

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
ALEARDO ALVES MOREIRA

DIMENSIONAMENTO DE UM MACACO PNEUMÁTICO DE MÉDIO PORTE
APLICADO PARA ELEVAÇÃO DE VEÍCULOS

CASCADEL – PR

2017

ALEARDO ALVES MOREIRA

**DIMENSIONAMENTO DE UM MACACO PNEUMÁTICO DE MÉDIO PORTE
APLICADO PARA ELEVAÇÃO DE VEÍCULOS**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor orientador: Carlos Alberto Breda.

CASCADEL – PR

2017

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – As fases de projeto, identificando as diversas realimentações e repetições.....	7
Figura 2 – Ar sujeito a compressão.	9
Figura 3 – Elasticidade do ar.	10
Figura 4 – Difusibilidade do ar.....	10
Figura 5 – Expansibilidade do ar.....	11
Figura 6 – Simbologia das válvulas de controle direcional.....	12
Figura 7 – Vias de uma válvula de controle direcional.	12
Figura 8 – Exemplo de identificação das válvulas de controle direcional.	13
Figura 9 – Exemplos de válvulas de controle direcional.....	13
Figura 10 – Símbolos dos tipos de soldas.	16
Figura 11 – Solda de uma junta de topo típica.	17
Figura 12 – Mola pneumática Conti Tech FT 330-29 CI.	19
Figura 13 – Gráfico condições de trabalho mola pneumática FT 330-29 CI.	19
Figura 14 – Esboço plano lateral da estrutura do macaco pneumático.	20
Figura 15 – Prancha superior do macaco pneumático.....	21
Figura 16 – Diagrama pneumático.	21

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Tensão normal.....	14
Equação 2 – Tensão de cisalhamento	14
Equação 3 – Fator de segurança	15
Equação 4 – Fator de segurança	15
Equação 5 – Tensão normal de soldas.....	16

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 OBJETIVOS	5
1.1.1 Objetivo geral	5
1.1.2 Objetivos específicos	5
1.2 JUSTIFICATIVA	6
1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	6
1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 PROJETO MECÂNICO	7
2.1.1 Considerações de projeto	8
2.2 PNEUMÁTICA	8
2.2.1 Propriedades físicas do ar	9
2.2.2 Compressibilidade	9
2.2.3 Elasticidade	10
2.2.4 Difusibilidade	10
2.2.5 Expansibilidade	11
2.2.6 Válvulas de controle direcional	11
2.2.7 Identificação das válvulas	12
2.3 RESISTÊNCIA DOS MATERIAS	14
2.3.1 fator de segurança	15
2.3.2 Soldagem	15
2.3.3 Soldas de topo e filete	16
3 METODOLOGIA	18
3.1 PROJETO ESTRUTURAL	18
3.1.1 Mola pneumática	18
3.1.2 Estrutura do equipamento	20
3.1.3 Controle de atuação	21
4 CRONOGRAMA	22
5 RESULTADOS ESPERADOS	23
5.1 PROJETO DIMENSIONAL	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta de elevação de carga focado na aplicação do setor automotivo, esse dispositivo facilitará ao operador na execução de atividades rápidas, como exemplo, substituição de pastilhas de freios, reparos de suspensões e outros componentes. O projeto será designado para utilização em veículos de pequeno e médio porte (carros populares, utilitários e caminhonetes).

A abordagem teórica no dimensionamento de elementos de máquinas, resistência dos materiais e pneumática, no decorrer deste trabalho facilitará para um melhor entendimento objetivando a definição do conceito do equipamento.

A fundamentação desse trabalho busca o desenvolvimento do projeto, o processo de fabricação e montagem de um “macaco” pneumático para levantamento de veículos em empresas que atuam na área de manutenção mecânica automotiva.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver um dispositivo de elevação de carga com atuador pneumático com finalidade de aplicação para oficinas mecânicas.

1.1.2 Objetivos específicos

- Dimensionar o dispositivo para capacidade de carga de até 1,5 toneladas.
- Realizar o projeto conceitual objetivando a definição do conceito do equipamento.
- Desenvolver o equipamento visando baixo custo e alta qualidade de projeto.
- Descrição do projeto informacional objetivando a definição das especificações do dispositivo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Na maioria das oficinas mecânicas e concessionárias são utilizados comumente equipamentos hidráulicos de acionamento manual para o levantamento de veículos em serviços rápidos, o que implica para o reparador ficar em posições desconfortáveis e se submeter a esforços físicos constantes no momento de elevação da carga.

Além disso, vazamentos de fluidos hidráulicos num ambiente de serviços automotivos são completamente indesejáveis, o local se torna sujo e poluído visualmente o que também não é bem visto pelos clientes.

Visualizando todos esses fatores negativos podemos substituir esse sistema por um dispositivo de acionamento pneumático que irá aumentar a produtividade da empresa e trazer benefícios para os funcionários otimizando as condições de trabalho bem como a segurança e a ergonomia.

