



Maicon Mariel Rohden Olbermann

**PROJETO CONCEITUAL DE UM ELEVADOR PARA
MANUTENÇÃO DE MOTOCICLETAS**

Horizontina

2012

Maicon Mariel Rohden Olbermann

**PROJETO CONCEITUAL DE UM ELEVADOR PARA
MANUTENÇÃO DE MOTOCICLETAS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Anderson Dal Molin, Me.

CO-ORIENTADOR: Ricardo Ferreira Severo, Me.

Horizontina

2012

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

“Projeto Conceitual de um Elevador para Manutenção de Motocicletas”

Elaborada por:

Maicon Mariel Rohden Olbermann

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 17/12/2012
Pela Comissão Examinadora**

**Mestre em Engenharia Mecânica. Anderson Dal Molin
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador**

**Mestre em Engenharia Agrícola. Ricardo Ferreira Severo
FAHOR – Faculdade Horizontina
Co-Orientador**

**Mestre em Engenharia de Produção. Cesar Antônio Mantovani
FAHOR – Faculdade Horizontina**

Horizontina

2012

DEDICATÓRIA

A minha mãe, meu irmão e ao meu pai
que olha por mim.

AGRADECIMENTO.

Agradeço aos professores e orientadores Anderson Dal Molin e Ricardo Severo, pelo instigante apoio, encorajamento e conhecimento transmitido.

A minha esposa Deisy, que esteve ao meu lado nas horas de alegria, e principalmente de angústia, quando mais precisei de seu apoio.

A minha Mãe Agnês, que tanto sacrificou desejos próprios e comodidades, pelo zelo de seus filhos, dos tantos ensinamentos, sou especialmente grato a construção de meu caráter.

Ao meu irmão Marcelo, que sem seu árduo trabalho e liderança precoce, tenho certeza, de que eu não chegaria até este momento.

“A glória em sua mais simples versão, percebe-se naquele que, usando de humildade, consegue reconhecer e reparar seus próprios erros, pois ela não reside no fato de nunca ter errado, mas de levantar-se frente o equívoco e continuar acreditando sempre, após cada adversidade.”

(Ivan Teorilang)

RESUMO

O trabalho realizado visa projetar conceitualmente um elevador pneumático para oficinas de motocicletas, a fim de tornar este serviço de manutenção mais flexível, com maiores possibilidades de posicionamento. A demanda de mercado para esta área aponta para um relevante crescimento, sendo que os modelos atuais possuem funções limitadas e alguns métodos de posicionamento comprometem a integridade do mecânico e motocicleta. Este projeto conceitual originou-se com um planejamento na análise do problema e mercado, e na fase informacional seguinte, foram levantadas as necessidades dos clientes, o que apresentou características para o elevador que não são encontradas em produtos do mercado atual. A fase conceitual posterior apresentou vários tipos de opções de solução, sendo definida uma concepção única de elevador pneumático, que foi modelada para melhor visualização dos resultados. Por fim, o cálculo dos esforços do sistema de elevação proporcionou a análise do uso de um sistema alternativo das forças. Sendo atendido no fim, os objetivos de desenvolvimento de um modelo conceitual de elevador pneumático, com grande flexibilidade no posicionamento de motocicletas, e com simplicidade, visando se adequar aos custos de sua produção, sendo fornecido embasamento teórico a pesquisas futuras.

Palavras-chaves:

Elevador pneumático - PDP - Motocicletas.

ABSTRACT

The work aims at designing conceptually a pneumatic elevator for workshops of motorcycles, in order to make this service more flexible maintenance, with the greatest possibilities for positioning. The market demand for this area, points to a relevant growth, being that the current models have limited functions and some methods of positioning compromise the integrity of the mechanic and motorcycle. This conceptual project originated with a planning in the analysis of the problem and the market, and the informational phase follows, were raised the needs of customers, which presented characteristics to the elevator which are not found in products of today's market. The conceptual phase later presented several types of solution options, defined a single design of pneumatic elevator, which was modeled for best viewing results. Finally, the calculation of the efforts of the lifting system provided the analysis of the use of an alternative system of forces. Being served at the end, the objectives of the development of a conceptual model of truck tire, with great flexibility in the positioning of motorcycles, and with simplicity, aiming to suit to the costs of their production, being supplied theoretical basis for future research.

Keywords:

Pneumatic lifting elevator - PDP - Motorcycles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comparativo de crescimento de frotas Geral X Duas Rodas.....	11
Figura 2 - Folgas entre os braços e dos braços com a base de um elevador tipo tesoura.....	21
Figura 3 - Princípio de Saint-Venant.	22
Figura 4 - Distribuição da tensão conforme proximidade com o ponto de aplicação da força.	22
Figura 5 - Distribuição da tensão de flexão.	24
Figura 6 - Coeficientes de concentração de tensões para barras chatas.....	25
Figura 7 - Influência da flexão sobre a ação cisalhante na malha das barras.	26
Figura 8 - Segmento da seção transversal submetida ao cisalhamento.	27
Figura 9 - Distribuição das tensões em viga de formato retangular	28
Figura 10 - Fluxo do projeto conceitual elaborado.....	30
Figura 11 - Ciclo de vida do produto versus Clientes.	34
Figura 12 - Formulação da função global do sistema técnico do produto.	38
Figura 13 - Desenvolvimento da estrutura funcional do produto.	39
Figura 14 - Modelo simplificado do conceito de elevador pneumático.....	42
Figura 15 - Detalhe do sistema de fixação e inclinação.	42
Figura 16 - Relação para considerar distanciamento entre braços na altura mais usual.....	43
Figura 17 - Forças e reações atuantes na estrutura do sistema de elevação (altura máxima).	44
Figura 18 - Forças e reações atuantes na estrutura do sistema de elevação (altura de descanso).....	45
Figura 19 - Diagrama de reações da barra AD.	46
Figura 20 - Diagramas de Cisalhamento (Shear), e de Momento Fletor (Moment), barra AD.	47
Figura 21 - Diagrama de reações da barra BC.	48
Figura 22 - Vista da seção transversal do elevador, diagrama de forças das vigas bi- engastadas.....	49
Figura 23 - Diagrama das reações da viga bi-engastada inferior (viga G).	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Propriedades necessárias para as especificações de projeto..	15
Quadro 2 - Especificações técnicas por principais categorias e modelos de motocicletas.	18
Quadro 3 - exemplo de produtos disponíveis no mercado.....	32
Quadro 4 - Normas aplicáveis ao projeto.	34
Quadro 5 - Discriminação das necessidades captadas dos clientes, e Requisitos do cliente e projeto obtidos.	35
Quadro 6 - Especificações de projeto.	37
Quadro 7 - Matriz morfológica para concepção do elevador.	40
Quadro 8 - Concepção da Solução.	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 PROJETO DE PRODUTO.....	13
2.1.1. PROJETO INFORMACIONAL.....	14
2.1.2. PROJETO CONCEITUAL.....	16
2.2 SISTEMAS PNEUMÁTICOS.....	16
2.1.3. ATUADORES PNEUMÁTICOS.....	16
2.1.4. VÁLVULAS DE CONTROLE	17
2.3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS MOTOCICLETAS.....	18
2.4 SISTEMAS DE FIXAÇÃO DE MOTOCICLETAS.....	19
2.5 REQUERIMENTOS DE SEGURANÇA PARA ELEVADORES DE VEÍCULOS	19
2.6 RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS	21
2.1.5. CARREGAMENTO AXIAL	21
2.1.6. TENSÃO ADMISSÍVEL	23
2.1.7. FLEXÃO.....	23
2.1.8. TENSÃO DE CISLHAMENTO	25
2.1.9. TEORIA DE VON MISES-HENCKY	28
3. METODOLOGIA	29
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	31
4.1. PLANEJAMENTO DO PROJETO.....	31
4.1.1. ANÁLISE DO PROBLEMA DE PROJETO	31
4.1.2. AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS DISPONÍVEIS.....	31
4.1.3. DEFINIÇÃO DE PREÇO PRELIMINAR	32
4.2. PROJETO INFORMACIONAL	33
4.2.1. ESTABELECEER CICLO DE VIDA	33
4.2.2. IDENTIFICAR AS NORMAS APLICÁVEIS.....	33
4.2.3. DEFINIR CLIENTES E USUÁRIOS.....	34
4.2.4. CAPTAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DAS NECESSIDADES.....	34
4.2.5. VALORAÇÕES DOS REQUISITOS DOS CLIENTES/USUÁRIOS.....	36
4.2.6. HIERARQUIZAÇÃO DOS REQUISITOS DO PROJETO.....	36
4.2.7. OBTENÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO.....	36
4.2.8. AVALIAÇÃO COMPARATIVA COM MERCADO	37
4.3. PROJETO CONCEITUAL	38
4.3.1. DEFINIR A ESTRUTURA FUNCIONAL	38
4.3.2. PESQUISAR POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO (MATRIZ MORFOLÓGICA).....	39
4.3.3. GERAÇÃO DA CONCEPÇÃO	41
4.3.4. MODELAMENTO E AVALIAÇÃO DO CONCEITO.....	41
4.4. DIMENSIONAMENTO PARCIAL DO SISTEMA DE ELEVAÇÃO	43
4.4.1. FORÇA DINÂMICA DE ELEVAÇÃO.....	43
4.4.2. CÁLCULOS DAS REAÇÕES	44
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

1. INTRODUÇÃO

A prestação de serviços de manutenção de motocicletas, apesar de parecer uma atividade simples quando considerada única, necessita de meios ágeis e seguros para a sua execução quando para maior demanda. Como as oficinas necessitam de um sistema de ar-comprimado, devido situações como a calibração de pneus e limpeza de motor, ou considerando a velocidade de elevação e os baixos custos, o uso de elevadores com acionamento pneumáticos torna-se o mais aplicável. Desta forma, este projeto visa usar esta possibilidade de aplicação e desenvolver um conceito de elevador que atenda as necessidades dos clientes do ciclo de vida deste produto, utilizando os meios mais adequados.

Justifico o projeto conceitual em questão, através da análise de algumas informações, como a do mercado de motocicletas, que segundo dados da ABRACICLO (2011) e SUFRAM (2012), está se crescendo, onde os usuários buscam por economia e agilidade. Este veículo está se tornando uma escolha mais racional, como meio de locomoção, por alcançar maiores economias, baixas emissões de poluentes e maior agilidade (ABRACICLO, 2011).

A Figura 1 demonstra um comparativo entre o crescimento da frota de veículos geral e a frota de veículos duas rodas do território brasileiro. Enquanto em 2000 o setor duas rodas fazia parte de 14% da frota geral, em 2010 já fazia parte de 25% da mesma. E enquanto o crescimento da frota geral foi de 108% neste período, a do setor duas rodas foi de extraordinários 309%.

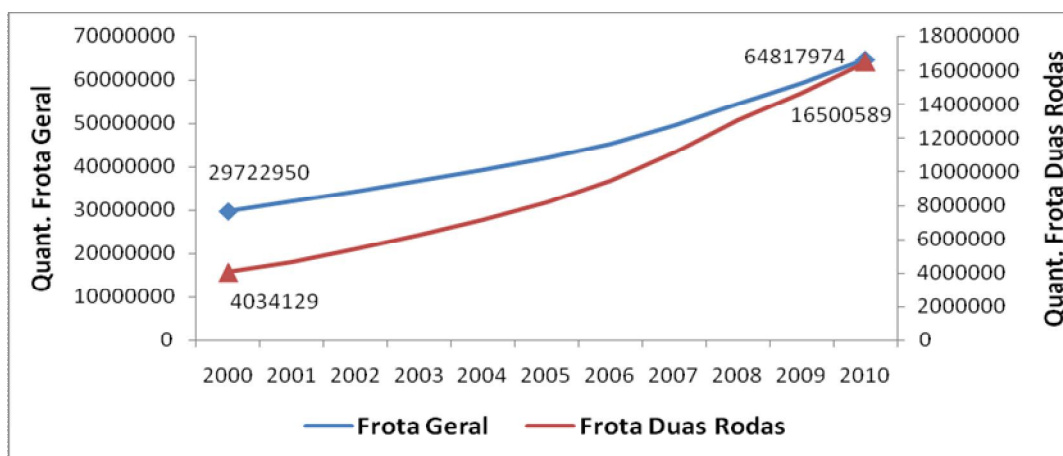


Figura 1. Comparativo de crescimento de frotas Geral X Duas Rodas. Fonte: ABRACICLO (2011).

A forma atual de posicionamento das motos é demorada e pouco flexível, onde devido a não haver um ponto específico de fixação em algumas situações, somente de apoio, a integridade física do mecânico e da motocicleta fica comprometida. No caso de componentes de difícil acesso, o posicionamento da motocicleta obriga aos mecânicos a ficarem em posturas não ergonômicas, podendo acarretar em problemas de saúde.

Em determinadas situações, onde há necessidade de inclinar a moto para a direita (do ponto de vista do piloto), como para a manutenção na tampa esquerda do motor, não necessitando assim remover todo o óleo do motor. Como as motos somente possuem pé de apoio na lateral esquerda, não há um meio prático para fazer isto, deste modo, para estes casos são utilizados calços, o que possibilita esta manutenção parcial no motor. Estes fatores acentuam a necessidade de melhorias nos métodos atuais de posicionamento das motos para manutenção.

Deste modo, um elevador pneumático deve proporcionar ao mecânico trabalhar nas motocicletas em várias posições, indispensáveis ao dinamismo necessário, para esta área de manutenção evoluir na capacidade de atender o aumento da demanda de serviços.

Sendo assim, o objetivo geral é projetar um conceito de elevador pneumático para oficinas de motocicletas. Onde em específico buscou-se elaborar soluções práticas e viáveis para agregar melhorias de grau técnico significativas, para tornar o produto mais dinâmico e atrativo à manutenção de motocicletas. E fundamentar conceitualmente alguns sistemas pneumáticos, estruturas de elevação, e do ramo motociclístico em estudo, a fim de fornecer material teórico a pesquisas futuras de interessados nas áreas. E por fim, através da aplicação de conhecimentos que foram obtidos e desenvolvidos ao longo da vida acadêmica, este projeto busca o reconhecimento pessoal perante os profissionais da área de Engenharia Mecânica e Manutenção de motocicletas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A busca por informações é uma etapa muito importante na área de projetos de engenharia, pois aqui formaremos a base de todo o estudo, o conhecimento que será utilizado no desenvolvimento do projeto. Sendo assim, é imprescindível que a fundamentação teórica tenha embasamento confiável e de prestígio na área em questão, o que foi obtido através da pesquisa por autores e origens com influência nas áreas da mecânica que são pertinentes.

2.1 PROJETO DE PRODUTO

Segundo PAHL & BEITZ (2005), na obra Projeto na Engenharia, a missão do engenheiro é encontrar soluções para problemas técnicos, se fundamentando em conhecimentos das ciências naturais e da engenharia, e leva em conta os fatores materiais, tecnológicos e econômicos, bem como restrições legais, ambientais e aquelas impostas pelo ser humano.

Para uma definição completa do termo “projeto” pode-se referenciar a elaborada junção das definições contidas no PMBOK® e da Doctor Implantação de Projetos S.A., disposta por Paulo Warschauer, onde:

[...] projeto (*project*) é um esforço temporário para, partindo da expressão abstrata das intenções e expectativas do cliente, progredir até alcançar sua plena materialização na forma de um produto, serviço ou resultado exclusivo (único, singular) [...]. (WARSCHAUER, 2007, p.4).

