



**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

ADAILTON HENRIQUE MAGALHÃES FELICIANO  
DANIEL ROCHA DE SENNA  
LUIZ FILIPE DE SOUZA GOMES  
GERALDO RIBEIRO KRUSCHEWSKY NETO

**PROJETO DE UM *DOCKING CART* PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS  
DE DINAMÔMETROS**

**Salvador  
2019**

ADAILTON HENRIQUE MAGALHÃES FELICIANO  
DANIEL ROCHA DE SENNA  
LUIZ FILIPE DE SOUZA GOMES  
GERALDO RIBEIRO KRUSCHEWSKY NETO

**PROJETO DE UM *DOCKING CART* PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS  
DE DINAMÔMETROS**

Relatório apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário SENAI CIMATEC, como requisito parcial de avaliação do Programa Theoprax para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Egídio Teixeira de Almeida Guerreiro

**Salvador**

**2019**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao nosso orientador Egídio Teixeira de Almeida Guerreiro por todo o auxílio fornecido durante a execução desse projeto;

Ao nosso professor, coordenador de curso e amigo Guilherme Oliveira de Souza, por todos os conselhos, conhecimentos e orientações durante esta jornada;

À Fabiana de Souza Oliveira, nossa Gestora de Projeto inicial e grande amiga ao longo deste curso;

Aos nossos professores Juan Albino e Saulo Figliuolo por todo suporte em suas áreas de expertise;

Aos professores João da Hora e José Alberto por nos encaminhar e auxiliar na execução do projeto THEOPRAX;

Aos nossos familiares e amigos por todo o apoio fornecido e por entender os sacrifícios que foram feitos para a concretização do grau de Bacharel em Engenharia mecânica.

## RESUMO

O presente documento trata-se de projeto de um *docking cart* para ensaios de motores em salas de dinamômetros. O trabalho teve como objetivo projetar, em um ano, um carrinho de movimentação de motores (*docking cart*) para reduzir o tempo de setup nas salas-prova-motor de testes dinamométricos. Para isso seguiu-se a metodologia de desenvolvimento de produtos e divide-se em Projeto Informacional, Conceitual, Básico e Detalhado; esta metodologia engloba, resumidamente, o entendimento do processo atual na empresa cliente e de suas necessidades, concepção de conceito para atendimento das necessidades, modelagem CAD, simulações CAE, e detalhamento 2D para fabricação, bem como análises técnicas e financeiras. A concepção deste produto visa solucionar o problema apresentado pelo cliente: o longo setup interno para realização dos ensaios de motores a combustão, o que gera um custo, devido à sala parada, elevado e indesejado. Como principais resultados do novo *docking cart*, evidenciou-se uma redução estimada do setup interno em 26%, gerando uma economia mensal de aproximadamente R\$7.011,00 para a empresa. Todas as etapas do projeto, as considerações, os parâmetros adotados, as dificuldades e os resultados serão abordados nos documentos que seguem.

**Palavra-chave:** *Docking cart*. Dinamômetro. Setup. Motores.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2 CONTEXTO.....</b>	<b>6</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>7</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Esse documento faz parte de um projeto que foi realizado seguindo a metodologia Theoprax do Centro Universitário SENAI CIMATEC. Nesta metodologia os alunos que estão concluindo o seu curso na instituição são propostos a desenvolver um projeto de engenharia que solucione um problema real de um cliente. A metodologia Theoprax busca desenvolver profissionais capacitados para o mercado de trabalho, desenvolvendo nestes, além dos conhecimentos técnicos aprendidos na sala de aula, outras habilidades como negociação, gestão de tempo, de riscos e de conflitos.

O trabalho em questão foi desenvolvido por quatro alunos de Engenharia Mecânica em fase de conclusão de curso e traz os estudos e análises necessários para o desenvolvimento do projeto de um *docking cart* para ensaios de motores em salas de dinamômetros.

## 2 CONTEXTO

Os testes dinamométricos estão sendo cada vez mais requisitados. A evolução da indústria automotiva e as exigências do mercado estão fundamentando a necessidade de aferir e acompanhar o comportamento dos motores de forma mais contundente.