Os movimentos humanos resultam das contrações musculares. As forças desses movimentos dependem da quantidade de fibras musculares contraídas. Em geral, apenas dois terços das fibras de um músculo podem ser voluntariamente contraídos de cada vez. Para longos períodos, a contração muscular não deve ultrapassar a 20% da força máxima (IIDA, 2005, p.175).

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O dispositivo trará aumento de produtividade da empresa que o faça uso?

1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

O projeto delimita-se a um dispositivo de elevação de carga de aproximadamente 920 mm de comprimento, 360 mm de largura, com capacidade de até 1500 kg, altura máxima de curso 560 mm, com acionamento pneumático que se propõe a atender veículos de pequeno e médio porte (carros populares, utilitários e caminhonetes), suspendendo parcialmente o chassi do veículo em relação ao solo.

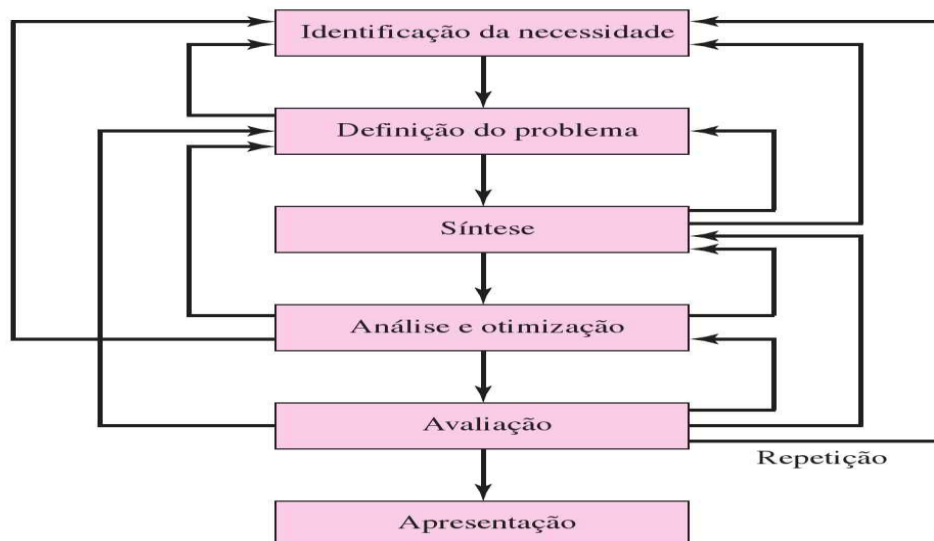
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROJETO MECÂNICO

Um projeto mecânico é um empreendimento complexo que exige várias habilidades. Relações abrangentes precisam ser subdivididas em uma série de tarefas mais simples. A complexidade do assunto requer uma sequência em que os conceitos são introduzidos e reiterados. Primeiro tratamos da natureza do projeto em geral, e depois, do projeto de engenharia mecânica em particular (SHIGLEY, 2011).

Há papéis a serem cumpridos por códigos e padrões, os sempre presentes aspectos econômicos, a segurança e as considerações de responsabilidade pelo produto. A subsistência de um componente mecânico muitas vezes está relacionada à tensão de e à resistência. Incertezas estão sempre presentes em projetos de engenharia e são resolvidos por meio do fator do projeto e do fator de segurança, sejam em termos determinísticos ou estatísticos. Assim, projetar é formular um plano para atender uma necessidade específica ou resolver um problema. Se o plano resultar na criação de algo concreto, então o produto deverá ser funcional, seguro, confiável, competitivo e próprio para ser usado, fabricado e comercializado (SHIGLEY, 2011).

Figura 1 – As fases de projeto, identificando as diversas realimentações e repetições.



Fonte: Shigley (2011).

2.1.1 Considerações de Projeto

Algumas vezes a resistência exigida de um elemento em um sistema é um fator importante na determinação da geometria e das dimensões desse elemento. Em tal situação, dizemos que a resistência é uma consideração de projeto importante. Ao usarmos a expressão consideração de projeto, estamos nos referindo a alguma característica que influi no projeto do elemento ou, talvez, todo o sistema. Normalmente, um bom número de tais características deve ser considerado e priorizado em uma dada situação de projeto. Muitas das características importantes compreendem não necessariamente em ordem de importância:

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1- Funcionalidade. | 14- Superfície. |
| 2- Ruído. | 15- Fabricabilidade. |
| 3- Resistência/tensão. | 16- Lubrificação. |
| 4- Estilo. | 17- Utilidade. |
| 5- Distorção/deflexão/rigidez. | 18- Mercantilidade. |
| 6- Forma. | 19- Custo. |
| 7- Desgaste. | 20- Manutenção. |
| 8- Tamanho. | 21- Atrito. |
| 9- Corrosão. | 22- Volume. |
| 10- Controle. | 23- Peso. |
| 11- Segurança. | 24- Vida. |
| 12- Propriedades térmicas. | 25- Responsabilidade pelo produto. |
| 13- Confiabilidade. | 26- Refabricação/recuperação de recursos. |

Algumas dessas características estão diretamente relacionadas com as dimensões, o material, o processamento e a junção dos elementos do sistema. Várias características podem estar inter-relacionadas, afetando a configuração do sistema como um todo (SHIGLEY, 2011).