Para identificarmos de forma geral os envolvidos neste processo, podemos utilizar os conceitos de BAXTER (1995), que indica a complexidade envolvida no desenvolvimento de novos produtos, e os interesses e habilidades por trás deste, como:

- Consumidores: desejam novidades, melhores produtos e a preços razoáveis;
- Vendedores: diferenciações e vantagens competitivas;
- Engenheiros de produção: desejam a simplicidade para fabricação e montagem;

- Designers: gostariam de testar novos materiais, processos e soluções formais;
- Empresários: buscam poucos investimentos e retorno rápido do capital envolvido.

Segundo PAHL & BEITZ (2005), podemos entender por metodologia do projeto o procedimento tomado com base em prévio planejamento a fim de demonstrar condutas que deverão ser observadas no decorrer do desenvolvimento e no projeto dos sistemas técnicos, isto sendo resultado dos conhecimentos obtidos na área da ciência de projeto e da psicologia cognitiva, e ainda das experiências do condutor com diferentes aplicações do assunto.

O modelo de desenvolvimento apresentado por REIS (2003) torna aparente o fluxo do processo de maneira geral, com visão da necessidade de apoio técnico de especialistas, bibliografias e equipe de projeto para se chegar ao objetivo da fase, retrocedendo-a no caso de não atendimento do requisito principal da fase:

1ª Fase - Projeto Informacional: Definir as especificações do projeto;

2ª Fase - Projeto Conceitual: Definir a concepção do produto;

3ª Fase - Projeto Preliminar: Definir o leiaute definitivo;

4ª Fase - Projeto Detalhado: Definir a documentação do produto.

2.1.1. PROJETO INFORMACIONAL

Segundo AMARAL et al. (2006), nesta fase devemos levantar um conjunto de informações, de forma mais completa possível, que formarão as especificações-meta do produto. Estas informações fornecerão, sobretudo, a base sobre a qual serão montados todos os critérios de avaliação e tomada de decisão que se farão necessárias nas etapas posteriores do processo de desenvolvimento.

Vários autores (como PAHL & BEITZ, 2005; e REIS, 2003, por exemplo), apontam para a análise do ciclo de vida do produto, como elemento fundamental na obtenção das necessidades do cliente. Onde, primeiramente se deve definir o problema de projeto e a Idéia de produto, através de estudos das formas de produção, estudos de preferência de mercado, de viabilidade de consumo, e até o descarte do produto.

Os clientes ou usuários do projeto ou produto ao longo de seu ciclo de vida podem ser compreendidos por todas as pessoas, órgãos ou instituições que tenham

interesse, que por suas ações venham a influenciar de alguma forma as características ou atributos do produto a ser desenvolvido, BACK, et al. (2008). A busca pelas especificações do produto, que caracterizarão este, deve, segundo FONSECA (2000), sofrer um processo de transformação da informação dos clientes potenciais do produto, partindo de um Problema de projeto, sendo que estas informações nascem das declarações de Necessidade dos clientes; sendo posteriormente transformadas em Requisitos do cliente; Requisito de projeto; e por fim, em Especificações de projeto. Especificações estas, que devem ser formadas com consideração as características listadas no Quadro 1.

CARACTERÍSTICA	DESDOBRAMENTO
Constitutiva	Refere-se a diferenciação das especificações de projeto com relação as outras categorias. Para isto, deve ter estabelecidas: metas ou valores alvo (ex.: cor verde); objetivos (o porque da meta, ex.: a cor visa tranquilizar o cliente); restrições ou limitações (ex.: não usar tinta acrílica).
Tipológica (tipo de especificação)	Definições para direcionar o projeto ou uso do produto. Ex.: “o brinquedo é para crianças entre 8 e 10 anos” ou “o produto pode ser feito em madeira”.
Classificatória	Proporciona a classificação das especificações de projeto em categorias determinadas por tipo. Ex.: Especificações de funcionamento, estética, segurança, legais, etc...
Desejáveis	São características desejáveis a funcionalidade do projeto e produto, ou seja, devem ser reais e objetivas, simples e diretas, possíveis de serem implementadas, definir todo o produto, ter critérios de avaliação visíveis e sem serem repetitivos ou contraditórios,
Diretriz	Característica que trata da utilidade que a especificação deve ter, no caso, com metas específicas, orientar a busca por soluções e limitar o espaço para estas, ser passível de elementos para alternativas, facilitar o gerenciamento e controle do projeto.

Quadro 1 – Propriedades necessárias para as especificações de projeto. Fonte: FONSECA (2000).

Conforme REIS (2003), para hierarquizar ou classificar as necessidades dos clientes captadas, de modo a estabelecer foco no que realmente tem maior importância ao cliente, utiliza-se a ferramenta QFD (*Quality Function Deployment*), ou casa da qualidade.

2.1.2. Projeto conceitual

Para AMARAL et al. (2006) na fase de Projeto Conceitual “[...] as atividades da equipe de projeto relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto”.

Nesta fase deve-se estabelecer a estrutura funcional do produto, ou seja, independente da solução que o produto terá, deve-se formular as funções que o mesmo deve realizar, em função Global, Parciais, Elementares, de acordo com as especificações de projeto obtidas na fase anterior.

Após a definição da estrutura funcional, deve-se definir a concepção que o produto deverá ter, obedecendo à seguinte ordem: Pesquisar, selecionar e combinar princípios de solução, desenvolvendo concepções de produto, por fim evoluir e avaliar as concepções que melhor atendem as especificações de projeto.

2.2 SISTEMAS PNEUMÁTICOS

Os sistemas pneumáticos utilizados na automação industrial têm basicamente a função de acelerar, tornar mais ágil e ergonômica, determinadas atividades relacionadas à fabricação e montagens principalmente.

Podemos relacionar as diferenças entre características dos tipos de acionamentos existentes conforme o ANEXO A, o que traz em evidência os menores custos do sistema pneumático com comparação aos demais, conforme FESTO (2001).

2.1.3. Atuadores pneumáticos

Segundo BONACORSO et al. (1999), os atuadores pneumáticos são responsáveis pela transformação da energia pneumática em energia mecânica (movimentos retilíneo, angular e rotativo).

Conforme FIALHO (2012), os atuadores pneumáticos lineares são regidos por normas internacionais, tais como:

- ISO 6431 e 6432 (internacional);
- DIN ISO 6431 e VDMA 24562 (Alemanha);
- NF E 49003.1 (França);

- UNI 20.290 (Itália)

Os tipos de atuadores mais comumente utilizados são:

- Atuadores Pneumáticos Lineares de Simples Efeito;
- Atuadores Pneumáticos Lineares de Duplo Efeito;
- Atuadores Pneumáticos Lineares com Amortecimento;
- Atuadores Lineares de Duplo Efeito Especiais;
- Atuador Duplex geminado;
- Atuador pneumático de Alto Impacto;
- Atuador Pneumático Giratório (Oscilante);
- Molas pneumáticas.

Segundo a PARKER (2011), o rendimento final de um sistema pneumático, a regularidade de seu funcionamento, e a vida útil no mesmo, dependem em muito do posicionamento mecânico de cada um dos componentes, principalmente válvulas e cilindros. Para casos, em que há necessidade de giro, devemos utilizar cilindro com articulação nas extremidades, o que possibilita o trabalho da força tanto na horizontal como vertical.

Com destaque especial as molas pneumáticas, que tem como aplicação principal suspensões veiculares, mas também com aplicação na automação industrial. Segundo a FIRESTONE (2012), estas molas possuem como características em geral, grandes forças de atuação, considerável baixo custo de aquisição e manutenção, baixo ruído, e podem trabalhar com até 30° de inclinação entre os pontos de fixação.

2.1.4. Válvulas de controle

Existem vários tipos de válvulas de controle para os sistemas pneumáticos. Dentre as principais podemos citar as válvulas de controle direcional, que segundo FIALHO (2011), na pneumática também chamados de distribuidores de ar, são sempre do tipo carretel deslizante, onde tem a função principal de direcionar o fluido ao destino determinado através de cada posição do carretel.

As válvulas de controle podem ser acionadas ou comutadas, ou seja, quanto ao meio como se pretende fazer o acionamento da válvula distribuidora, conforme

FIALHO (2011) podem ser “comutados” por meios manuais, mecânicos, pneumáticos e elétricos.

Para FIALHO (2011), há válvulas que controlam o fluxo do fluido (ar) (volume por tempo), que está alimentando algum componente, neste caso, atuadores pneumáticos, possibilitando regular as velocidades de acionamento, pois quanto maior o fluxo que age sobre um atuador maior sua velocidade.

As válvulas de retenção mais utilizadas são as de retenção com mola, conforme FIALHO (2011) estes tipos de válvulas controlam ou bloqueiam os sentidos de fluxo, nas válvula de retenção com mola há um elemento de vedação na parte interna (esfera, na maioria) que só possibilita a passagem do fluido em um sentido, e impedem no outro pela força de uma mola.

Conforme FIALHO (2011), válvulas de alívio tem como função básica limitar a pressão máxima do sistema de ar comprimido, no caso, do reservatório, linha de ar ou compressor. Quando a pressão regulada na mola é atingida pelo fluido no sistema, este é desviado para escape ou outro.

2.3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS MOTOCICLETAS

Como base de referência para as características do elevador, as especificações técnicas das motocicletas devem ser consideradas. O Quadro 2 traz os dados de especificações pertinentes, separados pelas categorias mais usuais e modelos com mais vendas no mercado, conforme ABRACICLO (2011).

Modelo	CBR 1000RR	CG 150 Titan	CRF 230F	Shadow 750	Biz 100
Categoria	Esportiva	Street	Off Road	Custom	Scoter
Comprimento	2075mm	1988mm	2059mm	2430mm	1891mm
Largura	685mm	730mm	801mm	835mm	726mm
Altura	1130mm	1098mm	1190mm	1125mm	1087mm
Peso	188kg	118kg	107kg	229kg	98kg

Quadro 2 - Especificações técnicas por principais categorias e modelos de motocicletas.
Fonte: HONDA, 2012.

Conforme HONDA (2012), a distância entre-eixos da motocicleta com maior comprimento descrita acima (Shadow 750) é igual a 1655mm, e para a menor (Biz 100) é de 1261mm. Para todos os dados foram desconsideradas diferenças entre as atualizações de cada modelo, por ser considerado pelo autor pouco significativo.

2.4 SISTEMAS DE FIXAÇÃO DE MOTOCICLETAS

Atualmente existem diversos meios de se posicionar as motocicletas em preparação para realizar a manutenção necessária. Pois, para cada caso há necessidade de uma posição diferente, sendo que no reparo dos motores está a maior variedade.

Os tipos de sistemas mais utilizados são os seguintes:

- Calços e cavaletes de madeira;
- Cavalete fixo;
- Cavalete Elevatório;
- Elevador pneumático;
- Elevador hidráulico.

Conforme pesquisa de mercado (BR, 2012; EVEREST, 2012; JM, 2012), a maior variação dentre os elevadores é a capacidade de carga, sendo que podemos encontrar capacidades de 250, 350, 400 e 500 kg. Sendo o sistema de acionamento, uma das partes mais onerosas destes equipamentos, os cilindros geralmente são de grande valor, e suas capacidades precisam ser grandes para possibilitar a elevação do conjunto, como se vê em modelos atuais.

2.5 REQUERIMENTOS DE SEGURANÇA PARA ELEVADORES DE VEÍCULOS

Quando falamos de elevadores, logo relacionamos com erguer/elevar a um nível diferente, os elevadores podem ser utilizados para elevar ou transportar materiais, no caso do elevador em questão elevar um veículo para manutenção, sendo necessária a manutenção do mesmo a uma altura determinada.

Dentre os perigos contidos no trabalho com elevadores de materiais verificados na norma DIN EN 1493, pode-se citar os principais como:

- Riscos mecânicos (esmagamento, corte, impacto, alta pressão de fluido, peças arremessadas, perda de estabilidade, descarrilhamento da máquina, perda de força de carga e perda de resistência mecânica);
- Ruído (perda de audição e tonturas, interferência na comunicação do ambiente);
- Vibração dos componentes (causa de distúrbios neurológicos);

- Materiais, fluidos expelidos pelo sistema (inalação de substâncias nocivas);
- Princípios ergonômicos (postura de trabalho prejudiciais a saúde, esforço excessivo);
- Falha na energia de acionamento (perda de estabilidade, desordem nas velocidades de acionamento)

Para o uso de sistemas de acionamento pneumáticos de elevação, de acordo com a norma DIN EN 1570, devemos utilizar componentes que suportem no mínimo três vezes a pressão admitida pela válvula de alívio ou no caso a pressão de trabalho, esta que não deve ultrapassar a 110% de sua pressão de trabalho.

E caso ocorra a descida não intencional da mesa, devido ao rompimento de algum componente do sistema, por exemplo, o sistema deve ser dotado de dispositivo de travamento. Onde, conforme norma DIN EN 1493, por questões de segurança a velocidade de elevação e descida das cargas nos equipamentos não deve exceder a 0,15m/s para a aplicação em questão. E para a velocidade de inclinação do elemento, com relação ao seu centro, não deve ser superior a 0,1m/s. Deve ser medida na parte do elevador mais distante do centro de rotação.

Com relação ao posicionamento da carga, não havendo nenhuma especificação diferente do cliente, a distribuição da carga sobre a plataforma pode ser baseada no retângulo da mesma, observando para a largura da mesma a largura do pneu e para o comprimento a distância entre eixos, isto de acordo com a norma DIN EN 1493.

Devido à proximidade dos componentes do elevador, há risco de esmagamento e/ou corte, principalmente de mãos e dedos, conforme norma DIN EN 1570, as dimensões de folga entre os componentes do elevador devem ser tal que não possibilitem o esmagamento e/ou corte mediante a falha de algum componente, para as áreas ao alcance das partes do corpo:

- Para dedos das mãos, 25 mm;
- Para dedos dos pés, 50 mm;
- Para mãos, 100 mm;
- Para braços e mãos fechadas 120 mm;
- Para pés, 120 mm;
- Para corpo, 500 mm.

Casos estes muito relevantes para principalmente, elevadores tipo tesoura, conforme Figura 2. De acordo com a norma DIN EN 1570, as folgas entre as pernas não deve ser menor que 30mm, e a distância entre as pernas e o interior do elemento de base não deve ser inferior a 50mm, a não ser que aja alguma proteção montada, isto de acordo com as visões transversal A-A e visão lateral B-B na Figura 2.

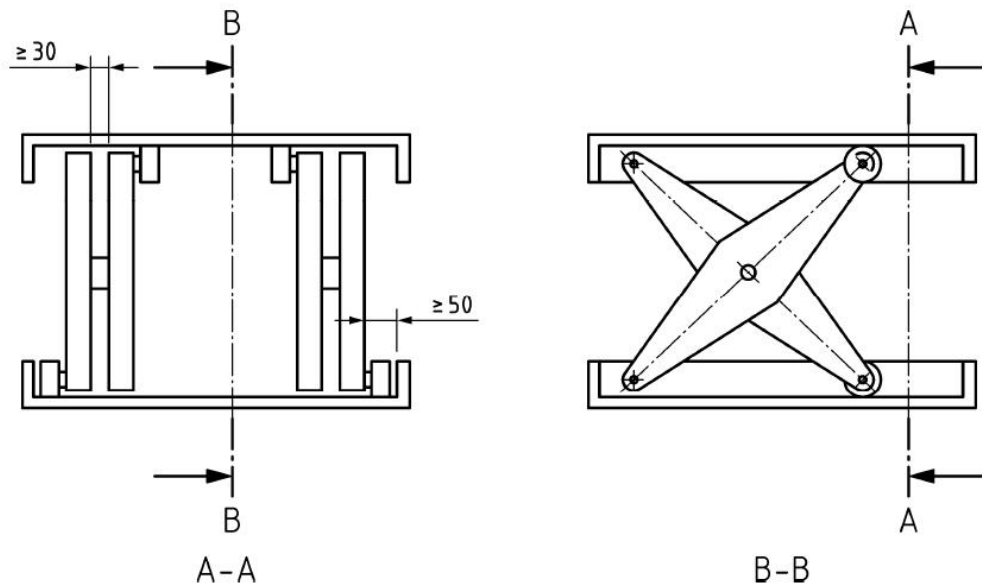


Figura 2 - Folgas entre os braços e dos braços com a base de um elevador tipo tesoura.
Fonte: Norma DIN EN 1570.