As Salas-Prova-Motor (SPM) são os espaços onde são realizados estes testes, as aferições e calibrações. O cliente em questão possui dois modelos de SPM, as de durabilidade e desenvolvimento. Cada uma possui seu layout e suas respectivas dimensões, porém os elementos cruciais estão presentes em todas, tais como: sistema de arrefecimento, sistema de combustível, fornecimento de ar, sistema de exaustão de gases, caixa de ferramentas, painel elétrico, instrumentos de medição, entre outros.

O motor que será submetido a testes é transportado e sustentado por um carrinho que possui rodízios para movimentação e uma estrutura que viabiliza um pré - alinhamento do motor no dinamômetro. Além disso seu chassi é projetado para suportar o peso e a frequência dos motores durante o seu funcionamento, além dos periféricos necessários para as aferições. Esse tipo de sistema possui algumas

nomenclaturas encontradas na literatura, *docking cart* será a mais utilizada nesse documento.

A empresa cliente deseja um novo modelo de carrinho que possibilite uma redução no tempo de setup interno de suas SPM, aumentando assim a eficiência das salas e economia financeira.

Diante do exposto, é necessário projetar um novo *docking cart*, o qual atenda às necessidades do cliente, viabilizar o sistema de alinhamento, possuir estrutura para alocações dos periféricos e uma boa ergonomia, entregando ao cliente todo o material necessário para que ele fabrique o novo modelo.

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto foi com base na metodologia utilizada no departamento de Desenvolvimento de Produtos Industriais (DPI) do SENAI CIMATEC.

Neste modelo, subdivide-se o projeto em quatro etapas, são elas: Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Básico (também chamado de Preliminar) e Projeto Detalhado. Dessa forma, tem-se um fluxo estruturado e replicável para o desenvolvimento de novos produtos.

Utilizando esta metodologia, é possível desenvolver um produto partindo desde o entendimento das necessidades do cliente, até o detalhamento dos componentes para a sua fabricação. Sendo assim, encontra-se descrito nos próximos documentos (relatórios) todo o trabalho desenvolvido em cada uma das etapas, bem com os resultados obtidos e seus respectivos apêndices e/ou anexos.

O conteúdo dos relatórios que seguem permitirá ao cliente o entendimento geral da solução, a decisão quanto à implementação do projeto e também fornecerá todos os detalhes necessários para a manufatura e montagem do produto proposto.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 1 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**RELATÓRIO INFORMACIONAL:**  
**PROJETO DE UM *DOCKING CART* PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS**

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 2 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## SUMÁRIO

<b>1 OBJETIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>2 DEMANDA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 JUSTIFICATIVA DO PROJETO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 DEFINIÇÃO DO SISTEMA PROBLEMA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 OBJETIVO(S) DO PROJETO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.4 BENEFÍCIOS FUTUROS.....</b>	<b>5</b>
<b>2.5 PRODUTO DO PROJETO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.7 REQUISITOS DO PRODUTO.....</b>	<b>6</b>
<b>2.8 ASPECTOS DE ESCALA, INDUSTRIALIZAÇÃO E MERCADO.....</b>	<b>7</b>
<b>2.9 PREMISSAS.....</b>	<b>7</b>
<b>2.10 RESTRIÇÕES.....</b>	<b>7</b>
<b>2.11 EXCLUSÕES ESPECÍFICAS .....</b>	<b>8</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.1 MOTORES CICLO OTTO .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1.2 MOTOR CICLO DIESEL .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2 LINHA DE MOTORES DA EMPRESA CLIENTE .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2.1 FAMÍLIA 1 .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2.2 FAMÍLIA 2.....</b>	<b>10</b>
<b>3.2.3 FAMÍLIA 3 .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2.4 FAMÍLIA 4.....</b>	<b>10</b>
<b>3.3 ENSAIO DE MOTORES .....</b>	<b>11</b>
<b>3.4 TÉCNICA POKA-YOKE .....</b>	<b>14</b>
<b>3.5 VÁLVULA DE ENGATE RÁPIDO .....</b>	<b>16</b>
<b>4 PRODUTO ATUAL, CONCORRENTES E SIMILARES .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1 PRODUTO ATUAL E CONTEXTO.....</b>	<b>17</b>
<b>4.2 SIMILARES.....</b>	<b>21</b>
<b>5 NORMAS, LEGISLAÇÃO E PROCEDIMENTO.....</b>	<b>25</b>
<b>5.1 NR 10.....</b>	<b>25</b>
<b>5.2 NR 12.....</b>	<b>26</b>
<b>5.3 NR 17.....</b>	<b>27</b>