2.2 PNEUMÁTICA

O termo pneumática é derivado do grego Pneumos ou Pneuma (respiração, sopro) e é definido como a parte da Física que se ocupa da dinâmica e dos fenômenos físicos relacionados com os gases ou vácuos. É também o estudo da conservação da energia

pneumática em energia mecânica, através dos respectivos elementos de trabalho. Embora a base da pneumática seja um dos mais velhos conhecimentos da humanidade, foi preciso aguardar o século XIX para que o estudo do seu comportamento e propriedades se tornasse sistemático. Porém, pode-se dizer que somente após o ano de 1950 é que ela foi realmente introduzida no meio industrial (PARKER, 2000).

Hoje, o ar comprimido tornou-se indispensável, e nos mais diferentes ramos industriais instalam-se equipamentos pneumáticos.

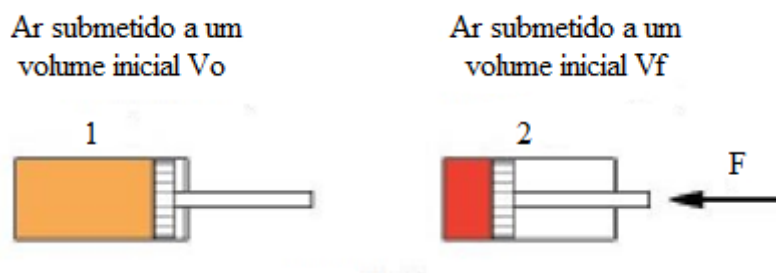
2.2.1 Propriedades físicas do ar

Apesar de insípido, inodoro e incolor, percebemos o ar através dos ventos, aviões e pássaros que nele flutuam e se movimentam. Sentimos também o seu impacto sobre o nosso corpo. Concluimos facilmente que o ar tem existência real e concreta, ocupando lugar no espaço (PARKER, 2006).

2.2.2 Compressibilidade

O ar, assim como todos os gases, tem a propriedade de ocupar todo o volume de qualquer recipiente, adquirindo seu formato, já que não tem forma própria. Assim, podemos encerrá-lo num recipiente com volume determinado e posteriormente provocar-lhe uma redução de volume usando umas de suas propriedades a compressibilidade. Podemos concluir que o ar permite reduzir seu volume quando sujeito à ação de força exterior (PARKER, 2006).

Figura 2 – Ar sujeito a compressão.

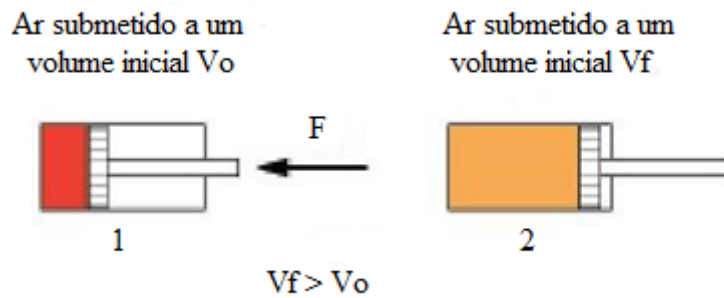


Fonte: Parker (2006).

2.2.3 Elasticidade

Propriedade que possibilita ao ar voltar ao seu volume inicial uma vez extinto o efeito (força) responsável pela redução do volume (PARKER, 2006).

Figura 3 – Elasticidade do ar.

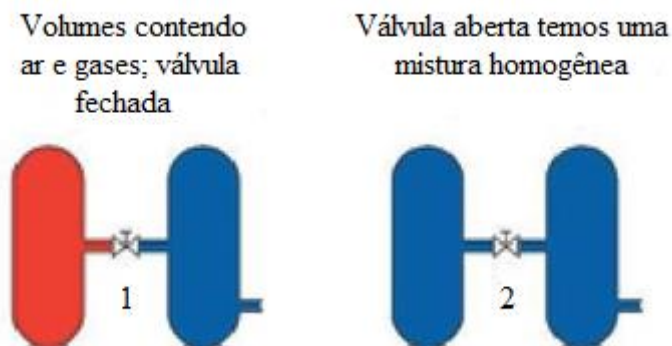


Fonte: Parker (2006).

2.2.4 Difusibilidade

Propriedade do ar que lhe permite misturar-se homogeneamente com qualquer meio gasoso que não esteja saturado (PARKER, 2006).

Figura 4 – Difusibilidade do ar.