2.6 RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

O estudo da resistência dos materiais é um fator de alta importância na área da engenharia, em outras palavras, o estudo do comportamento dos materiais, suas reações e características apresentadas nas mais diversas aplicações, principalmente da mecânica, faz uma enorme diferença quando se busca confiabilidade, segurança e qualidade em uma máquina ou dispositivo.

2.1.5. Carregamento axial

De acordo com HIBBELER (2000), esta carga axial nos componentes de um elevador se refere aos esforços de tração e compressão sofridos pelo corpo do componente, sendo estes esforços, forças aplicadas na maioria das situações no centro da seção transversal do corpo. Esta carga aplicada ao corpo da peça gera a

chamada tensão normal, representada pela letra sigma “ σ ”, e determinada pela equação (1), onde F é a força aplicada, e A a área da seção transversal.

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

Mas esta tensão não se distribui igualmente na área de aplicação da força, ou seja, no ponto de fixação da barra ou viga que sofrera a ação da força. O que é explicado pelo princípio de Saint-Venant, conforme Figura 3. A barra que submetida a uma força P, possui deformação diferente para as suas extremidades, como se pode observar pela malha desenhada sobre a mesma.

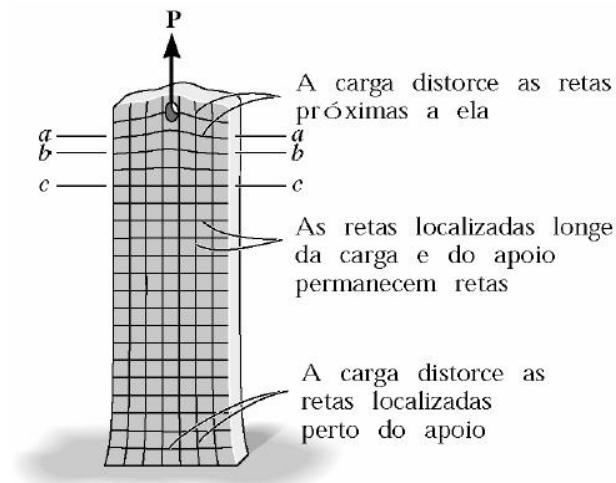


Figura 3 - Princípio de Saint-Venant. Fonte: HIBBELER (2000).

O princípio descrito por HIBBELER (2000) demonstra que quanto mais próximas se encontram as tensões analisadas da carga que está sendo aplicada, menos uniforme é a sua distribuição na seção, conforme verificado pela Figura 4.

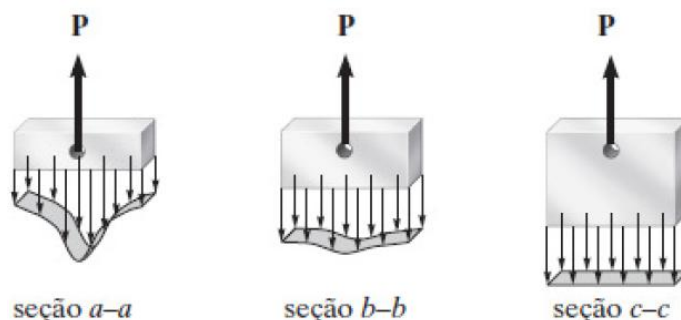


Figura 4 - Distribuição da tensão conforme proximidade com o ponto de aplicação da força. Fonte: HIBBELER (2000).

2.1.6. Tensão admissível

Para o projeto de um elemento estrutural devemos considerar a tensão admissível (σ_{adm}), que apresenta valor menor que a tensão normal, admitindo que a carga nominal que o equipamento irá suportar é menor que a carga limite, no caso até o momento de escoamento, mantendo o seu regime de trabalho dentro da região elástica.

De acordo com a norma DIN EN 1570-1, para qualquer elemento/parte do elevador que utiliza o método da tensão admissível, em condições normais de trabalho, não deve exceder a menos que 0,66 vezes a tensão de escoamento (σ_e), e 0,5 vezes a tensão de ruptura do material utilizado.

Para tanto, conforme HIBBELER (2000), uma forma de especificarmos esta carga é utilizar um nº chamado fator de segurança (FS), sendo que o definirmos através da relação entre a carga que o material deve falhar e a carga admissível, conforme equação (2), para condições de projetos novos, este valor de falha é conseguido por resultados experimentais, o valor de FS necessariamente deve ser maior que 1.

$$FS = \frac{\tau_{falha}}{\tau_{adm}} \quad (2)$$

Conforme classificação proposta pela norma DIN EN 1493 (2009), de acordo com o tipo de trabalho executado pelo elevador, este pode ser dividido de acordo com as “Combinações de carga”, sendo considerado de acordo com a sua classificação (A, B ou C), como: com ou sem ação de vento, somente elevação e descida, ou se o mesmo fica estacionado a altura determinada para serviço, entre outras. Onde para classificações A2 (Serviço/reparação, sem ação do vento), podemos utilizar como fator de segurança 1,5.

2.1.7. Flexão

O estudo dos esforços de flexão estão relacionados aos carregamentos transversais aos quais as peças são submetidas, principalmente para vigas

estruturais, estes carregamentos, segundo HIBBELER (2000), geram esforços internos de forças cisalhantes (V) e momentos fletores (M). Este cisalhamento e momentos máximos são definidos pelos chamados diagramas de esforços cisalhantes e momentos fletores.

Conforme BEER (1995) determina-se como “flexão pura” quando um mesmo plano longitudinal (viga) está sujeito a dois momentos iguais e de sentidos opostos, na prática, estes casos específicos não são muito comuns, porém de fundamental importância no estudo das solicitações de peças estruturais.

Considerando o regime elástico da flexão, ou seja, com tensões normais abaixo do escoamento para o material, conforme HIBBELER (2000) pode-se chegar as chamadas “fórmulas da flexão em regime elástico”. Para calcular o valor da tensão máxima (σ_m) utilizamos a equação (3), onde Mc é o momento mais distante da linha neutra e I o momento de inércia.

$$\sigma_m = \frac{Mc}{I} \quad (3)$$

De acordo com HIBBELER (2000), este método é aplicado a barras com seções iguais em todo o seu comprimento, onde os momentos são aplicados por meio de placas rígidas e lisas. Para condições diferentes ocorrem concentrações de tensão próximos aos pontos onde está sendo aplicada a carga, estas concentrações também ocorrem principalmente para barras com variação da seção de maneira súbita, conforme Figura 5.

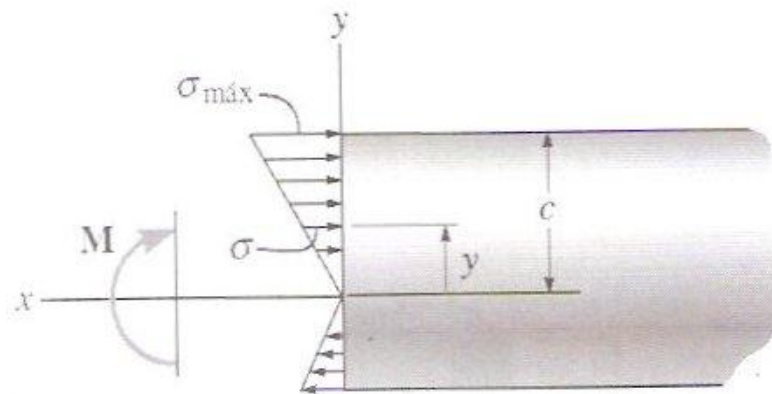


Figura 5 - Distribuição da tensão de flexão. Fonte: HIBBELER (2000).

Deste modo, o cálculo para o valor de tensão na seção crítica pode ser dado pela equação (4), sendo K o coeficiente de concentração de tensões, conforme Figura 6, considerando para I e c a menor área de seção.

$$\sigma_m = K \frac{Mc}{I} \quad (4)$$

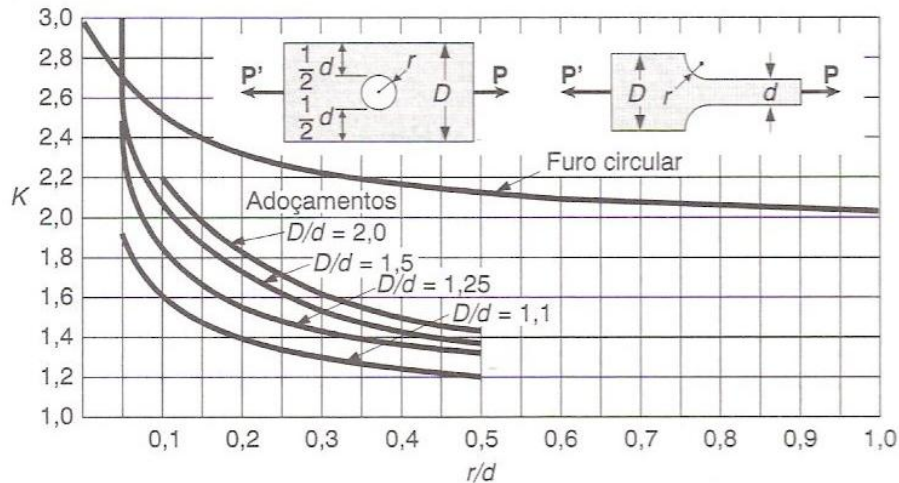


Figura 6 - Coeficientes de concentração de tensões para barras chatas. Fonte: BEER (1995).

2.1.8. Tensão de cisalhamento

Conforme HIBBELER (2000), a tensão de cisalhamento ocorre quando aplicamos uma força perpendicular ao comprimento de um corpo, para condições isentas de folgas entre os componentes, onde define-se como tensão média (τ_{med}) a força de cisalhamento ou cortante distribuída sobre cada área seccionada que se desenvolve, chamada de cisalhamento puro quando não há folga (flexão) entre os elementos, de acordo com a equação (7), que apresenta a divisão da resultante interna das forças na seção que é determinada pela equação de equilíbrio (V) e a área da seção (A).

$$\tau_{med} = \frac{V}{A} \quad (5)$$

Conforme pode-se verificar pela Figura 8, esta força cisalhante transversal, também causa uma resultante longitudinal no corpo da barra, a malha possibilita

identificar os pontos de maior deformação, neste caso a extremidade mais distante do ponto de fixação.

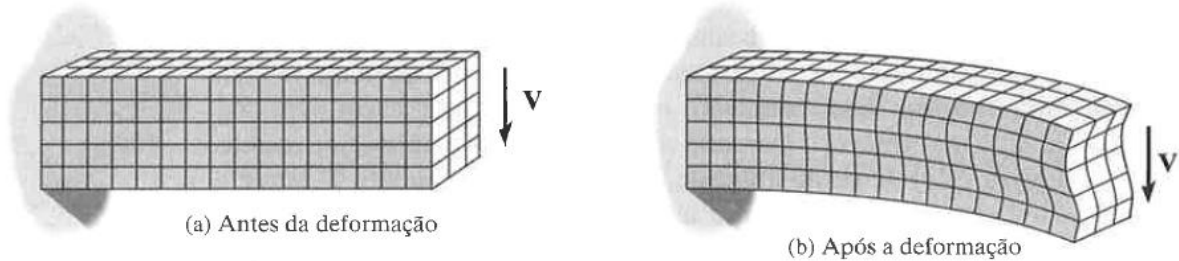


Figura 7 - Influência da flexão sobre a ação cisalhante na malha das barras. Fonte: HIBBELER (2000).

Este tipo de tensão de cisalhamento pode ser calculada pela equação (8). Sendo V a força cortante interna aplicada, I o momento de inércia de toda a área da seção, t é a largura da seção, e Q igual ao momento estático.

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} \quad (6)$$

De acordo com HIBBELER (2000), o momento estático pode ser definido de acordo com a equação (9), onde tem-se para A' a área da seção transversal que está submetida ao cisalhamento, e \bar{y}' a distância do centróide da seção para o eixo neutro.

$$Q = A' \cdot \bar{y}' \quad (7)$$

E para os momentos de inércia de seções retangulares, conforme BEER (1995) pode-se utilizar as equações (10) e (11).

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (10)$$

$$I_y = \frac{h \cdot b^3}{12} \quad (11)$$

A Figura 16 demonstra as dimensões aplicáveis em uma barra submetida ao cisalhamento, a sua seção transversal.

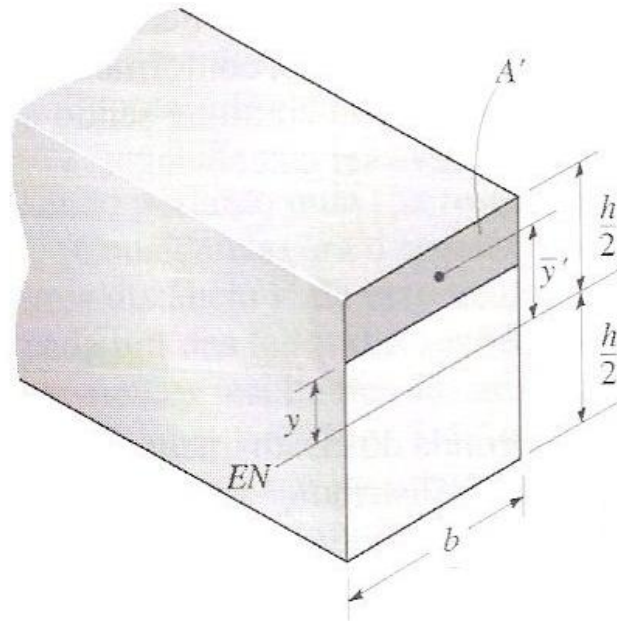


Figura 8 - Segmento da seção transversal submetida ao cisalhamento. Fonte: HIBBELER (2000).

De acordo com BEER (1995), para larguras pequenas de uma viga em relação a sua altura, as tensões de cisalhamentos tem pouca variação, conseqüentemente, possibilitando assim, maiores carregamentos. Ainda de acordo com o mesmo, a teoria da elasticidade pode provar que em vigas com “[...] seção retangular de largura b e altura h , onde a relação $b/h < \frac{1}{4}$, o valor da tensão de cisalhamento em $C1$ e $C2$, não excede mais de 0,8% do valor médio calculado para a linha neutra [...]” (BEER, 1995, p. 492), conforme visualizado pela Figura 17 verifica-se a diferença de tensão máxima resultante da aplicação de uma mesma força. Para dois perfis com formato oposto.