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 3 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

<b>5.4 NR 20.....</b>	<b>27</b>
<b>6 CICLO DE VIDA DO PRODUTO.....</b>	<b>29</b>
<b>7 IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DOS CLIENTES .....</b>	<b>31</b>
<b>8 TRANSFORMAÇÃO DAS NECESSIDADES EM REQUISITOS .....</b>	<b>32</b>
<b>9 APLICAÇÃO DO QFD .....</b>	<b>34</b>
<b>10 REQUISITOS PRIORITÁRIOS / ESPECIFICAÇÕES DO PRODUTO .....</b>	<b>35</b>
<b>11 COMENTÁRIOS FINAIS .....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>
<b>APÊNDICE A – DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE (QFD)....</b>	<b>40</b>

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 4 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## 1 OBJETIVO

O relatório da etapa informacional do projeto consolida as informações obtidas durante o processo de contato com cliente até encerramento desta etapa. Isso permitirá o completo entendimento do problema a ser tratado no projeto, além de firmar os requisitos do produto.

Para que o projeto continue para a próxima etapa - fase conceitual - é necessário que se obtenha a confirmação do cliente, visto que as informações aprovadas neste documento serão fundamentais para o bom desenvolvimento da fase conceitual e da qualidade de suas entregas.

## 2 DEMANDA

### 2.1 JUSTIFICATIVA DO PROJETO

A empresa cliente possui 12 salas-prova-motor para testes dinamométricos, sendo a preparação dos motores nessas salas lenta, tendo uma média de três horas por setup interno, podendo chegar a oito horas. O problema se encontra no fato de que, durante a realização do setup interno, a sala-prova-motor está sendo subutilizada, e isso afeta negativamente o faturamento da empresa.

Necessita-se, portanto, de uma solução para reduzir o tempo gasto com o processo de setup interno do motor.

### 2.2 DEFINIÇÃO DO SISTEMA PROBLEMA

Toda a Engenharia de Powertrain utiliza as estruturas para testes dos componentes de motores, além disso, há alguns dinamômetros na produção para validação da conformidade produtiva.

O projeto do *docking cart* tem influência direta no setor de projeto, construção e teste de motores, visto que proporcionará um aumento do número de testes em um determinado intervalo de tempo, trazendo maior produtividade e qualidade para os projetos.

O uso do mesmo se dá num ambiente de salas-prova-motor, isto é, salas de testes dinamométricos sob pressão atmosférica e temperatura ambiente, as quais contam com limites para seu posicionamento devido à presença de trilhos fixos. O

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 5 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

dinamômetro é o equipamento principal existente para realizar os testes, tendo a sala um sistema de aquisição para recebimento das informações geradas pelo motor a partir do estímulo do dinamômetro.

As pessoas que utilizarão o equipamento serão técnicos em automotiva, em eletrônica, em automação, engenheiros mecânicos, automotivos e de automação e operadores responsáveis pela montagem e transporte dos motores nas salas.

### 2.3 OBJETIVO(S) DO PROJETO

Desenvolver, em um ano, o projeto de um *docking cart* de movimentação de motores para salas de testes dinamométricos, com objetivos de:

- Reduzir o tempo de setup interno;
- Aumentar atividades no setup externo;
- Aumentar a eficiência no uso das salas;
- Reduzir o prejuízo por conta da demora dos setups internos;
- Aumentar o número de testes em um menor período.

### 2.4 BENEFÍCIOS FUTUROS

- Redução no tempo de setup interno;
- Eficiência no uso das salas-prova-motor;
- Maior número de testes em um período menor;
- Instalação mais rápida e prática do sistema de aquisição do dinamômetro;

### 2.5 PRODUTO DO PROJETO

Ao fim do projeto, será entregue ao cliente o projeto de um *docking cart* de movimentação de motores para testes dinamométricos que contará com engates rápidos para abastecimento do motor, bem como um (ou mais) painel elétrico que facilite a conexão do sistema de aquisição do dinamômetro no motor fixado no *docking cart*. Além de um método que garanta todas as ligações elétricas possíveis do motor no setup externo, a fim de diminuir o tempo de setup interno.