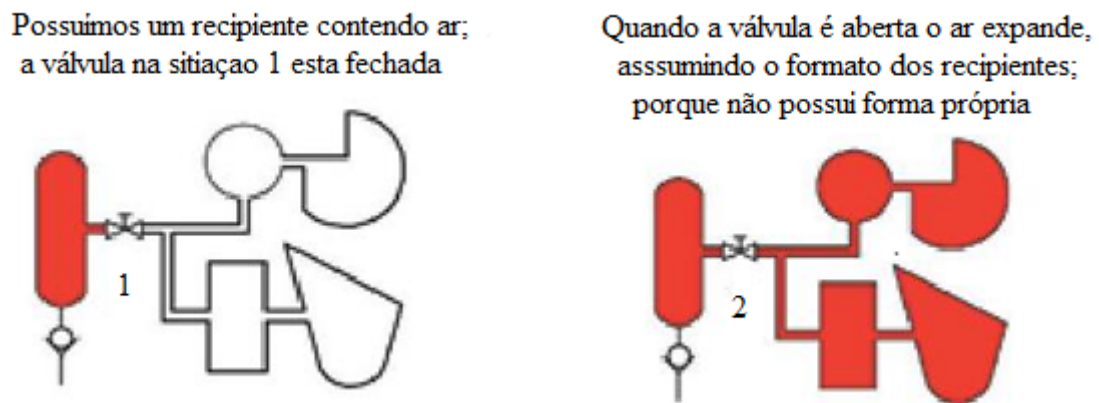


Fonte: Parker (2006).

2.2.5 Expansibilidade

Propriedade do ar que lhe possibilita ocupar totalmente o volume de qualquer recipiente, adquirindo o seu formato (PARKER, 2006).

Figura 5 – Expansibilidade do ar.



Fonte: Parker (2006).

2.2.6 Válvulas de controle direcional

A válvula é um componente do circuito pneumático que se destina a controlar a direção, pressão e/ou vazão do ar comprimido. Elas podem ser de controle direcional de 2, 3, 4 ou 5 vias, reguladores de vazão ou pressão e de bloqueio, com diversos tipos de atuadores.

Os atuadores pneumáticos, componentes das máquinas de produção, para desenvolverem suas ações produtivas, devem ser alimentados ou descarregados convenientemente, no instante em que desejarmos, ou de conformidade com o sistema programado.

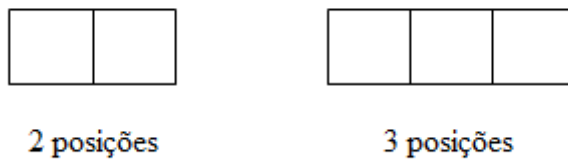
Portanto, basicamente, de acordo com seu tipo, as válvulas servem para orientar os fluxos de ar, impor bloqueios, controlar suas intensidades de vazão ou pressão (PARKER, 2000).

2.2.7 Identificação das válvulas

As válvulas de controle direcional são selecionadas de acordo com suas características de construção:

- Posição inicial: É a posição de repouso da válvula, onde não está submetida a nenhum acionamento.
- Tipo de retorno: Pode ser escape provido para conexão canalizada ou livre.
- Vazão: É um parâmetro que determinará a velocidade do atuador.
- Número de posições: É a quantidade de manobras distintas que uma válvula direcional pode executar ou permanecer sob a ação de seu acionamento.

Figura 6 – Simbologia das válvulas de controle direcional.



Fonte: Parker (2000).

- Número de vias: É o número de conexões de trabalho que a válvula possui. São consideradas como vias a conexão de entrada de pressão, conexões de utilização e as de escape.

Figura 7 – Vias de uma válvula de controle direcional.



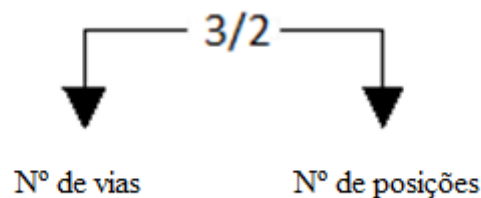
Fonte: Parker (2000).

- Tipo de acionamento: As válvulas exigem um comando que desloque suas partes internas de uma posição para outra, ou seja, que altere as direções do fluxo, efetue os bloqueios e liberação de escapes. Assim os acionamentos podem ser, musculares, mecânicos, pneumáticos, elétricos ou combinados.

Uma regra prática para a determinação do número de vias consiste em separar um dos quadrados (posição) e verificar quantas vezes o(s) símbolo(s) interno(s) toca(m) os lados do quadro, obtendo-se, assim, o número de orifícios e em correspondência o número de vias (PARKER, 2000).

Designação: a primeira cifra da designação indica o nº de vias (excluindo-se os orifícios de pilotagem), a segunda cifra indica o número de posições.

Figura 8 – Exemplo de identificação das válvulas de controle direcional.



Fonte: Parker (2000).

Preferencialmente, os pontos de conexão deverão ser contados no quadro da posição inicial.

Figura 9 – Exemplos de válvulas de controle direcional.



Fonte: Parker (2000).

2.3 RESISTÊNCIA DOS MATERIAS

Resistência é uma propriedade de um material ou de um elemento mecânico. A resistência de um elemento depende da escolha, do tratamento e do processamento do material. Então a resistência é uma propriedade inerente a uma peça, uma propriedade incorporada a peça em razão do emprego de um determinado material e processo (SHIGLEY, 2011).

A distribuição uniforme de tensão num material é utilizada como conceito frequente em projetos mecânicos. O resultado é denominado como, tração pura, compressão pura ou cisalhamento puro, dependendo de como a carga externa é aplicada no corpo de prova.