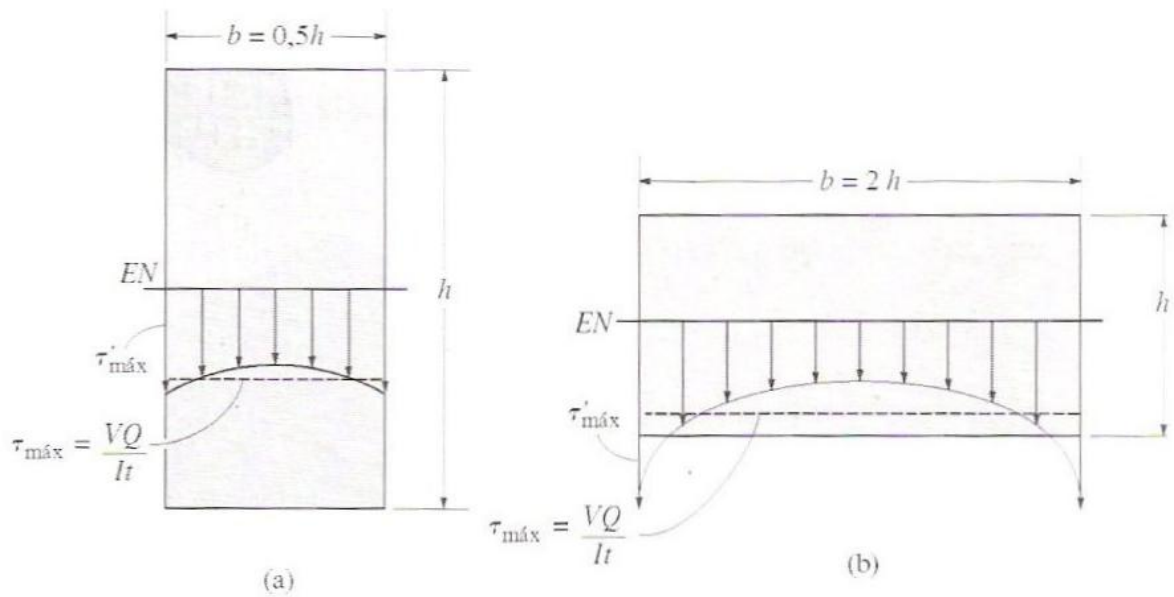


Figura 9 - Distribuição das tensões em viga de formato retangular. Fonte: HIBBELER (2000).

2.1.9. Teoria de Von Mises-Hencky

De acordo com HIBBELER (2000), foi uma evolução da inicial teoria da energia de distorções máximas aplicada para materiais dúcteis, para definir de forma mais real o início do escoamento. Esta energia é resultado da aplicação da tensão média, que resulta na deformação do material (mudança de volume) em dimensões diferentes. Como nesta aplicação temos a combinação de tensões em um mesmo ponto, torna a aplicação desta equivalência de tensões proposta pela teoria algo necessário.

Primeiramente precisamos definir as tensões máximas e mínimas as quais o material está submetido, para após aplicar a equação de Von Mises-Hencky (12).

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_1^2 - (\sigma_1 \cdot \sigma_2) + \sigma_2^2} \quad (12)$$

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi a de projeto de produto, sendo elaborada de forma a atender aos objetivos do projeto, que previam projetar conceitualmente um elevador pneumático e agregar dinamismo as funções do mesmo, fundamentando as com as informações de pesquisa.

O projeto foi composto de quatro fases, sendo cada uma composta por etapas distintas com fluxo direcionado, conforme podemos verificar na Figura 10, tendo origem na etapa de planejamento do projeto, sendo analisado o problema do projeto, através de pesquisa bibliográfica de referência onde foram levantadas as necessidades dos clientes em cada etapa do ciclo de vida definido para este produto.

As necessidades foram classificadas e transformadas em requisitos, em busca das especificações do projeto, formando precisamente as características que este deve possuir. Na fase conceitual seguinte, foi formada a estrutura funcional do produto, partindo de sua função global, e em seqüência promovendo a busca por soluções para cada sub-função, e ao fim sendo definido um conceito único para o atendimento, da melhor maneira possível, das necessidades dos clientes.

E por fim, os cálculos dos esforços e dimensionamento parcial do sistema de elevação, e o modelamento do produto contribuíram para a análise da proposta de desenvolvimento de um modelo de elevador pneumático conceitual, com grande flexibilidade no posicionamento de motocicletas, e com simplicidade para buscar adequação dos custos de produção.

FASE 1: PLANEJAMENTO DO PROJETO	
Etapa 1.1	Análise do problema de projeto
Etapa 1.2	Avaliação do mercado
Etapa 1.3	Definição de preço preliminar
FASE 2: PROJETO INFORMACIONAL	
Etapa 2.1	Estabelecer o ciclo de vida do produto
Etapa 2.2	Identificar normas aplicáveis
Etapa 2.3	Definir clientes e usuários
Etapa 2.4	Valorações dos requisitos dos clientes/usuários
Etapa 2.5	Captação e transformação das necessidades
Etapa 2.6	Hierarquização dos requisitos do projeto
Etapa 2.7	Obtenção das Especificações de Projeto
Etapa 2.8	Avaliação comparativa com o mercado
FASE 3: PROJETO CONCEITUAL	
Etapa 3.1	Definir a estrutura funcional
Etapa 3.2	Pesquisar por princípios de solução
Etapa 3.3	Geração da concepção
Etapa 3.4	Modelamento e avaliação do conceito
FASE 4: DIMENSIONAMENTO PARCIAL DO SISTEMA DE ELEVAÇÃO	
Etapa 4.1	Força dinâmica de elevação
Etapa 4.2	Cálculos das reações

Figura 10 - Fluxo do projeto conceitual elaborado.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. PLANEJAMENTO DO PROJETO

Etapa de origem, onde se buscou especialmente informações sobre o problema de projeto e mercado do produto, de modo a fornecer base para o início da fase seguinte informacional.

4.1.1. Análise do Problema de projeto

Clarificando os objetivos do projeto, o elevador precisa atender a necessidade de ser mais dinâmico, ou seja, oferecer mais praticidade aos mecânicos no conserto de componentes/partes que necessitam de posições específicas. Sendo a possibilidade de inclinação longitudinal e lateral de grande importância.

4.1.2. Avaliação dos produtos disponíveis

Considerando a população de motocicletas, o produto tem relativo baixo volume de fabricação/distribuição, para regiões interioranas, e mais elevado na proximidade de metrópoles. Analisando os elevadores pneumáticos disponíveis no mercado, verifica-se que eles diferem basicamente em função da capacidade de carga, que principalmente, é relativa ao tamanho/capacidade do(s) atuador(s) utilizado(s), e posição de trabalho dos atuadores, como pode-se observar pelo Quadro 3.

Ainda podem ser encontrados em menor quantidade, modelos como elétricos e hidráulicos, mas não serão ilustrados, por não ser o foco do trabalho em questão.

<p>Marca: Everest Motos Capacidade: 500kg (CxL): 2500x700 Altura elevação: 800mm Altura abaixado: 200mm Trava rodas Preço: R\$ 2.220,00</p>	
<p>Marca: JM Equipamentos Capacidade: 350kg (CxL): 2500x600mm Altura elevação: 800mm Altura abaixado: 200mm Grampo de roda Preço: R\$ 1.955,00 Acessórios: Sistema de gavetas dianteira e traseira, rampa fixa.</p>	
<p>Marca: BR Ferramentas Capacidade: 450kg (CxL): 2500x600 Altura elevação: 800mm Altura abaixado: 100mm Preço: R\$ 2.400,00 Acessórios: Rampa basculante.</p>	

Quadro 3 - exemplo de produtos disponíveis no mercado.

Observando os produtos disponíveis no mercado, nota-se pouca variação entre tipos e acionamento, sistemas de fixação e apoio, o que podendo-se presumir em oportunidades de melhorias para estes sistemas.

4.1.3. Definição de preço preliminar

Com base no preço médio de mercado para elevadores pneumáticos, e em consideração ao acréscimo de função que poderá ter o conceito de elevador projetado, pode-se aplicar o preço estimado de R\$2500,00? Busca-se o acréscimo de elementos para dinamizar o posicionamento, mas sempre avaliando o aproveitamento mais satisfatório do sistema, do ponto de vista do projeto, para resultar em menos custos de produção.

4.2. PROJETO INFORMACIONAL

Esta etapa do projeto tem como essência, no final de sua leitura, disponibilizar as especificações do projeto, por meio de ampla pesquisa e questionamentos, buscando captar necessidades intrínsecas a atividade de cada cliente contido nas fases do ciclo de vida do produto.

4.2.1. Estabelecer ciclo de vida

De acordo com a necessidade de abranger os setores produtivos, de mercado e de consumo, foram definidas as seguintes fases do ciclo de vida do elevador pneumático:

- Projeto;
- Produção;
- Comercialização;
- Uso do Produto;
- Manutenção.

4.2.2. Identificar as Normas aplicáveis

Busca-se identificar as normas que serão aplicáveis durante o desenvolvimento do projeto do produto em questão, sendo elas separadas conforme Quadro 4.

NORMAS	DESCRIÇÃO
DIN EN 1473 1998	Vehicle Lifting Tables
DIN EN 1570 1998	Safety Requirements for Lifting Tables
ISO 6431	Pneumatic Fluid Power, Single Rod cylinders with detachable mountings;
ISO 6432	Pneumatic Fluid Power, Single Rod cylinders, 10 bar series
ISO 8139	Pneumatic Fluid Power, Single Rod cylinders, 10 bar series – Mounting dimensions of rod-end spherical eyes.
NR 6	Equipamentos de Proteção Individual
NR 12	Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos;
NR 17	Ergonomia.
NBR 8291	Perfil tubular, de aço-carbono, formado à frio, com e sem costura, de seção circular, quadrada ou retangular para usos estruturais
DIN EN 14817	Air spring control elements
SAE HS-1576	Manual for incorporating Pneumatic springs in vehicle suspension designs
ISO 12100	Safety Machinery

Quadro 4 - Normas aplicáveis ao projeto.

4.2.3. Definir Clientes e Usuários.

Os clientes do produto/projeto são encontrados em cada fase do ciclo de vida do produto, onde poderão ter certa relação entre si, na Figura 11 foram relacionados os clientes para cada fase.

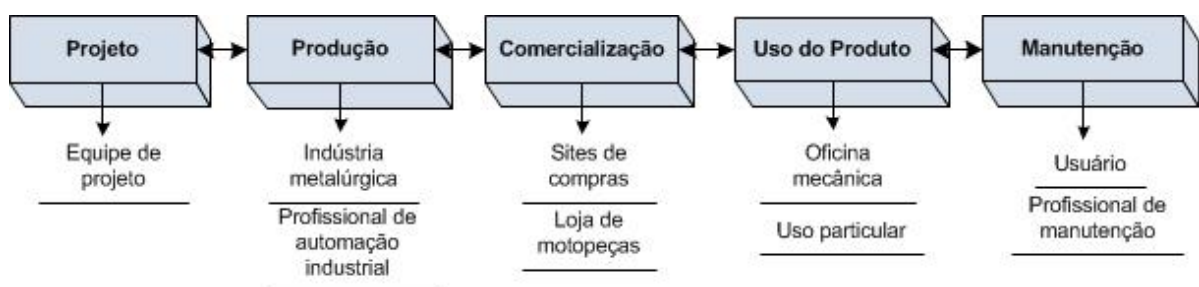


Figura 11 - Ciclo de vida do produto versus Clientes.

4.2.4. Captação e Transformação das Necessidades

Como as Necessidades dos clientes são normalmente expressadas de forma subjetiva e corriqueira, tem-se a necessidade de traduzi-las para um linguajar mais técnico, obtendo assim os Requisitos do cliente. Sendo destes, captados os requisitos do projeto, através da análise crítica da equipe de projeto, que irá extrair

as características que podem ser mensuráveis e importantes ao produto. O processo de obtenção das especificações deve necessariamente provir desta evolução das necessidades que foram captadas dos clientes, conforme Quadro 5.

NECESSIDADES CAPTADAS		REQUISITOS DO CLIENTE	REQUISITOS DO PROJETO
Usuários	Deve possibilitar trabalhar na posição de pé em pontos baixos como motor.	Largura maior que largura da moto	Altura máxima de elevação
	Deve ter altura de descanso máx. de 30cm, para não dificultar subida na plataforma	Comprimento adequado a motos grandes	Força de atuação do cilindro
	Deve conseguir elevar motos pesadas como as categorias clássicas (custom)	Ter dispositivo de travamento	Capacidade de carga
	Largura da plataforma que não deixe componentes da moto para fora	Ter espaço para ferramentas	Velocidade de acionamento
	Comprimento que possibilite posicionar motos grandes	Ser fácil de fixar moto	Expectativa de vida
	Espaço para ferramentas	Altura de elevação ergonômica	Altura de descanso
	Possibilidade de inclinação lateral da moto	Altura de descanso mais baixa possível.	Acionamento do cilindro
	Se atender as necessidades o valor pode variar até 30% a mais do mercado	Ter sistema de inclinação lateral	Sistema de fixação
	Fixação sem danificar a moto	Ter sistema de inclinação longitudinal	Sistema de elevação
	Cavalete central na plataforma	Ter cavalete central	Sistema de inclinação lateral
	Possibilidade de levantar somente a frente ou parte traseira da plataforma	Componentes de baixa complexidade	Comprimento da plataforma
	Fixar a moto com somente uma pessoa	Velocidade de acionamento adequada	Largura da plataforma
Manutenção	Pouca necessidade de manutenção, mas fácil de executar, se necessário.	Capacidade para motos grandes	Frequência de manutenção
	Porcas e parafusos devem de tamanho similar, facilitando desmontagem.	Baixo custo de produção	Custo de produção
Produção	Baixo custo de produção, sendo que quando possível, usar componentes padrão de mercado, para baixar custo total.	Baixo custo de manutenção	Sistema de inclinação longitudinal
Projeto	Estrutura deve evitar o tombamento do elevador, quando elevado na altura máxima.	Bom acabamento em pontos de fabricação e componentes	
	Sistema de segurança para travar descida do elevador em caso de rompimento de mangueiras.		
	Velocidade de acionamento que proporcione segurança.		
Comercialização	Fator/característica diferencial para com a concorrência		
	Estética/Aspecto robusto		
	Pontos de fabricação e componentes como solda e parafusos, pouco salientes.		

Quadro 5 - Discriminação das necessidades captadas dos clientes, e Requisitos do cliente e projeto obtidos.

As necessidades dos clientes “Uso do Produto” foram captadas através de questionário pré-estabelecido, onde foram solicitadas respostas a perguntas referentes a características desejáveis do produto, experiências e comentários pertinentes, conforme ANEXO B.

Já as necessidades de Projeto, Produção, Comercialização e Manutenção foram captadas através de entrevistas, pesquisas bibliográficas e conhecimentos obtidos ao longo da vida acadêmica e industrial do autor, conforme Quadro 4.

4.2.5. Valorações dos requisitos dos clientes/usuários

Conforme ANEXO D, foi utilizado o Diagrama de Mudge, para definição do grau de importância dos requisitos do cliente relacionados na pesquisa, conforme sua relação de domínio referente aos demais.

4.2.6. Hierarquização dos requisitos do projeto

Através dos requisitos expostos pelos clientes foi realizado o “desdobramento” através da ferramenta QFD, obtendo a sua valoração hierárquica, conforme ANEXO E.

Onde pode-se destacar e observar, as características mais importantes para o produto, e as características com menor grau de importância. Também verifica-se a relação que os requisitos tem para com concorrentes disponíveis no mercado, tudo isto oferece importante fonte de informações, que devem ser levadas em consideração no decorrer do desenvolvimento do projeto.

4.2.7. Obtenção das Especificações de Projeto

Uma vez revistos os objetivos do projeto, busca-se o atendimento de melhorias no dinamismo do elevador, buscando aperfeiçoamento técnico do produto. Para obter as especificações de projeto, foram analisados os requisitos de projeto hierarquizados, a fim de definir metas, o objetivo destas e se há alguma restrição.

O Quadro 6 apresenta o detalhamento das especificações, bem como, formas de avaliação nas fases de teste, e os aspectos indesejados, possibilitando assim, a melhor análise durante o desenvolvimento.

