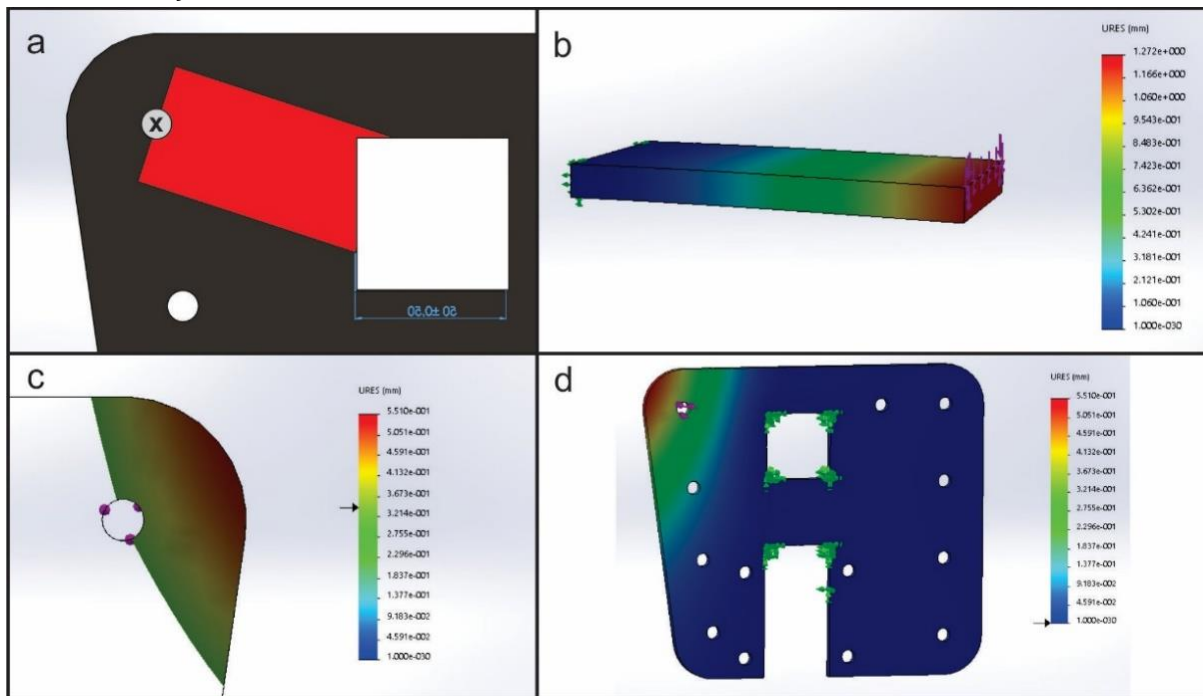
Bloco de montagem -- após a análise do projeto, foi verificado que o ponto de engaste superior da placa de montagem, onde é fixado a balança superior, é o ponto mais frágil do sistema. Assim, foi realizado uma simplificação da região, associando está região a uma viga simples engastada/livre (Figura 4a), com medidas de 40 mm x 6,35 mm x 75,5 mm. Em seguida foi definido que a força aplicada no ponto fixação “x”, desconsiderando a torção do sistema, é de 1562,5N. Para o material de construção da placa foi definido o aço ABNT 1020 / módulo de Young de 200GPa.

Após o processo de simplificação do problema foi calculado a flexão máxima que ocorreria nesta viga no ponto “x”. O valor encontrado nos cálculos foi comparado com os valores apresentados como resultado de duas simulações realizadas no “SolidWorks” – 1ª apenas com a barra (Figura 4b) – 2ª com o bloco de montagem completo (Figura 4c e 4d) (tabela – 1).

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (3)$$

$$W_{m\acute{a}x} = \frac{Pl^2}{3EI} \quad (4)$$

Figura 4 - Simulações



Fonte: autoria própria

Tabela 1 – Resultados

| Método | Deslocamento ponto x em mm |
|--------------------------|----------------------------|
| Cálculo | 1,313 |
| 1ª Simulação com a viga | 1,272 |
| 2ª Simulação com a placa | 0,345 |

Fonte: autoria própria

A existência de diferença do resultado calculado e a primeira simulação do “SolidWorks” representa uma divergência que deve ser observada e analisada com cuidado durante o processo de projeção – o que deve levar o profissional a não confiar plenamente em um “software”. Apesar dos resultados variados o bloco de montagem foi aprovado sem nenhuma alteração.

PRODUÇÃO

Na etapa de produção foi realizado o corte dos blocos de montagem e peças do sistema de transmissão de força, usando um CNC (controle numérico computadorizado) a plasma seguido da perfuração em uma furadeira de bancada com matrizes fabricadas por uma CNC de corte a laser.

As balanças foram cortadas com plasma, usinadas e soldadas no processo MAG. As buchas foram produzidas com poliuretano (PU) e aço ABNT 1020 seguindo medidas comerciais.

Durante o processo de desmontagem dos terminais do fusca foi registrado uma força de 1500Kg – já no processo de montagem foi registrado uma força de 5000kg

Resultados e Discussão ou Relato de Caso

Com todas as peças adquiridas e fabricadas foi realizada sob o chassi a montagem da suspensão. Após montagem foi verificado o ajuste de cambagem, convergência, fino de altura e transferência de força – todos funcionaram corretamente. O teste de dirigibilidade apresentou como resultado (Figura 5):

- Um controle estável do sistema de direção,

- Um fator de curvatura um pouco reduzido,
- Um amortecimento sub-amortecido - sendo resultado da não instalação dos amortecedores “CoilOver”.

Figura 5 – Suspensão Montada



Fonte: autoria própria

Figura 6 – Veículo Hot Rod com a suspensão



Fonte: autoria própria

Conclusões

Durante o processo de desenvolvimento e produção do sistema se verificou que a metodologia atendeu aos fatores de segurança adotados e que os problemas identificados (amortecimento sub-amortecido e divergência entre cálculos e simulações) não afetaram os resultados finais – visto que o projeto apresentou um resultado favorável para a construção do primeiro protótipo de uma suspensão duplo A, já que esta funcionou corretamente e de forma segura.

Agradecimentos

A coordenação e a diretora do Centro Universitário Una Uberlândia que apoiaram na elaboração deste projeto e na graduação.

Referências Bibliográficas

HIBBELER, Russell Charles. Resistência dos Materiais. 7. ed. - São Paulo : Pearson Prentice Hall, 2010.

Costa, P. G. **A BÍBLIA DO CARRO**. [S.l.]: [s.n.]. 2002.

Site: **Terminais Rotulados**: <<http://thk.com/?q=br/node/4684>> Acesso em: 15 de Abril de 2017.