Assim a tensão σ normal, uniformemente distribuída pode ser calculada pela seguinte equação:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Onde:

σ = Tensão normal (Pa)

F = Força aplicada (N)

A = Área de secção transversal (m²)

Em caso de esforços tendendo ao cisalhamento, a essa possibilidade deve ser eliminada antes de a equação (1) ser usada.

Aplica-se a seguinte equação para tensão de cisalhamento:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Onde:

τ = Tensão de cisalhamento (Pa)

F = Força aplicada (N)

A = Área de secção transversal (m²)

2.3.1 fator de segurança

Uma abordagem geral para o problema de carga admissível versus carga de perda de função é o método de fator de projeto determinístico. Todos os modos de perda de função devem ser analisados e o modo que conduz ao menos fator de projeto impera. Depois do projeto ter sido determinado, o fator de projeto real pode mudar em razão de mudanças como arredondamento para um tamanho padrão de uma secção transversal ou o emprego de componentes saídos de prateleiras com valores maiores em vez de empregar o que é calculado usando-se o fator de projeto (SHIGLEY, 2011).

Portanto o calcula para fator de segurança de projeto pode ser descrito como:

$$C_s = \frac{\text{resistência de perda de função}}{\text{tensão admissível}} = \frac{\sigma_u}{\sigma(ou)\tau} \quad (3)$$

Onde:

C_s = fator de segurança

σ_u = Resistência de perda de função (tensão última)

σ = Tensão normal admissível

τ = Tensão de cisalhamento admissível

Se substituirmos a equação (1) na equação (3), obteremos a seguinte equação:

$$C_s = \frac{\sigma_u \cdot A}{F} \quad (4)$$

Onde:

C_s = fator de segurança

σ_u = Resistência de perda de função (tensão última)

F = Força aplicada (N)

A = Área de secção transversal (m²)

2.3.2 Soldagem

Uma solda é fabricada ao soldar, junto, uma coleção de formas metálicas cortadas a configurações particulares. Durante a soldagem, as várias partes são mantidas juntas de forma segura, frequentemente por grampo ou fixador. As soldas devem ser precisamente especificadas nos desenhos de trabalho, o que é feito usando símbolos de soldagem, como padronizado pela American welding Society (AWS), (SHIGLEY, 2011).

Para elementos gerais de máquinas a maiorias das soldas é de filete, embora soldas de topo sejam bastante usadas em projeto de vasos de pressão. Visto que o calor é usado na operação de soldagem, há mudanças metalúrgicas no metal original nas cercanias da solda. Além disso, tensões residuais podem ser introduzidas por causa da fixação ou sustentação ou, às vezes, pela ordem de soldagem. Usualmente essas tensões residuais não são severas o bastante para causar preocupação, em alguns casos um tratamento térmico leve depois da soldagem é considerado útil para aliviá-las (SHIGLEY, 2011).

Figura 10 – Símbolos dos tipos de soldas.

Conta (ou cordão)	Filete	Tampão ou fenda	Sulco				
			Quadrada	V	Biselada	U	J
							

Fonte: Shigley (2011).

2.3.3 Soldas de topo e filete

Uma solda de entalhe V simples carregada por uma força de tração F , quer para carregamento de tração, quer para de compressão, a tensão normal média, conforme Shigley (2011), pode ser calculada pela seguinte equação:

$$\sigma = \frac{F}{hl} \quad (5)$$

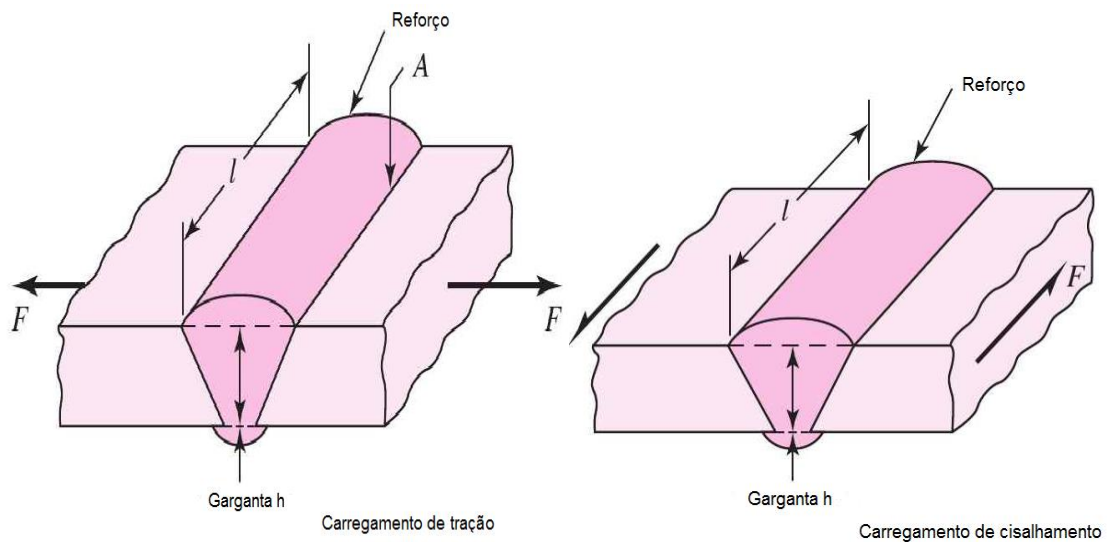
Onde:

σ = Tensão normal (Pa)

h = Garganta de solda (m)

l = Comprimento de solda (m)

Figura 11 – Solda de uma junta de topo típica.