Especificações		Valor Meta	Forma de avaliação	Aspectos Indesejados
1º	Capacidade de carga	$\leq 250\text{kg}$	Simulação em laboratório	Não elevar motocicleta de peso mínimo desejado
2º	Custo de produção	$\leq \text{R\$ } 2500,00$	Soma de custos Com componentes, Mão-de-obra e Processos	Não comprometer a qualidade e segurança do produto
3º	Inclinação lateral	$\geq 10^\circ$	Simulação em laboratório	Não inclinar moto
4º	Sistema de inclinação longitudinal	$\geq 30^\circ$	Simulação em laboratório	Não inclinar moto
5º	Sistema de elevação	$\leq 1\text{m}$	Simulação em laboratório	Sistema ineficiente, oneroso.
6º	Força de atuação do atuador	$\leq 15\text{ N}$	Simulação em laboratório	Não superdimensionar
7º	Altura de elevação	$\leq 1\text{m}$	Simulação em laboratório	Não elevar a altura mínima desejada.
8º	Altura de descanso	$\leq 300\text{mm}$	Simulação em laboratório	Altura maior que o máximo desejado.
9º	Acionamento do cilindro	≤ 2 pontos de ajuste	Contagem	Acionamento complexo, com mais de 2 pontos de ajuste.
10º	Velocidade de elevação	$\leq 1,5\text{m/s}$	Análise cinemática	Velocidade superior a norma aplicável
11º	Largura da plataforma	$\geq 835\text{mm}$	Medição em laboratório	Largura menor que o desejado. Custo demasiado
12º	Frequência de manutenção	$\leq 1/\text{ano}$	Sem avaliação direta. Será observada o atendimento da meta, no desenvolvimento.	Manutenções de defeitos prematuros.
13º	Fixação	$\leq 30\text{s}$ ≤ 2 pontos de ajuste	Cronometragem. Contagem.	Não proporcionar a fixação da moto com rapidez e segurança.
14º	Comprimento da plataforma	$\geq 2430\text{mm}$	Medição em laboratório	Comprimento menor que o desejado. Custo demasiado.
15º	Expectativa de vida	≥ 4 anos	Sem avaliação direta. Será observada o atendimento da meta, no desenvolvimento.	Uso de materiais subdimensionados, componentes de baixa qualidade.

Quadro 6 - Especificações de projeto.

4.2.8. Avaliação comparativa com mercado

Verifica-se alguns requisitos do projeto não são encontrados nos produtos disponíveis no mercado, como um sistema que possibilite a inclinação lateral e/ou longitudinal. Já outros possuem caracterização semelhante, como dimensões da plataforma, altura de elevação ergonômica e outros.

4.3. PROJETO CONCEITUAL

Nesta fase serão definidas concepções para o produto final, e escolhida a que melhor atender as especificações em principal o problema de projeto, tendo em consideração toas as restrições e possibilidades envolvidas.

4.3.1. Definir a Estrutura funcional

A definição da estrutura funcional deste produto baseou-se na experiência do projetista e analogias com sistemas similares existentes, buscando caracterizar a organização das funções, sendo primordialmente definida a função global, que nada mais é que o objetivo funcional principal do elevador. Onde se tem a entrada do sistema técnico externo, transformação e entrega dos resultados ao usuário e ao meio ambiente, conforme Figura 12.

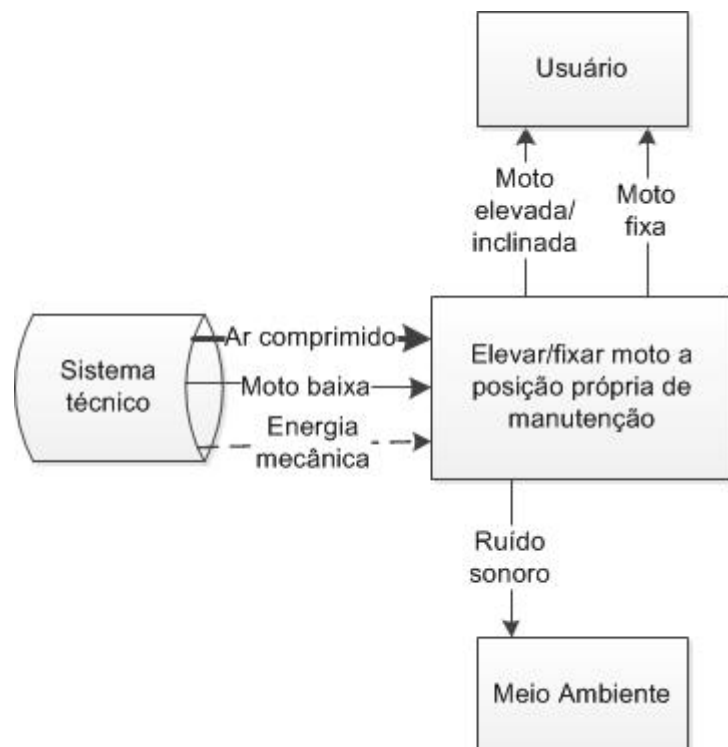


Figura 12 - Formulação da função global do sistema técnico do produto.

Posteriormente sub-funções (ou funções parciais) foram definidas, sendo em seqüência a determinação das funções elementares para cada uma destas, de acordo com a Figura 13.

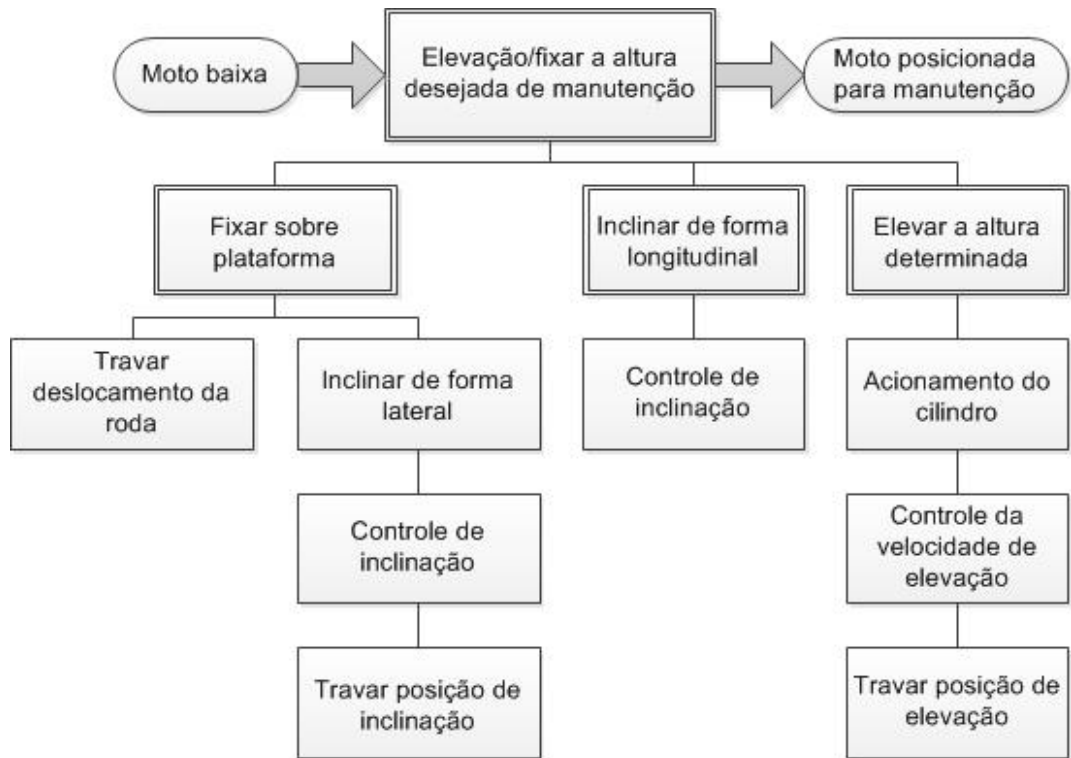


Figura 13 - Desenvolvimento da estrutura funcional do produto.

4.3.2. Pesquisar por princípios de solução (Matriz Morfológica)

Através da matriz morfologia, conforme Quadro 7, foi possível a geração de vários princípios de solução para cada função elementar do produto, oferecendo uma fonte de análise para a definição da concepção final do produto.

Elevar a altura determinada	Sistema de Elevação	Pantográfico com cilindro	Pantográfico com mola pneumática	Pantográfico com cilindro vertical	Pantográfico com cilindro	
		Braços paralelos com cilindro	Pantográfico com cilindro	Pantográfico duplo, com mola pneumática	Pantográfico duplo com cilindro.	
	Travar posição de elevação	Braço móvel com trava	Entre-braços	Braço com trava contrária		
	Acionamento do atuador	Botão	Alavanca	Botões com solenóide	Pedal com botão	
	Fixar sobre plataforma	Travar deslocamento da roda	Garras pneumáticas	Braços com mola pneumática	Tipo morsa	
Inclinar de forma lateral		Torre com rolamento e volante	Haste inclinável com cilindro	Eixo com rolamento e alavanca		
Controle de inclinação		Alavanca com válvula pneumática	Botões com solenóide	Botão com válvula pneumática		
Inclinar de forma longitudinal	Elevatório pantográfico	Plat. inclinável com mola pneumática				

Quadro 7 - Matriz morfológica para concepção do elevador.

4.3.3. Geração da concepção

O sistema de elevação possui quatro braços posicionados com forma pantográfica, utilizando cinco eixos distintos, quatro nas extremidades e um central. O atuador é uma mola pneumática, que possui como acionamento botão com válvula pneumática direcional. O travamento é realizado entre-braços, por haste articulada e posições de encaixe fixas.

O sistema de fixação é composto por dois braços acionados por mola pneumática de baixa capacidade, pressionando as suspensões, próximo ao eixo de roda. Sendo a inclinação lateral proporcionada pela torre com cilindro pneumático, travado por pino em posições determinadas para altura, e a longitudinal pela plataforma inclinável com mola pneumática.

O Quadro 8 apresenta o detalhamento do sistema funcional, com a solução para suas funções elementares.

Função	Sub-função	Função elementar	Solução
Eleva / Fixa moto a posição necessária de manutenção	Eleva a altura determinada	Sistema de Elevação	Pantográfico com mola pneumática
		Travar posição de elevação	Entre-braços
		Acionamento do atuador	Botão
	Fixa sobre plataforma	Travar deslocamento da roda	Braços com mola pneumática
		Inclinar de forma lateral	Torre inclinável com cilindro
		Controle de inclinação	Botão com válvula pneumática
	Inclinar de forma longitudinal	Inclinar de forma longitudinal	Plat. inclinável com mola pneumática

Quadro 8 - Concepção da Solução.

4.3.4. Modelamento e avaliação do conceito

Com a ajuda do software SolidWorks, foi desenvolvido um modelo simplificado em 3D do conceito de elevador, conforme pode-se verificar pelas Figuras 14 e 15. É possível identificar as posições das vigas bi-engastadas (em cores azul e verde), as quais será fixa a mola pneumática, que suporta inclinação de até 30°.

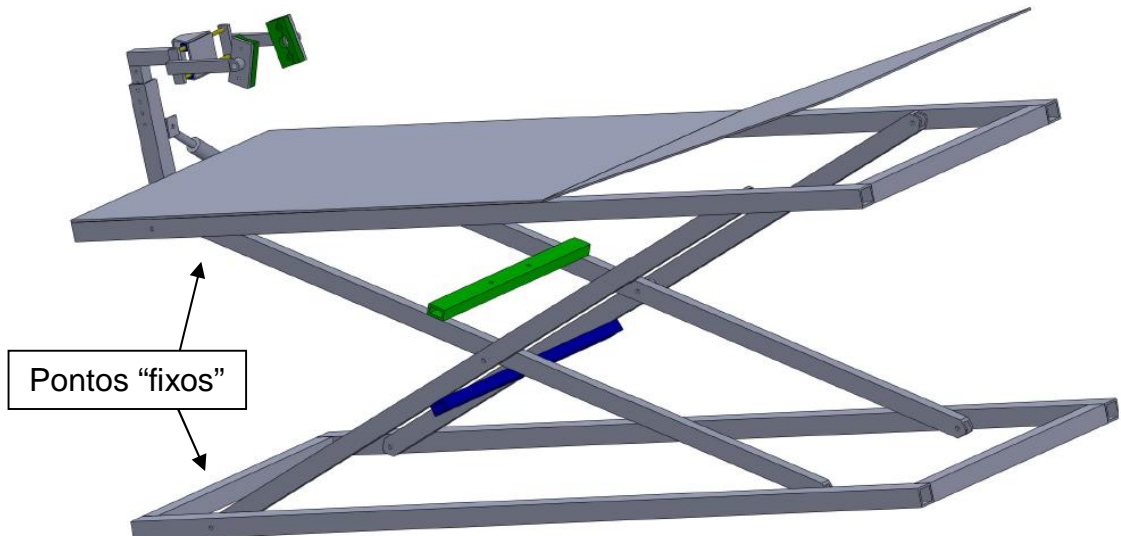


Figura 14 - Modelo simplificado do conceito de elevador pneumático.

Conforme Figura 14, os pontos de fixação dos braços são os quatro extremos esquerdos, enquanto os direitos devem ser dotados de roldanas. Na Figura 15 verifica-se a fixação da motocicleta, que se dará pelos mordentes plásticos (verdes), que fixarão a suspensão dianteira, próximo ao eixo de roda, ou ainda podendo fixar a balança traseira, conforme comprimento dos braços, através de dois braços com guias acionados por mola pneumática.

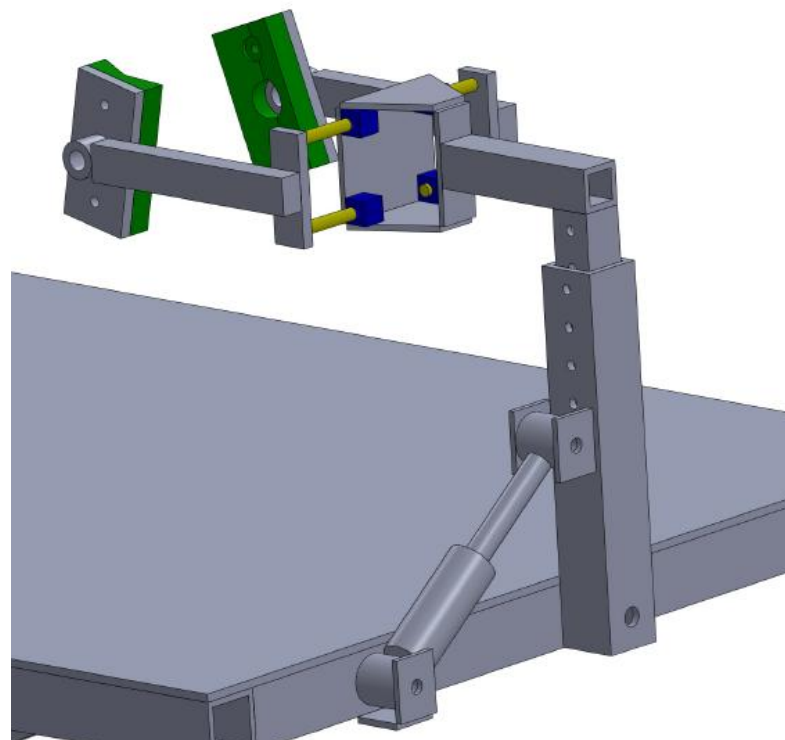


Figura 15 - Detalhe do sistema de fixação e inclinação.