É desejável, porém não obrigatório, que o *docking cart* projetado consiga também atender às necessidades de preparação do motor para o alinhamento para o teste dinamométrico.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 6 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

É facultativo, porém não obrigatório, que o *docking cart* projetado proporcione um maior setup externo do que interno, bem como uma melhoria no sistema de alinhamento do motor no dinamômetro implantando um sistema de alinhamento automatizado que indicaria, a partir de sensores, o quão longe da posição perfeita o motor estaria, fazendo com que o operador ganhe maior eficiência e velocidade no processo de setup interno.

Sendo assim, espera-se as seguintes entregas relativas às etapas do projeto:

- Informacional: Compilado das informações do projeto/demanda do cliente. Estudo do estado da arte, identificação das necessidades, definição e priorização dos requisitos.
- Conceitual: Apresentar função global do produto, alternativas de síntese funcional, geração de conceitos e sua seleção e esboço do conceito, englobando assim as possibilidades de *docking cart* e de movimentação, transporte, abastecimento na sala.
- Básico: Projeto 3D preliminar do *docking cart*, dos sistemas de conexão, especificações técnicas, simulação preliminar, diagramas elétricos, sistemas de segurança. Estudo prévio de viabilidade.
- Detalhado: Desenhos com detalhes construtivos para fabricação e montagem, lista de materiais e equipamentos, manuais de operação e montagem, memorial de cálculo, mapeamento de custo de fabricação.

## 2.7 REQUISITOS DO PRODUTO

- O tempo de setup deverá ser reduzido em, pelo menos, 40%;
- O *docking cart* deverá ser capaz de suportar qualquer tipo de motor da família 1 e 2, podendo ser adaptável às famílias 3, 4 e 5 (nomes originais ocultados por motivos de confidencialidade)
- O *docking cart* deverá ser de fácil montagem;
- O *docking cart* deverá respeitar às normas NR10, NR12, NR17 e NR20;
- Deverá encaixar perfeitamente nos trilhos das salas-prova-motor;
- As ligações entre o motor e sistema de aquisição do dinamômetro, além dos engates de abastecimento, deverão ser de fácil acesso;
- O novo *docking cart* deverá ser mais leve do que o atual;

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 7 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

- Todas as conexões deverão atender à técnica Poka-yoke;
- O *docking cart* deve possuir coletor de resíduos para eventuais vazamentos das conexões de abastecimento de combustível, água etc

## 2.8 ASPECTOS DE ESCALA, INDUSTRIALIZAÇÃO E MERCADO

Ao fim do projeto, o *docking cart* concebido será analisado pela equipe responsável da empresa cliente. Confirmada a viabilidade do projeto, prevê-se a manufatura de (aproximadamente) 25 *docking carts*, todos para uso interno, não havendo comercialização do mesmo. Serão utilizados nos laboratórios de motores para testes de durabilidade e desenvolvimento. Uma empresa de usinagem especializada será contratada para executar a fabricação conforme o projeto.

## 2.9 PREMISSAS

- Informações serão disponibilizadas por meio de reuniões;
- SENAI CIMATEC concederá permissão para visitas às salas-prova-motor que possuem dinamômetro;
- O cliente concederá acesso às salas-prova-motor por parte da equipe;
- O cliente concederá o procedimento de instalação do motor do *docking cart*;
- O cliente concederá o projeto do *docking cart* de movimentação;
- O cliente concederá as medidas das salas, incluindo a distância entre os trilhos;
- O cliente concederá a lista de conexões que devem ser feitas, tais como sensores, combustíveis etc;
- O cliente concederá fotos das salas e dos *docking carts*.

## 2.10 RESTRIÇÕES

- O projeto não deve passar de 12 meses;
- O projeto não poderá resultar num produto dispendioso;
- O *docking cart* não pode ultrapassar os limites dimensionais, tais como medidas da base e peso;
- O nome do cliente não deverá aparecer nos relatórios de entrega;

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 8 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

- O custo da construção do *docking cart* não pode ser maior do que o custo de motor parado.