Fonte: Shigley (2011).

O reforço pode ser desejável, mas ele varia um tanto e produz concentração de tensão no ponto A na figura. Se cargas de fadiga existirem, é aconselhável esmerilhar ou retirar o reforço (SHIGLEY, 2011).

3 METODOLOGIA

3.1 PROJETO ESTRUTURAL

Com base nos estudos anteriores, dos conceitos e fatores que envolvem o projeto, será detalhada a estrutura do dispositivo de levantamento de carga “macaco” pneumático.

A seleção de chapas de aço para a construção do dispositivo será baseada em equipamentos já existentes, especificações como espessuras e tipo do aço serão aproximadamente os mesmos. O foco do dimensionamento será voltado a condição mais crítica do dispositivo que é a seleção e adaptação da mola pneumática de tripla convolução para a elevação da carga.

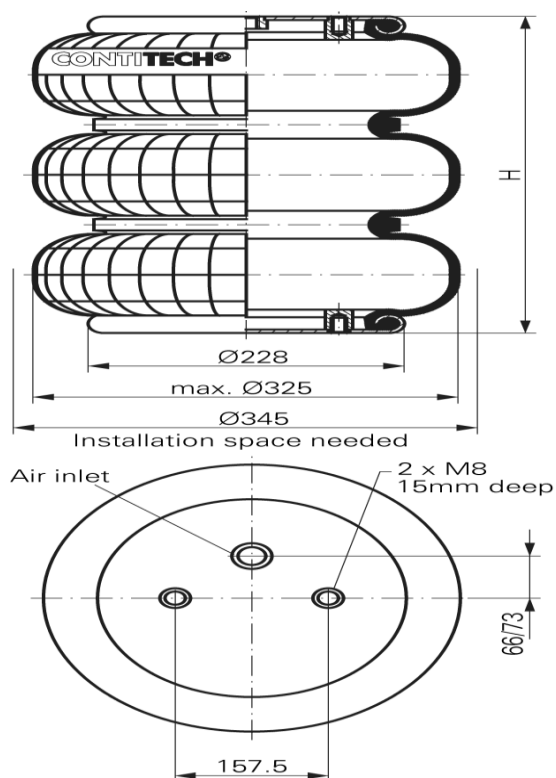
3.1.1 Mola pneumática

Para a seleção da mola pneumática foram consultados catálogos de alguns fabricantes, visto isso a melhor relação custo desempenho que atenderam as necessidades para esse projeto foi obtido pela fabricante Continental.

Assim a bolsa escolhida para adaptação no dispositivo será Conti Tech de tripla convolução código FT330-29CI, que segue as seguintes especificações:

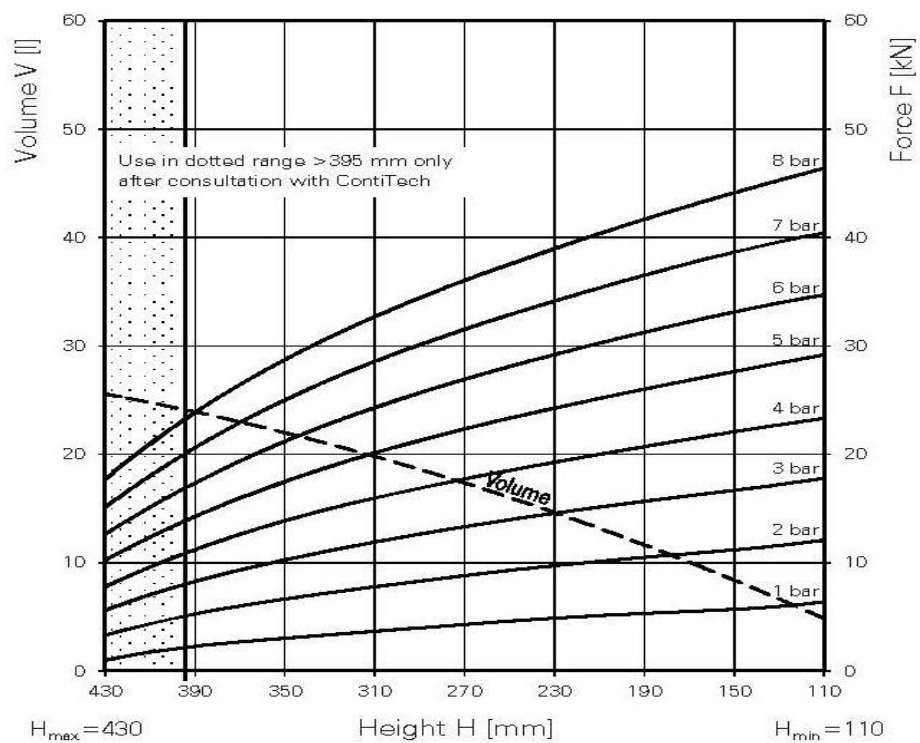
- Diâmetro máximo 325 mm;
- Diâmetro mínimo necessário para instalação 345 mm;
- Altura máxima de expansão 430 mm;
- Altura mínima 110 mm;
- pressão máxima de trabalho 8 bar;
- Carga máxima 44.7 kN.