4.4. DIMENSIONAMENTO PARCIAL DO SISTEMA DE ELEVAÇÃO

Embora o projeto seja conceitual, o dimensionamento do sistema de elevação foi utilizado para validar a opção escolhida, de um sistema acionado por mola pneumática, e braços tipo tesoura.

Inicialmente precisamos saber qual a altura que será mais usual, para posicionar os braços de elevação em pontos estratégicos conforme o comprimento da motocicleta, objetivando assim, reduzir o máximo momento fletor ocasionado. Desta forma, o comprimento de 1732mm foi considerado para a altura mais usual.

Conforme relatos do cliente usuário, a maior necessidade de elevação da motocicleta está relacionada as manutenções em motores, que é a máxima altura usual necessária, considerando tanto a retirada do mesmo do chassi, quanto somente consertos parciais, como regulagem de válvulas. Sendo assim, considerou-se a altura mais usual, 1000mm, conforme Figura 15, e o comprimento dos braços de 2000mm, para facilitar obtenção.

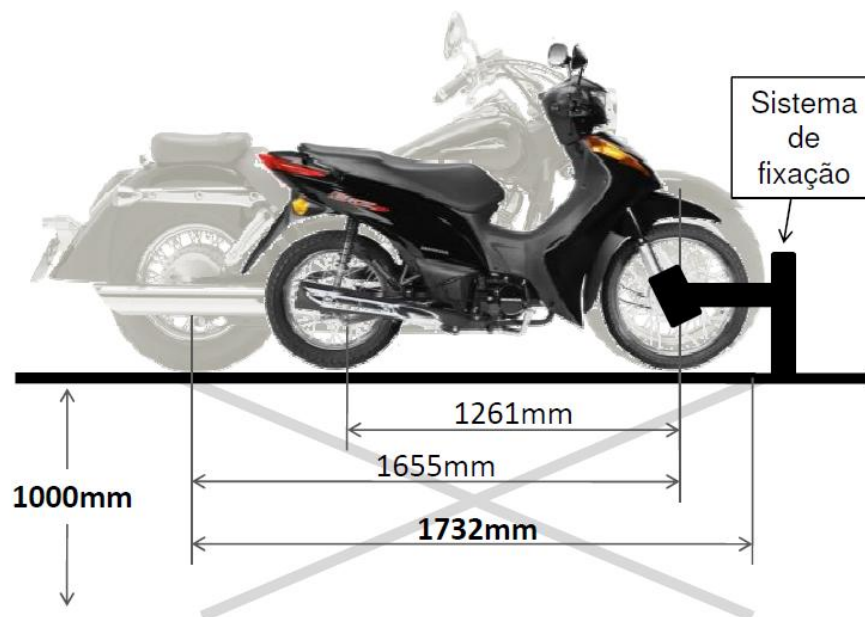


Figura 16 - Relação para considerar distanciamento entre braços na altura mais usual.

4.4.1. Força Dinâmica de elevação

O equipamento deve ter capacidade para elevar no mínimo 250kg, a norma nos indica que para este tipo de elevador pode-se utilizar 1,5 como fator de

segurança (FS) para o elevador. Desta forma podemos calcular, de forma simples, a força dinâmica máxima a que o elevador pode estar submetido pela equação (13). Sendo F a força, “ m ” a massa a ser elevada, e g a aceleração da gravidade (10m/s^2).

$$F = m \cdot FS \cdot g \quad (13)$$

$$F = 250\text{kg} \cdot 1,5 \cdot 10\text{m/s}^2 \quad (14)$$

$$F = 3750\text{ N} \quad (15)$$

4.4.2. Cálculos das reações

A Figura 18 ilustra a representação das forças e reações atuantes na estrutura do sistema de elevação, com altura máxima de elevação.

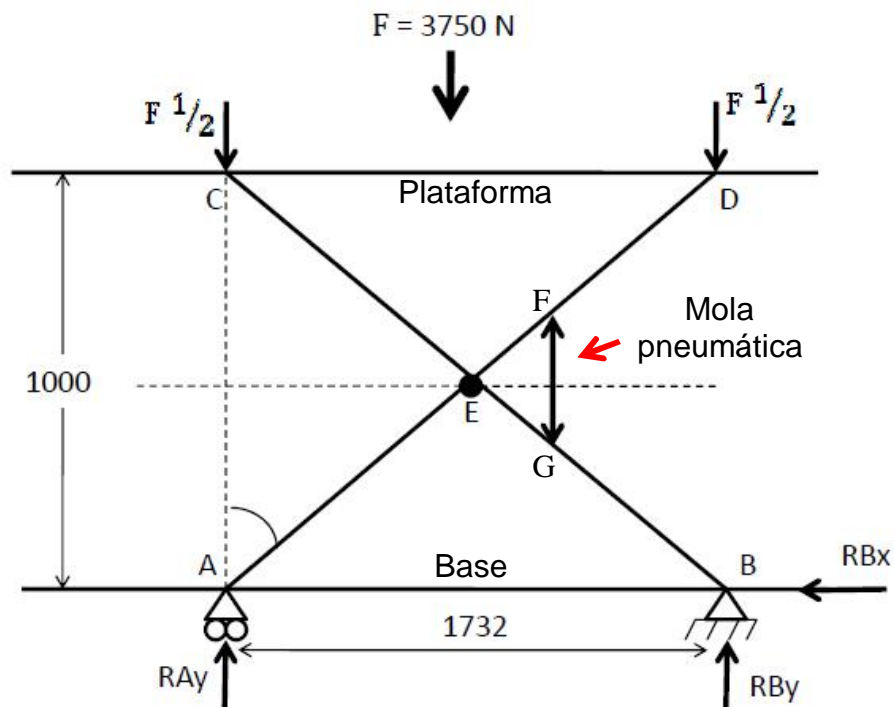


Figura 17 - Forças e reações atuantes na estrutura do sistema de elevação (altura máxima).

Como os braços mudam o ângulo de atuação com relação a base e plataforma, a cada altura em que trabalha, iremos ter uma nova condição de atuação das forças para cada situação. Considerando o maior esforço envolvido, a condição mais crítica será com o mesmo totalmente abaixado (em repouso), onde os braços

encontram-se mais próximos da posição horizontal, sendo decidido desta forma, realizar os cálculos nesta posição, conforme representação na Figura 19.

A altura de descanso definida, foi de 100mm. Esta altura baixa será possível devido a utilização de mola pneumática como atuador para o sistema de elevação.

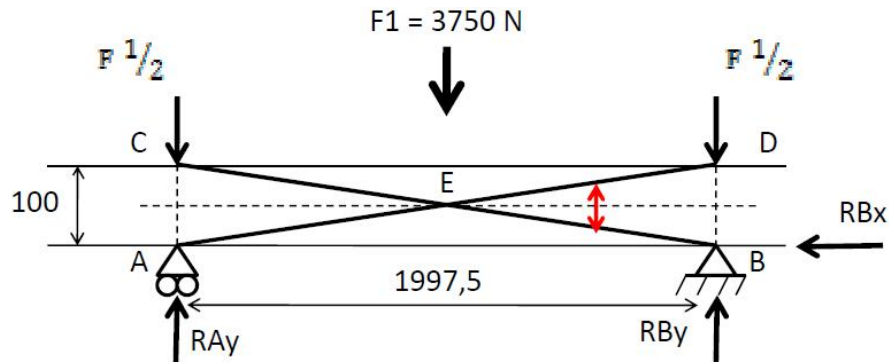


Figura 18 - Forças e reações atuantes na estrutura do sistema de elevação (altura de descanso).

Primeiramente foi calculada a soma das forças em y, conforme equação (17).

$$\Sigma F_y = 0 \quad (16)$$

$$-F_{Dy} - F_{Cy} + F_{Ay} + F_{By} + F_{My} - F_{My} - F_{Ey} = 0 \quad (17)$$

Considerando o estudo das alavancas interfijas, verifica-se que as forças $F_{Ay} + F_{By} = F_{Dy} + F_{Cy}$ se anulam, bem como as forças da mola, desta forma tem-se, com o acionamento da mola:

$$0 - F_{Ey} = 0 \quad (18)$$

$$F_{Ey} = 0 \quad (19)$$

Para chegar a força necessária para a mola pneumática, será isolada a barra BC, conforme esquema representado pela Figura 18, e calculada a soma dos momentos, de acordo com a equação (22).

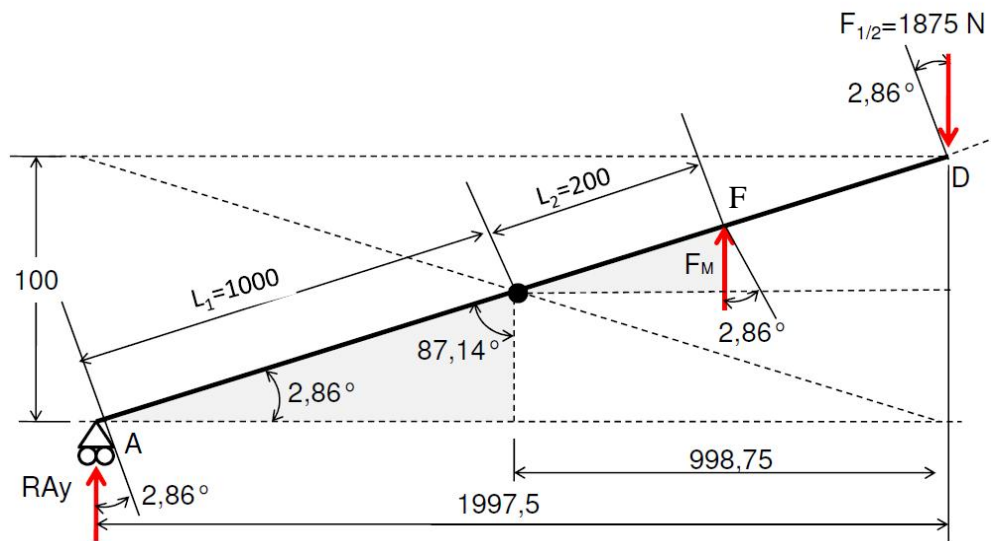


Figura 19 - Diagrama de reações da barra AD.

$$\Sigma M = 0 \quad (20)$$

$$- F_{1/2} \cdot L_1 \cdot \cos 2,86^\circ + F_M \cdot L_2 \cdot \cos 2,86^\circ - R_{Ay} \cdot L_1 \cdot \cos 2,86^\circ = 0 \quad (21)$$

$$- 1875 \text{ N} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot \cos 2,86^\circ + F_M \cdot 200 \text{ mm} \cdot \cos 2,86^\circ - 1875 \text{ N} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot \cos 2,86^\circ = 0 \quad (22)$$

$$F_M = \frac{3745329,129}{199,75} \quad (23)$$

$$F_M = 18750 \text{ N} \quad (24)$$

Com a ajuda do software AutoCAD Mechanicals, foi realizado o diagrama de esforços, conforme Figura 21, verifica-se uma deflexão máxima de 18,57mm. E momento fletor máximo gerado de 1877300N.mm no ponto $x=1\text{m}$ (tracionando fibras inferiores).

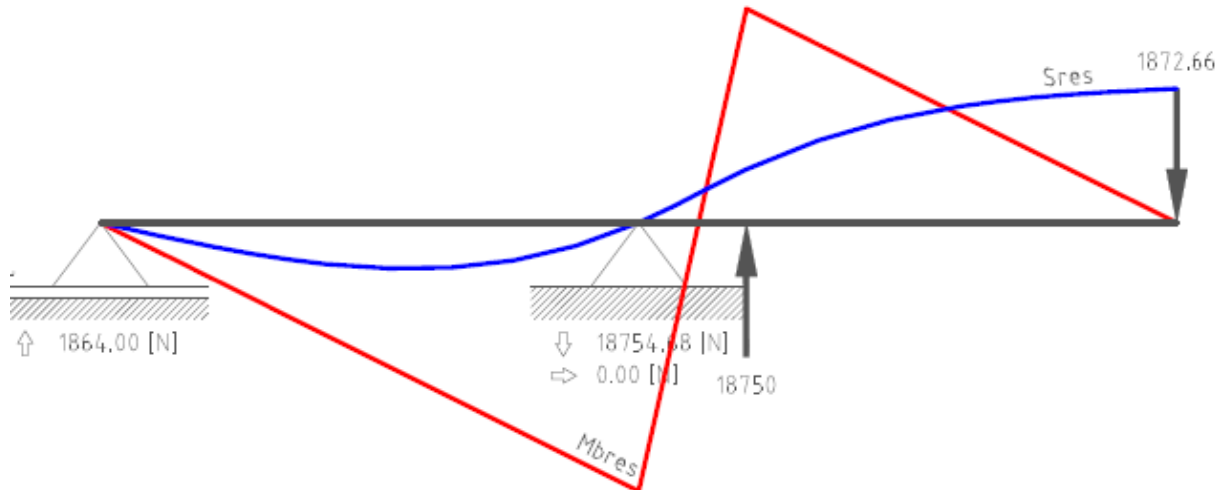


Diagrama de Reações			
Moment of Inertia	I1	[mm ⁴]	236645
Moment of Inertia	I2	[mm ⁴]	96081.3
Moment of Inertia	Ieff	[mm ⁴]	236645
Max. Border Dist.		[mm]	25
Safety Factor			1,3563
Yield Point		[N/mm ²]	269
E-Modulus		[N/mm ²]	80000
Material			S235JR
Max.Deflection	S1	[mm]	0
Max.Bending Moment	Mb1	[Nm]	0
Max.Deflection	S2	[mm]	18,56996
Max.Bending Moment	Mb2	[Nm]	1877.3
Max.Stress	Res.	[N/mm ²]	198.32
Max.Deflection	Sres	[mm]	18,56996
Max.Bending Moment	Mbres	[Nm]	1877.3
Scale for Defl. Line			13,46:1
Scale for Bending Mom. Line			1:3.75

Figura 20 - Diagramas de Cisalhamento (Shear), e de Momento Fletor (Moment), barra AD.

Como a mola pneumática atuará aplicando a força em dois sentidos simultaneamente e o sentido contrário é equivalente, deve-se considerar que a mesma deverá ter capacidade para o dobro desta força encontrada. Conforme ANEXO C, a mola MAGRAL YM 6010 atende a necessidade de capacidade de carga, bem como Curso de atuação máximo e mínimo, sendo assim podendo ser utilizada nesta aplicação. De acordo com a tabela MAGRAL seguem dados principais da mola.

- Curso máximo: 276 mm;
- Curso mínimo: 89 mm;
- Capacidade de carga comprimida: 48995 N (a 7 bar).

Em seguida foi isolada a barra BC, e realizado o cálculo da soma dos momentos na mesma.