## 2.11 EXCLUSÕES ESPECÍFICAS

- Não serão realizadas pela equipe do projeto compras de equipamentos e materiais;
- A implantação do projeto ficará a cargo do cliente, cabendo à equipe, apenas a elaboração do projeto;
- Não será responsabilidade da equipe a fabricação e aplicação do produto após a conclusão do projeto;
- Não será responsabilidade da equipe a manutenção do produto resultante do projeto.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Os motores de combustão interna são máquinas utilizadas em diversas aplicações, sendo a principal como fonte de potência para veículos. Segundo Martins (2011), as máquinas térmicas são aquelas incumbidas de transformar a energia térmica em energia mecânica útil, através do processo de combustão de uma mistura, onde o ar atmosférico, em sua maioria, é o comburente utilizado. Ainda de acordo com Martins, classifica-se os motores a combustão interna de acordo com os seguintes fatores:

- Ciclo de operação e tipo de ignição do combustível;
- Colocação ou desenho das válvulas;
- Combustível utilizado;
- Métodos de carga;
- Tipos de injeção (Diesel);
- Preparação da mistura (Gasolina);
- Tipo de ignição;
- Arrefecimento;
- Geometria dos cilindros.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 9 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

### 3.1.1 MOTORES CICLO OTTO

Segundo Varela (2009), Nikolaus August Otto construiu em 1876 um motor que obedecia aos 4 tempos, inicialmente esse motor foi chamado de Otto silencioso. O experimento de Otto consistiu na movimentação manual de um pistão até onde fosse possível, resultando na compressão da mistura ar-combustível. Posteriormente, realizou-se a ignição da mistura, gerando uma explosão seguida de várias rotações no volante do motor. Diante das várias análises sobre o motor, foi possível concluir que primeiramente ocorre a admissão de combustível, posteriormente a compressão do mesmo e, ao fim, a expansão e descarga. Na etapa de admissão, tem-se a entrada da mistura ar-combustível na câmara de combustão; nessa fase o pistão percorre um movimento descendente e, com isso, tem-se o aumento do espaço na câmara. Na fase de compressão, o pistão movimenta-se de forma a comprimir a mistura, fazendo seu volume reduzir, ocorrendo uma compressão adiabática e, em seguida, a máquina recebe calor numa transformação isocórica.

A etapa seguinte é a de combustão, neste momento gera-se uma centelha e uma explosão ocorre, expandindo a mistura. Por fim, tem-se a fase de escape que é dada pela abertura da válvula de escape, permitindo a saída dos gases queimados na etapa de combustão. O ciclo é reiniciado a partir da expansão adiabática, onde a máquina perde calor.

### 3.1.2 MOTOR CICLO DIESEL

Os motores a Diesel são obras do engenheiro alemão Rudolf Diesel. A ideia surgiu enquanto o engenheiro participava de uma conferência sobre termodinâmica em 1878, na qual foi debatido o fato de que as máquinas a vapor só convertiam 6 a 10% do poder calorífico do combustível em questão. A partir disso, Rudolf buscou realizar a isoterma na prática.

Segundo Silveira (2010), a grande diferença do motor ciclo Diesel para o Ciclo Otto é que na admissão o motor diesel aspira apenas ar, sendo que no Otto, admite-se a mistura ar-combustível. Devido a isso, tem-se taxas de compressão muito maiores nos motores a diesel. Estima-se que no final da compressão a pressão é 60 vezes a pressão inicial.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 10 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## 3.2 LINHA DE MOTORES DA EMPRESA CLIENTE

Por motivos de confidencialidade, omitiu-se o nome original dos motores.

### 3.2.1 FAMÍLIA 1

Este é um motor quatro tempos com oito (ou 16) válvulas e 4 cilindros em linha. O motor tem fabricação totalmente integrada por robôs, e, aqui no Brasil, pouco após a sua comercialização, substituiu o motor anteriormente utilizado em alguns automóveis que possuía maior potência, porém tinha menos torque e era 23 kg mais pesado. Com o passar do tempo algumas mudanças foram realizadas e a aceitação desse propulsor se consolidou com o tempo.