Figura 12 – Mola pneumática Conti Tech FT 330-29 CI.



Fonte: Continental (2014).

Figura 13 – Gráfico condições de trabalho mola pneumática FT 330-29 CI.



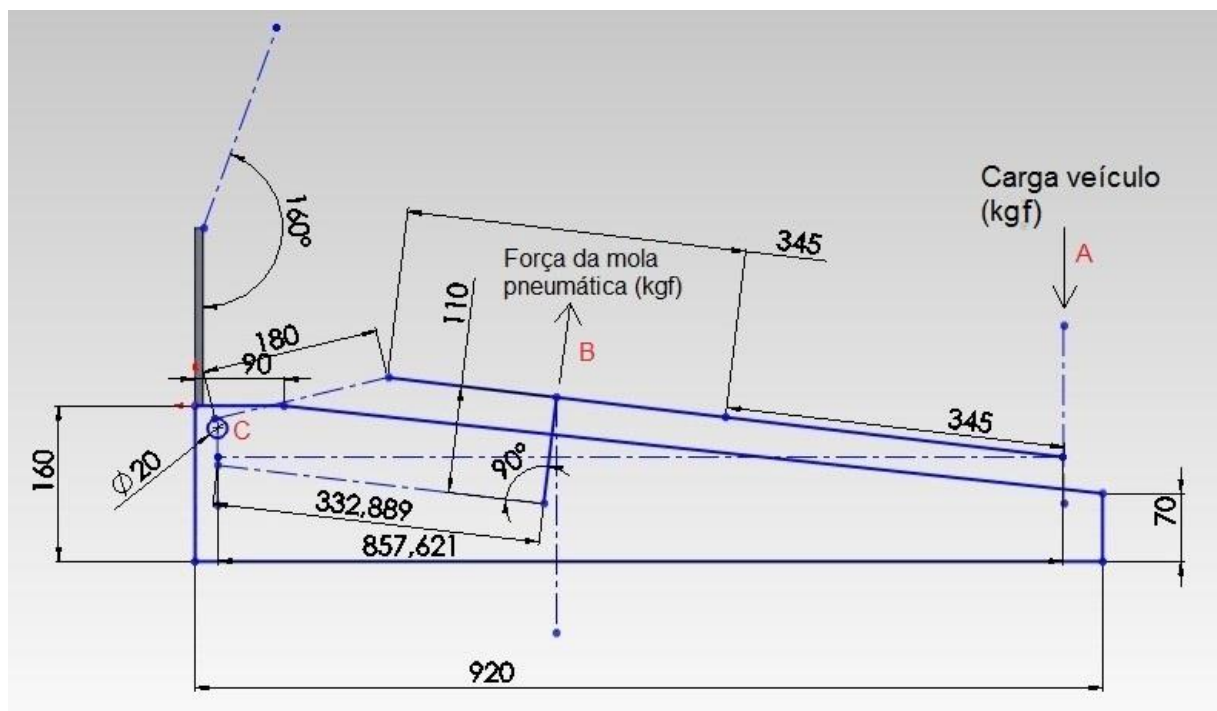
Fonte: Continental (2014).

3.1.2 Estrutura do equipamento

O desenho da estrutura, elementos mecânicos e dimensões serão realizados e desenvolvidos com recursos a partir de ferramentas computacionais de desenhos técnicos.

Primeiramente foi feito um esboço da estrutura para partir dos cálculos de resistência do equipamento, após todo esse detalhamento será criado o desenho dos elementos mecânicos do macaco pneumático e finalmente a montagem dessas partes, para visualizar as características dimensionais do projeto como um todo antes da fabricação, sendo possível assim alterações conforme necessidade.

Figura 14 – Esboço plano lateral da estrutura do macaco pneumático.



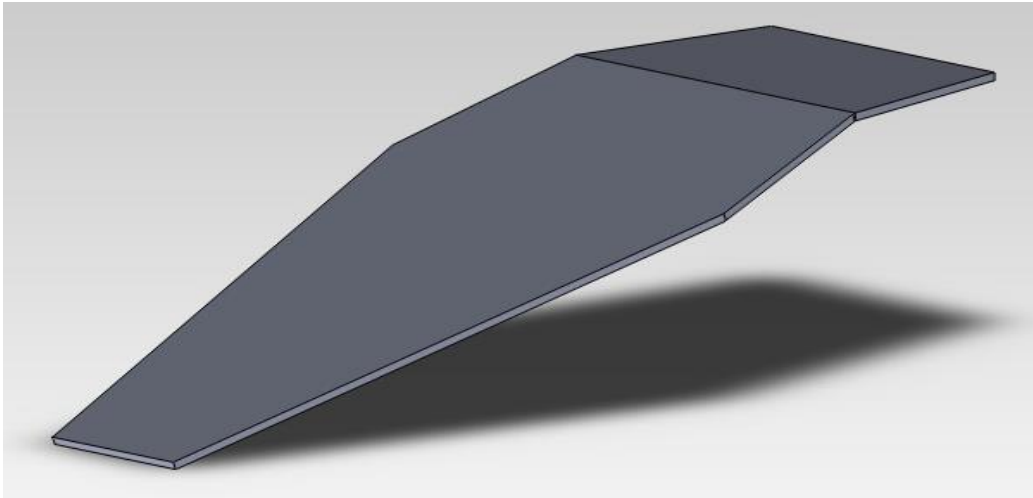
Fonte: Elaborado pelo autor.