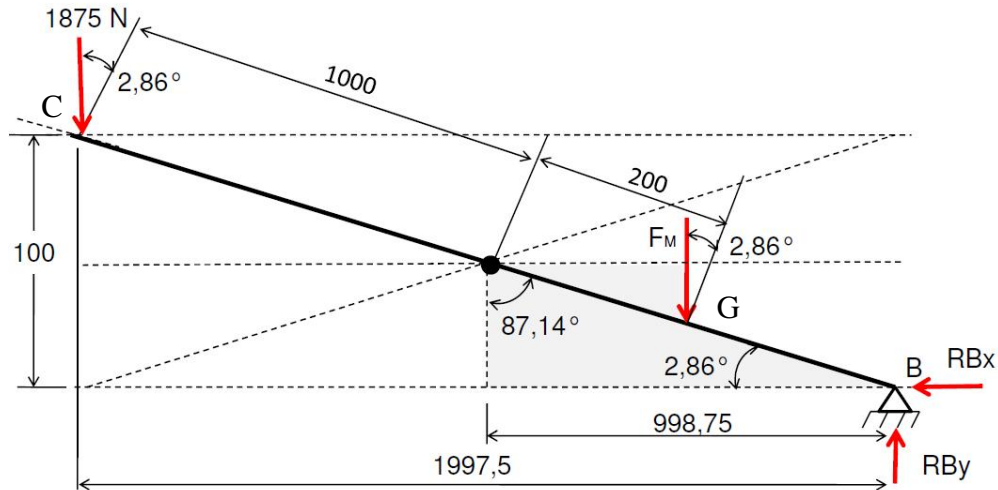


Figura 21 - Diagrama de reações da barra BC.

$$\Sigma M = 0 \quad (25)$$

$$F_{1/2} \cdot L_1 \cdot \cos 2,86^\circ - F_M \cdot L_2 \cdot \cos 2,86^\circ + R_{By} \cdot L_1 \cdot \cos 2,86^\circ = 0 \quad (26)$$

$$1875N \cdot 1000mm \cdot \cos 2,86^\circ - 18750N \cdot 200mm \cdot \cos 2,86^\circ + 1875N \cdot 1000mm \cdot \cos 2,86^\circ - R_{Bx} \cdot 1000mm \cdot \sin 2,86^\circ = 0 \quad (27)$$

$$R_{Bx} = 0 \quad (28)$$

Desta forma, com a mola atuando com força tal que, equilibre as forças, a reação $R_{Bx} = 0$.

Os braços também estão submetidos a uma força lateral, conforme Figura 18, que também deve ser considerada posteriormente para análise da tensão que estes deverão suportar. Considerando que a força da mola está atuando tanto para os braços da esquerda, quanto para os da direita, metade da força atua para cima e a outra para baixo, deve-se utilizar $\frac{1}{2}$ de F_M , conforme Figura 23. O diâmetro da mola é igual a 228,6mm, sendo este o comprimento da viga onde a força será aplicada.

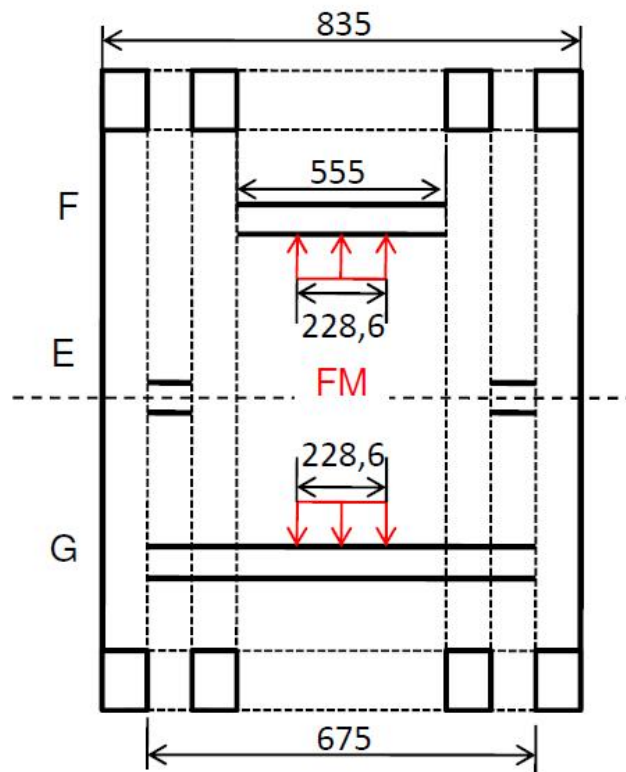


Figura 22 - Vista da seção transversal do elevador, diagrama de forças das vigas bi-engastadas.

Sendo que a viga inferior irá possuir o maior momento, devido ao seu comprimento maior em relação a superior, desde modo será considerada esta para os cálculos. Uma vez que se trata de uma viga tipo bi-engastada, foi utilizado o software AutoCAD Mechanicals, para oferecer o momento máximo de forma mais confiável. Sendo verificado assim, pela Figura 23, que o máximo momento fletor gerado é de 1521100N.mm.

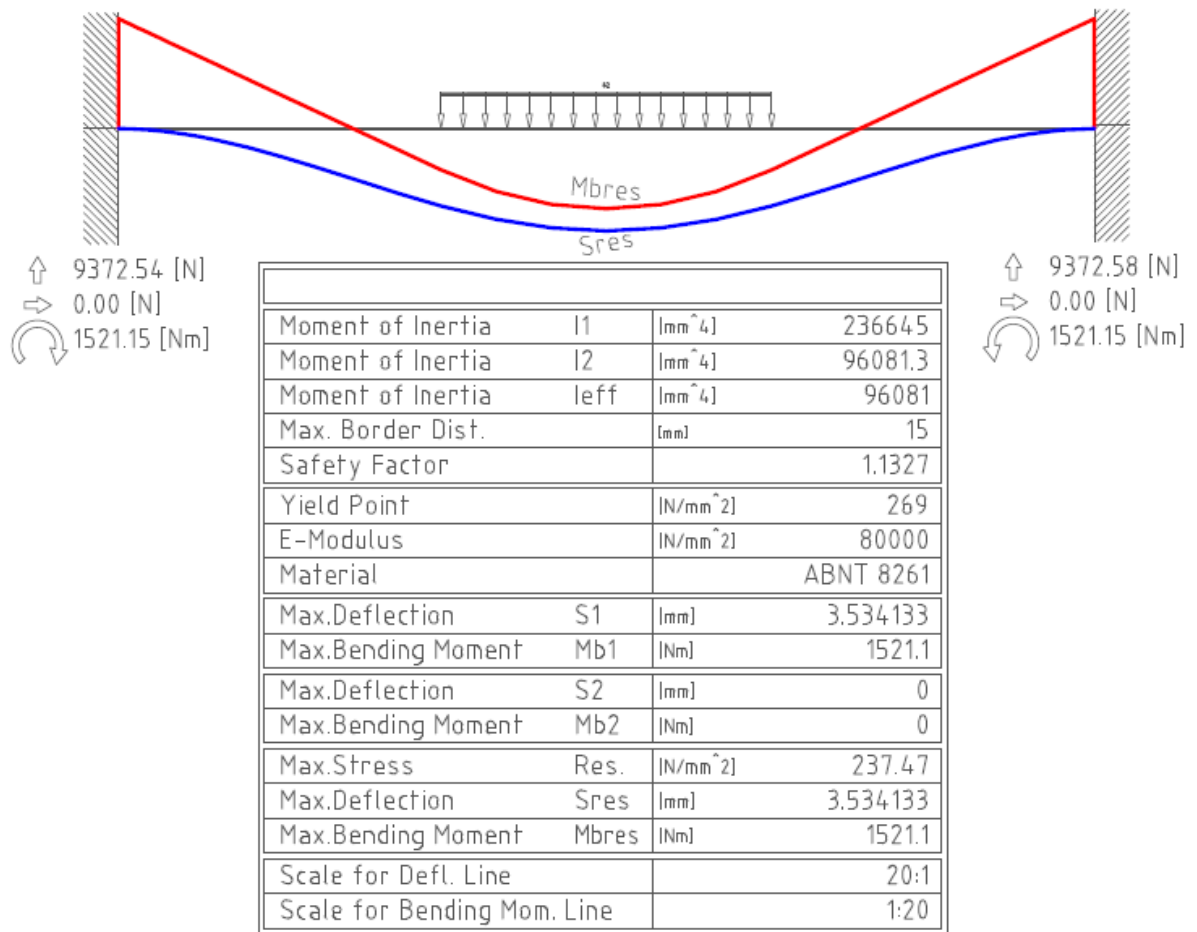


Figura 23 - Diagrama das reações da viga bi-engastada inferior (viga G).

Após foi calculado o momento de inércia x do tubo (I_x), conforme equação (29).

$$I_x = \frac{30.50^3}{12} - \frac{17,4.37,4^3}{12} = 236645,24 \text{ mm}^4 \quad (29)$$

Conforme equação (30) calcula-se a tensão normal σ_x .

$$\sigma_x = \frac{1877300\text{Nmm} \cdot 25\text{mm}}{236645,24\text{mm}^4} = 198,32\text{N/mm}^2 \quad (30)$$

Após foi calculado o momento de inércia em y do tubo (I_y), conforme equação (31).

$$I_y = \frac{50.30^3}{12} - \frac{37,4.17,4^3}{12} = 96081,32\text{mm}^4 \quad (31)$$

Conforme equação (32) calcula-se a tensão normal σ_y . O momento atuante em y é relativo a força aplicada nos pontos F e G, os tubos serão bi-engastados, nos braços AD com comprimento de 6mm, e nos braços BC com 675mm, conforme Figura 18.

$$\sigma_y = \frac{1521100\text{Nmm}.15\text{mm}}{96081,32\text{mm}^4} = 237,5\text{N/mm}^2 \quad (32)$$

Tratando-se de tensões combinadas, deve-se aplicar a teoria de Von Mises-Hencky, conforme equação (33).

$$\sigma_{VM} = \sqrt{198,32^2 - (198,32.237,5) + 237,5^2} = 220 \text{ Nmm} \quad (33)$$

Agora calcula-se a tensão admissível para o material que será utilizado, pela equação (33), sendo este um tubo ABNT 1020 de tensão como os materiais conforme NBR 8261-classe C devem ter no mínimo tensão de escoamento de 345 Nmm.

$$\sigma_{adm} = \frac{345\text{N/mm}^2}{1,5} = 230\text{N/mm}^2 \quad (34)$$

Pode-se verificar que a tensão obtida com a o braço na equação (33) está abaixo da tensão suportada pelo material, desta forma, os requisitos de segurança são atendidos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na metodologia utilizada, foi possível desenvolver um projeto conceitual de elevador pneumático que atendeu as necessidades de dinamismo solicitadas pelos clientes, e forneceu material teórico para embasar pesquisas futuras de interessados nas áreas de estudo utilizadas. Onde através de melhorias de grau técnico, foi possível de melhor aproveitar o uso das forças no caso do uso da mola pneumática, e desenvolver alguns conceitos de sistemas ainda não utilizados em elevadores pneumáticos no mercado.

O planejamento do projeto foi elaborado de forma a analisar o problema de projeto e compará-lo com as disponibilidades do mercado. E a busca pelas necessidades dos clientes, através de questionário, pesquisa literária e base em experiências, revelou valores para o uso do produto que não antes estavam contidos em produtos acessíveis no mercado atual, formando um conceito de produto diferenciado. O modelamento do elevador revelou, de certa forma, a simplicidade de componentes do sistema de fixação, que proporcionará a inclinação lateral, e não menos importante o sistema para inclinação longitudinal.

Os cálculos necessários ao dimensionamento do sistema de elevação trouxeram possibilidades de utilização da força e meios para esta pouco vistos em produtos do tipo (mola pneumática), apesar de sua aplicação render um melhor aproveitamento do uso das forças e componentes. Sendo assim, os interessados nas áreas abordadas poderão utilizar o material produzido em pesquisas futuras, para complementar ou melhorar a linha de conceito produzida para o elevador, ou ainda, utilizar como embasamento no estudo de produtos e aplicações similares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACICLO - Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e similares. **Anuário da Indústria Brasileira de Motociclos 2011**. Disponível em: <<http://www.virapagina.com.br/abraciclo2011/>>. Acesso em: 23 Mar. 2011.

AMARAL, C. D. et al.,. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos – Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo, Editora Saraiva, 2006.

BACK, Nelson. **Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto**. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

BEER, Ferdinand; JOHNSTON, Russel. **Resistência dos Materiais**. 3º edição, São Paulo: Pearson Makron Books, 1995.

BONACORSO, Nelso Gauze; NOLL, Valdir. **Automação Eletropneumática**. 3. Ed., Editora Érica Ltda, 1999.

BR. **Indústria e comércio de ferramentas para motos Ltda**. Barretos – SP. Disponível em: <<http://www.brferramentas.com.br/18-elevadores>>. Acesso em: 04 abr. 2012.

EVEREST. São Paulo – SP. Disponível em: <<http://www.everestmotos.com.br/produtos.asp?codpro=01079&origem=pagcategorias>>. Acesso em: 04 abr. 2012.

FESTO, Didactic. **Sistemas Eletropneumáticos**. Apostila M1001-2 BR, São Paulo-SP. Ed. Abril, 2001.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação Pneumática – Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**. 7. Ed., Editora Érica Ltda, São Paulo, 2012.

FIRESTONE. **Firestone Industrial Products Company**. Disponível em: <<http://www.bfbr.com.br>>. Acesso em: 12 set. 2012.

FONSECA, Antonio Jorge Hernández. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. Florianópolis, 2000. Tese de Doutorado, PPGEM – UFSC.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 3.º Ed. Editora Livros Técnicos e Científicos Ltda., Rio de Janeiro – RJ, 2000.

HONDA, fabricante de motocicletas. Disponível em: <<http://www.honda.com.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

JM. **Máquinas e Equipamentos**. Ribeirão Preto – SP. Disponível em: <http://www.jmmaquinas.com.br/site/produtos_vis.asp?id_produto=1140>. Acesso em: 02 abr. 2012.

MAGRAL. **Equipamentos Hidráulicos e Pneumáticos Ltda.** Disponível em: <<http://www.magral.com.br/>>. Acesso em: 01 Nov. 2012.

Norma DIN EN 1473 1998, Vehicle Lifting Tables.

Norma DIN EN 1570 1998, Safety Requirements for Lifting Tables.

PAHL & BEITZ. **Projeto na Engenharia: Fundamentos do Desenvolvimento Eficaz de Produtos e Métodos e Aplicações/Tradução** Hans Andreas Wernwe; revisão Nazem Nascimento. Edgard Blucher, São Paulo, 2005.

PARKER - Hannifin Corporation. **Tecnologia Pneumática Industrial - Apostila M1001 BR.** Jacareí-SP, Brasil. Agosto 2011. Disponível em: <http://www.extranetparker.com.br/download/training/pdf/apos_M1001_2_BR.pdf>. Acesso em: 04 Abr. 2012.

REIS, Ângelo Vieira dos. **Desenvolvimento de concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas.** Florianópolis, 2003, 277 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – CTC-EMC, Universidade Federal de Santa Catarina.

SUFRAM - Superintendência da Zona Franca de Manaus. **Indicadores do Pólo Industrial de Manaus (PIM).** Disponível em: <http://www.suframa.gov.br/zfm_indicadores_do_pim.cfm>. Acesso em: 02 abr. 2012.

WARSCHAUER, Paulo. **Gestão de projetos e Transdisciplinaridade – Uma análise Multidimensional do PMBOK e ISO 10006.** Revisão de Fevereiro de 2007. Disponível em: <http://www.redebrasileiradetransdisciplinaridade.net/file.php/1/Artigos_dos_membros_da_Ne>, Acesso em: 13 abr. 2012.