### 3.2.2 FAMÍLIA 2

Os motores desta família podem ser 1.0 com 3 cilindros ou 1.3 com 4 cilindros. Esses motores possuem algumas semelhanças, além do fato de serem da mesma família, possuem exatamente o mesmo diâmetro de cilindro e o mesmo curso dos pistões, basicamente o motor 1.3 é o 1.0 com um cilindro a mais. O bloco e o cabeçote desses propulsores são em alumínio, e esses motores possuem duas válvulas por cilindro, o que promove mais torque em baixas rotações. Ressalta-se que o modelo 1.0 é, atualmente, o motor 1.0 aspirado com mais torque no Brasil.

### 3.2.3 FAMÍLIA 3

Estão disponíveis na versão 1.6 16v e 1.8 16v, ambos flexfuel. O modelo em sua versão 1.6 possui 77 mm de diâmetro de pistão e 85,8 mm de curso, gerando 117 cv com etanol. O 1.8, por sua vez, com 80,5 mm de diâmetro interno e 85,8mm de curso, chegando a render 139 cv no etanol, em algumas aplicações.

### 3.2.4 FAMÍLIA 4

Os motores desta família fazem parte da nova gama de propulsores do grupo cliente. Com bloco e cabeçote de alumínio, esses motores são produzidos no México e são de uso global. Na versão 2.0 16V flex, possui duplo comando de válvulas no cabeçote e duplo variador de fase, além de novos componentes desenvolvidos para reduzir o atrito, operando silenciosamente. A menor inércia térmica do alumínio,

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 11 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

material do bloco do motor, impacta positivamente na economia de combustível, ou seja, tem-se um menor tempo para chegar na temperatura ideal de operação.

O propulsor teve a alta durabilidade como um dos intuítos do seu desenvolvimento, chegando a pelo menos 240.000 km, seguindo as exigências do mercado norte-americano, e é capaz de atender às normas de emissão do Proconve fase 6 e da Euro 6.

### 3.3 ENSAIO DE MOTORES

Atualmente os testes e calibrações dos motores empregados nos automóveis estão se tornando cada vez mais precisos e necessários. Com o avanço da indústria automobilística e com as novas exigências do mercado, esses testes estão fundamentando diversos parâmetros de projetos que influenciam no produto. Devido a impossibilidade de aferir e acompanhar minuciosamente o comportamento dos motores em ruas públicas ou até mesmo em pista fechada, há necessidade de realizar os ajustes e aferições em ambientes controlados utilizando os dinamômetros. Esse tipo de equipamento possibilita a medição, entre outros, da potência e do torque do motor em diversas condições de operação, trabalhando como uma espécie de freio, aplicando valores de carga variados.

O freio de Pony é um dos dispositivos mais antigos utilizados com essa finalidade de testes. O mesmo é composto por um volante envolvido por uma cinta, esta é ligada a um braço que possui sua extremidade apoiada sobre uma balança. A pressão aplicada à cinta restringe o movimento do volante e transmite o esforço ao braço apoiado na balança. Com as leituras da balança é possível mensurar o esforço no motor. A seleção correta deste dispositivo é de fundamental importância, pois é através dele que ajustes e aferições serão feitas, validando um motor de combustão interna. Outro fator importante são as grandezas que serão avaliadas e as diversas condições de trabalho, o modelo deve ser selecionado de forma a atender esses parâmetros.

Os principais tipos de dinamômetros utilizados para fazer testes e calibrações em motores de combustão interna são: hidráulico, correntes parasitas, e motores elétricos, esses últimos se dividem em corrente contínua e alternada. O dinamômetro do tipo elétrico é basicamente um gerador elétrico que produz energia

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 12 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

ao ser acionado pela máquina testada. Essa energia gerada será consumida por uma carga variável, que pode ser uma cuba eletrolítica ou resistores. A desvantagem na utilização desse tipo de equipamento é a necessidade de correção dos instrumentos elétricos, com o intuito de compensar o rendimento do gerador, porém, um ponto a favor é a capacidade de poder ser utilizado como motor elétrico para medição de potência de atrito. Sendo assim, seu uso só é justificado em casos especiais.

Os dinamômetros de corrente, também conhecidos como dinamômetro de Foucault, são compostos por um rotor que é acionado pela máquina testada. Esse rotor gira imerso em um campo magnético, sendo que esse campo tem sua intensidade controlada por uma bobina alimentada por corrente contínua, podendo-se variar a carga aplicada. Para dissipar o calor que é gerado pelas correntes parasitas, utiliza-se um circuito de arrefecimento a água. Esse tipo de equipamento é utilizado quando se busca uma maior precisão nos ensaios.