O ponto A é aonde será submetido a carga de trabalho, ou seja, a posição de engaste em que o veículo será levantado, com limite de carga máxima de 1500 kgf.

O ponto B representa a posição em que será instalado a mola pneumática, que segundo fabricante possui capacidade máxima de carga de 4558 kgf.

O ponto C representa o pino de articulação da prancha superior do macaco.

Figura 15 – Prancha superior do macaco pneumático.

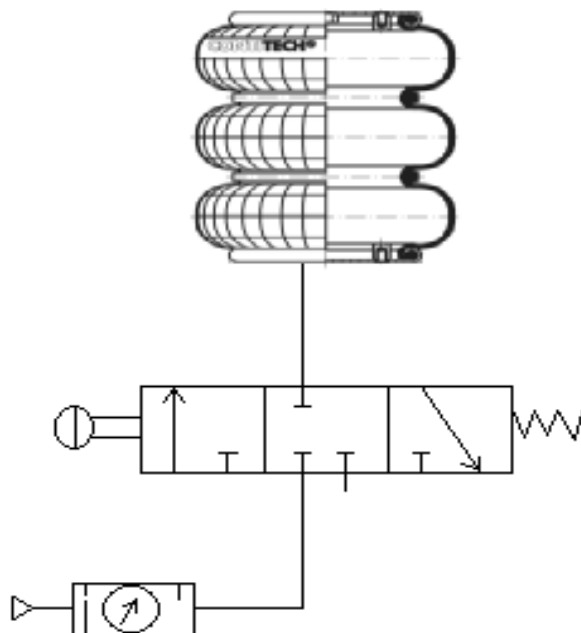


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.3 Controle de atuação

Para o acionamento da mola pneumática será necessário uma válvula de controle direcional, sendo assim esse sistema possuirá uma válvula de configuração 3/3 vias normalmente fechada controlada por acionamento manual.

Figura 16 – Diagrama pneumático.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4 CRONOGRAMA

Atividades previstas para concluir a pesquisa no TCCII	Jul. 2017	Ago. 2017	Set. 2017	Out. 2017	Nov. 2017	Dez. 2017
Leitura e fichamento dos textos teóricos indicados.	X	X				
Revisão da fundamentação teórica do projeto.	X	X	X			
Revisão da metodologia do projeto.		X	X			
Resultados e discussões.				X	X	
Revisão textual e metodológica do trabalho.					X	X
Protocolo do projeto.						X
Realização de banca avaliadora.						X
Revisão final e protocolo do projeto.						X

5 RESULTADOS ESPERADOS

5.1 PROJETO DIMENSIONAL

O dispositivo pneumático que será fabricado poderá atender as necessidades de carga como visto anteriormente, porem somente com sua estrutura totalmente definida irá ser calculado os esforços mecânicos. A maior dificuldade do projeto é a seleção do atuador pneumático e a sua locação na estrutura do dispositivo, envolvendo um relação de momento torsor que implica diretamente na carga máxima de atuação.

O diâmetro do atuador pneumático está diretamente relacionado com sua capacidade, assim adotando um atuador para cargas acima de 1,5 toneladas implicaria num dispositivo extremamente grande, dificultando sua operação e se tornando inviável para a aplicação do setor automotivo, havendo também maior custo para sua fabricação.

Caso haja dificuldade na obtenção da mola pneumática da marca sugerida, poderá ser utilizado outra mola similar de uma marca concorrente, como exemplo, Goodyear, Firestone, Cofap, entre outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONTINENTAL. **Catálogo de aplicações de molas pneumáticas**. 2014. Disponível em: <www.contitech.com>. Acesso em: 25 março 2017.

G. BUDYNAS, Richard; NISBETT, J. Keith. **Elementos de máquinas de Shigley**. 8.ed. Porto Alegre RS: AMGH Editora Ltda, 2011.

MELCONIAM, Sarkis. **Mecânica técnica e resistências dos materiais**. São Paulo: Érica, 1999.

PARKER HANNIFIN. **Tecnologia pneumática industrial**. 2000. Disponível em: <www.parker.com.br/training>. Acesso em: 25 março 2017.

_____. **Dimensionamento de redes de ar comprimido**. 2006. Disponível em: <www.parker.com.br/training>. Acesso em: 26 março 2017.

STEMCO. **Catálogo de molas pneumáticas**. 2016. Disponível em: <www.stemco.com/literature>. Acesso em: 29 abril 2017.