ANEXO A – Comparação entre os sistemas de acionamento

Critérios	Pneumática	Hidráulica	Elétrica
Força linear	Forças limitadas a aprox. 35.000 a 40.000N (3.000 a 4.000 Kp), devido a baixa pressão e diâmetro do cilindro no caso de forças de fixação, não há consumo de energia.	Grandes forças em virtude da alta pressão	Rendimento baixo, sem segurança contra sobrecargas; grande consumo de energia na marcha em vazio; forças reduzidas.
Torque	Altos momentos de giro; também não há consumo quando parados.	Torques muito altos, mesmo parados, porém nesse caso se produz o máximo de consumo de energia.	Torque mínimo, mesmo parado.
Movimento linear	Obtido de forma simples; elevada aceleração; elevada velocidade (aprox. 1,5 m/s).	Obtido de forma simples, boa regulagem.	Complicado e caro, utilizados elementos mecânicos, p/ pequenos cursos, eletro-ímãs.
Movimento rotativo ou basculante	Motores de ar comprimido com rotação alta (aprox. 500.000 rpm); elevados custos de energia; baixo rendimento; mov. basculante mediante transformação através de cilindro cremalheira.	Motores hidráulicos e cilindros basculantes com rotação menor que os pneumáticos; bom rendimento.	Melhor rendimento em acionamentos.
Regulagens	Regulagens de força realizada facilmente através de reguladores de pressão, e de velocidade através de reguladores de fluxo.	Forças e velocidades reguladas facilmente; regulagem é exata.	Possivelmente de forma limitada; custos elevados.
Acúmulo e transporte de energias	Possível inclusive em grandes quantidades, sem grandes custos, transporte fácil através de tubulações(aprox. 1000m)	Acúmulo limitado mediante acumuladores a gás ou mola; transportável em tubulações até aprox. 1000m.	Acúmulo difícil e caro, em geral só pequenas quantidades (baterias); transporte fácil através de condutores a grandes distâncias.
Influências ao meio ambiente	Insensível a variações de temperatura; não existe o perigo de explosão; no caso de muita umidade no ar, altas velocidades de fluxo e baixas temperaturas, existe o perigo de congelamento.	Sensível a variações de temperaturas; no caso de vazamentos há o derramamento de fluido, sujeira e riscos de incêndio.	Insensível a variações de temperatura; em áreas perigosas são necessárias instalações de proteção contra incêndio e explosão.
Custos da energia	Elevados em comparação com a eletricidade	Elevados em comparação com a eletricidade	Energia de custo reduzido.
Manuseio	Aplicável mesmo com poucos conhecimentos; montagem e colocação dos sistemas de comando, relativamente simples e sem perigos.	Mais complicado em razão das altas pressões; necessárias tubulações para vazamentos e retorno.	Somente com conhecimentos especializados; perigo de acidentes; em caso de ligações erradas, perigo de danificação dos elementos.
Em geral	Os elementos são seguros contra sobrecargas; os ruídos dos escapes de ar são desagradáveis, portanto há a necessidade de usar silenciadores.	Com altas pressões se produz intenso ruído nas bombas; os elementos são seguros contra sobrecargas.	Os elementos não são seguros contra sobrecargas, somente com elevados custo; ruídos ao serem acionados os contadores.

ANEXO B – Questionário para os captadores das necessidades

USUÁRIO DO PRODUTO: _____ DATA: _____

NOME DO PROJETO: Projeto conceitual de um elevador pneumático para oficina de motocicletas.

O questionário tem como objetivo, consultar os usuários diretos ou indiretos do produto elevador pneumático para oficina de motocicletas, buscando captar as características, relativas ao uso/produção, identificadas como necessárias.

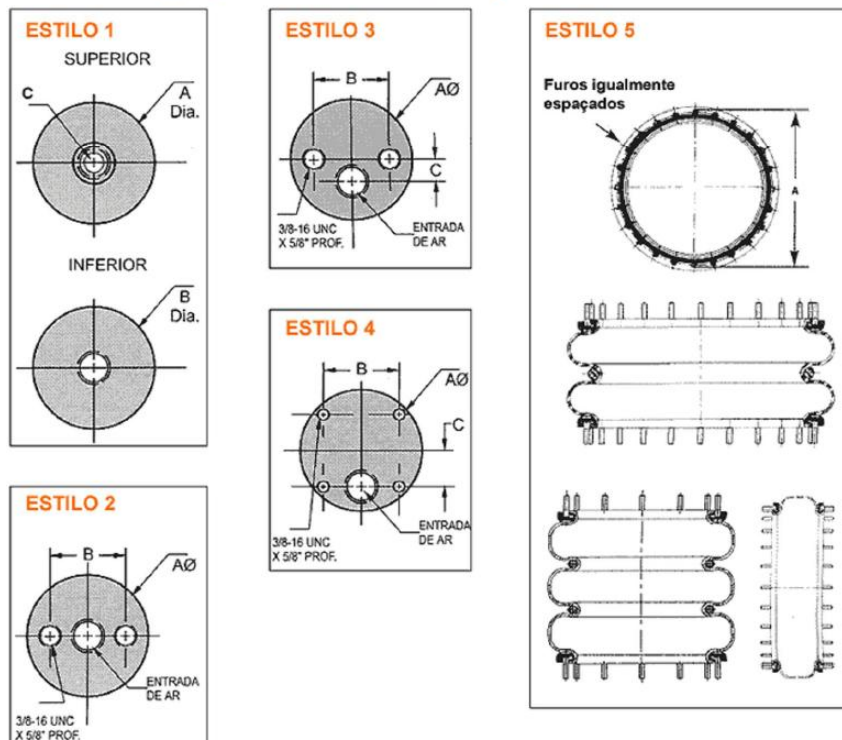
- 1) Qual a altura, máxima(todo elevado) e mínima(todo baixo), ideal para o trabalho com o elevador? São necessárias alturas intermediárias?
- 2) Qual a capacidade necessária? Peso(kg) máximo de motocicletas que eleva?
- 3) Largura e comprimento da plataforma, quais dimensões acredita ser necessárias? Precisa de espaço para ferramentas? Quanto?
- 4) Com relação a segurança, que tipo de proteção ou função acredita que seja importante para um elevador pneumático?
- 5) Com relação ao custo/benefício, preço pela tecnologia disponível nos acionamentos do elevador, até onde acredita ser viável?
- 6) Para a fixação da moto em cima do elevador, alguma necessidade especial? Sistemas atuais tipo morsa disponíveis (ou outro), atendem a necessidade?
- 7) Para manutenção em rodas, há características especiais para considerar/atender?
- 8) Quanto pagaria, para dispor de um elevador pneumático que atenda as suas necessidades na oficina?
 de R\$1000,00 a R\$1500,00 de R\$1500,00 a R\$2000,00 de R\$2000,00 a 2500,00
- 9) Estética, tem preferências por cores e acabamentos especiais?
- 10) Há restrição com relação ao ambiente de trabalho (Espaço, pouco ruído, etc)?
- 11) Há alguma dificuldade enfrentada com produtos atuais (se possui, já utiliza elevador pneumático/hidráulico)?
- 12) Comentários sobre outras características vistas como necessárias para um elevador pneumático de motos?

ANEXO C - Dados técnicos de molas pneumáticas MAGRAL, do tipo convolução dupla

DADOS TÉCNICOS - MOLAS PNEUMÁTICAS TIPO CONVOLUÇÃO DUPLA															
Código	Curso Máx. (mm)	Carga de trabalho de isolador a 7bars (N) **	Altura de projeto Isolador (mm)	H min comp. (mm)	H máx ext. (mm)	Diâm. Máx. (mm) a 7 bars	Força disponível na altura limite (N)		Força disponível na altura comprimida (N)		Estilo Fixação	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Entrada de ar (NPTF)
							7 bar	4 bar	7 bar	4 bar					
YM - 6001	114	4785 - 9010	115 - 165	82	196	166	2647	1801	12744	8006	2	122,9	44,5	-	1/4
YM - 6002*	114	4785 - 9010	115 - 165	82	196	166	2647	1801	12744	8006	2	122,9	69,9	34,9	1/4
YM - 6003*	149	6675 - 10120	127 - 177	82	231	178	2602	956	15101	9652	3	122,9	69,9	34,9	1/4
YM - 6004*	165	5230 - 11500	153 - 203	64	229	204	3714	1312	14323	8273	2-3	127	69,9	34,9	1/4-3/4
YM - 6005*	180	10000 - 12010	178 - 203	82	262	216	3781	1557	22907	13789	2-3	149,1	69,9	34,9	1/4-3/4
YM - 6006*	203	11570 - 16085	204 - 228	89	292	262	2402	445	24175	14056	3	162,6	88,9	44,5	1/4-1/2
YM - 6007*	203	11570 - 16085	204 - 228	89	292	262	2402	445	24175	14056	3	162,6	88,9	38,1	3/4
YM - 6008*†	236	15690 - 17955	204 - 228	89	325	262	6650	3336	27155	16191	3	162,6	88,9	44,5	1/4
YM - 6009*	193	20360 - 32060	191 - 241	89	282	331	12921	6183	42167	2446	2-3	228,6	157,5	72,9	1/4-3/4
YM - 6010	276	29260 - 36375	191 - 241	89	282	348	11787	5226	48995	28601	3	228,6	157,5	72,9	1/4-3/4
YM - 6011*	198	35490 - 50080	191 - 241	89	287	384	15501	8896	61894	36829	4	287	158,8	79,4	1/4-3/4
YM - 6012*	297	50175 - 58180	191 - 241	89	386	407	19171	9185	72347	42990	4	287	158,8	79,4	1/4-3/4
YM - 6013*	236	45390 - 56025	191 - 241	89	325	425	18259	9296	69722	41589	4	287	158,8	79,4	1/4-3/4

† Placa de fixação superior é fornecida com 2 prisioneiros de 1/2 - 13UNC - 16mm.
 * Disponível com batente interno (consultar a Magral para altura mínima e força).
 ** Esse range é baseado em 7 bars; para obter o limite inferior (ex.: carga máxima a 1,4 bars) divida o menor valor por 5.

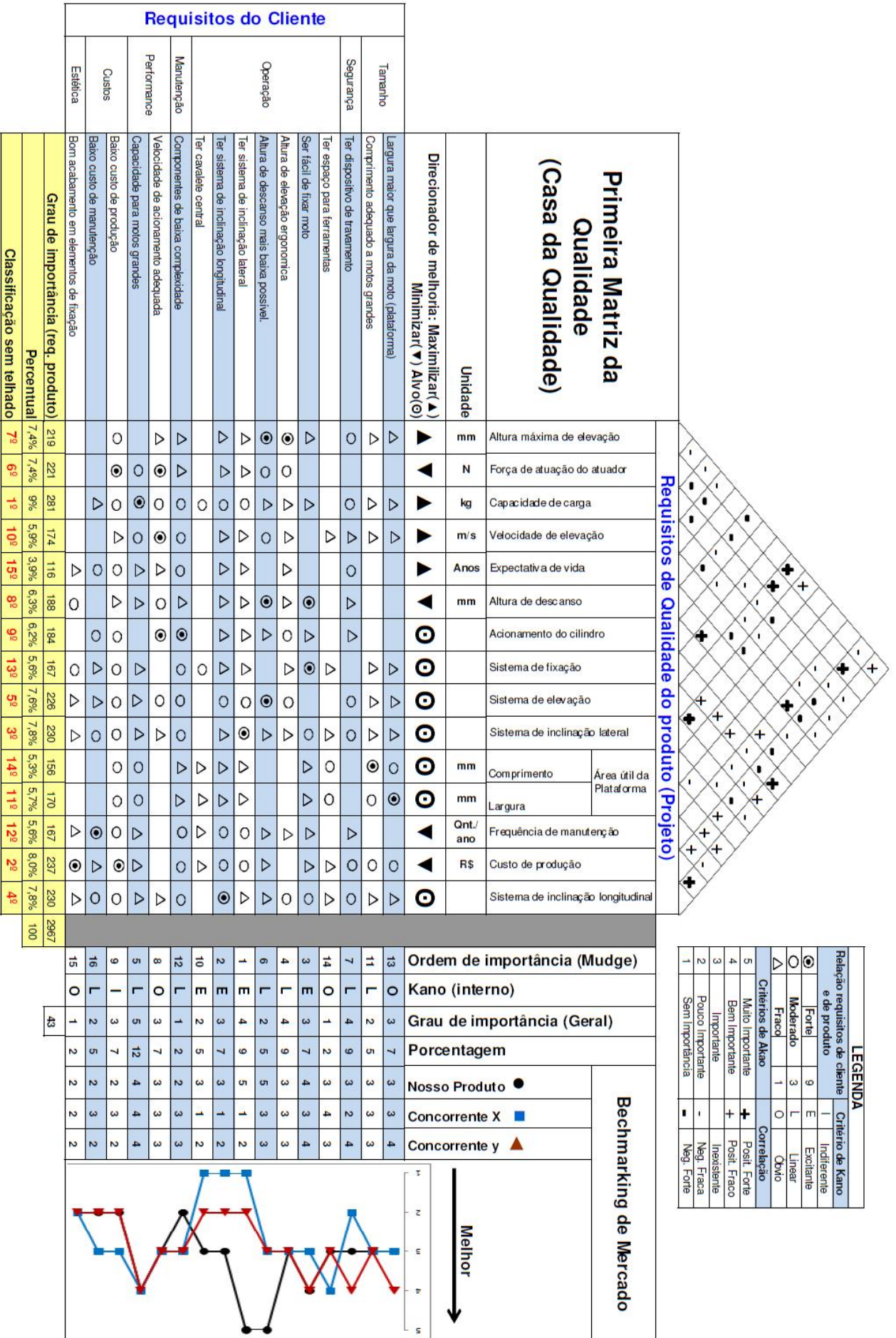
Estilos de Fixações para Molas Pneumáticas Magral



ANEXO D – DIAGRAMA DE MUDGE

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	SOMA	%		Requisitos do Cliente
A	B1	C2	A1	E2	F2	G2	H3	I3	J1	A1	L1	M2	N1	A1	A1	4	2,30%	A	Largura maior que largura da moto
	B	C1	B1	E1	F2	G2	H3	I3	J1	B1	L1	M2	N1	B1	B1	5	2,87%	B	Comprimento adequado a motos grandes
		C	C1	E1	F1	G1	H2	I2	C1	C1	C1	M2	C1	C2	C1	11	14,37%	C	Ter dispositivo de travamento
			D	E2	F2	G1	H2	I2	J1	D1	L1	M2	N1	D1	D1	3	8,62%	D	Ter espaço para ferramentas
				E	E1	G1	H1	E1	E1	E2	L1	E1	E1	E2	E3	18	13,22%	E	Ser fácil de fixar moto
					F	F1	H1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F2	18	12,07%	F	Altura de elevação ergonómica
						G	H1	I1	G1	G2	G1	M1	G1	G1	G1	14	7,47%	G	Altura de descanso mais baixa possível
							H	I1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	21	6,90%	H	Ter sistema de inclinação lateral
								I	I1	I1	I1	M1	I1	I2	I2	19	1,15%	I	Ter sistema de inclinação longitudinal
									J	J1	L1	M1	N1	J1	J1	6	13,79%	J	Ter cavalete central
										K	K1	M1	K1	K2	K1	5	8,62%	K	Componentes de baixa complexidade
											L	M1	L1	L1	L1	8	0,57%	L	Velocidade de acionamento adequada
											L	M	M1	M1	M1	16	2,87%	M	Capacidade para motos grandes
													N	M1	N2	8	4,02%	N	Baixo custo de produção
														O	O1	1	1,15%	O	Baixo custo de manutenção
															P	2	1,15%	P	Bom acabamento em pontos de fabricação e componentes
															soma	159			

ANEXO E – Matriz QFD



Grau de importância (req. produto)	
219	7,4%
221	7,4%
281	9%
174	5,9%
116	3,9%
188	6,3%
184	6,2%
167	5,6%
226	7,8%
230	7,8%
156	5,3%
170	5,7%
167	5,6%
237	8,0%
230	7,8%
2967	100

Classificação sem telhado	
7º	7,4%
6º	7,4%
1º	9%
10º	5,9%
15º	3,9%
8º	6,3%
9º	6,2%
13º	5,6%
5º	7,8%
3º	7,8%
14º	5,3%
11º	5,7%
12º	5,6%
2º	8,0%
4º	7,8%