Os dinamômetros classificados como hidráulicos possuem a carga aplicada variando de forma diretamente proporcional ao cubo da rpm. Se houver uma queda na rotação, a carga que é determinada pelo dinamômetro cairá, dessa forma o operador tem tempo para reajustar a carga e corrigir a velocidade para o valor desejado. Esse tipo de equipamento possui um freio que é efetuado através da pressão de água contra aletas que são fixas na carcaça, por meio da ação de um rotor, e o efeito gerado é igual ao Freio de Prony. Apesar da possível utilização de braço e balança nesse tipo de dinamômetro, atualmente utiliza-se células de carga que podem ser de cristal de quartzo, tendo um efeito piezoelétrico proveniente da compressão exercida pela extremidade do braço, que é convertido em leitura para um instrumento. Como alternativa à utilização do cristal de quartzo, uma câmara de pressão acoplada a um transdutor pode ser empregada.

Todos os equipamentos citados acima são utilizados nos conhecidos ensaios de motores. Entre os diversos testes existentes pode-se destacar: Teste de velocidade variável; Teste de velocidade constante; Teste de torque e avanço (para motores do ciclo Otto) e Teste de potência de atrito.

O teste de velocidade variável é o mais corriqueiro no âmbito automotivo e marítimo, geralmente é realizado em plena carga, ou seja, com o acelerador na

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 13 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

posição de máxima aceleração do motor ou com cargas parciais que são obtidas com o acelerador em posições intermediárias. Vale ressaltar que o teste de plena carga possibilita o conhecimento da potência máxima em cada rotação de funcionamento, e alguns parâmetros como temperatura dos gases de escape, pressão no coletor de admissão e temperaturas de água e óleo são indicadores de problemas que necessitam ser corrigidos.

O teste de velocidade constante é utilizado para analisar o desempenho de motores estacionários, que possuem velocidade de rotação constante. Esse ensaio é empregado quando se tem o intuito de conhecer o consumo de combustível e a potência máxima para várias condições de carga, na mesma rpm. Como exemplificação, pode-se citar os motores que acionam geradores. O teste é iniciado com o motor funcionando sem carga e o acelerador é operado até atingir a velocidade desejada. Essa posição é fixada e a carga é aplicada até o valor que for almejado, dessa forma tem-se a rotação constante. Inicia-se o teste com o motor funcionando sem carga (ou somente com a carga de aquecimento), atuando-se no acelerador até atingir a velocidade desejada. O acelerador é mantido fixo nessa posição e, segundo um roteiro de testes pré-estabelecido, aplica-se a carga até o valor desejado, sendo mantida a rotação constante. Ajustando diversos valores de carga é possível traçar, por exemplo, uma curva de consumo específico de combustível.

O teste de torque e avanço, por sua vez, possui o intuito de determinar a curva de avanço ideal para o distribuidor. Esse teste é realizado tanto em plena carga, quanto em cargas parciais. Ressalta-se que essa finalidade é atribuída a motores do Ciclo Otto. O teste é iniciado com o motor funcionando em plena carga, porém com sua rotação de funcionamento mais baixa. Posteriormente, tem-se o acionamento manual do distribuidor para que a posição de torque máxima seja atingida, o avanço referente a essa posição é registrado e, em seguida, ocorre a movimentação do distribuidor para um dos lados, a fim de encontrar o momento da variação de torque. O mesmo procedimento é efetuado girando o distribuidor para o outro sentido, e com isso determina-se a faixa de avanço para a condição de torque máximo. Esse procedimento é aplicado até que todas as rotações de funcionamento sejam alcançadas.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 14 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

O último teste que se pode destacar é o de Potência de Atrito, que possui o intuito de determinar a potência necessária para acionar o motor em condições de funcionamento, superando as resistências mecânicas que são provenientes do atrito entre as partes móveis somado aos esforços para vencer os tempos de admissão, compressão e escape dos gases. Nesse ensaio, o motor deve ser acionado sem queimar combustível e a potência de atrito será considerada igual à consumida pelo dinamômetro, para as considerações feitas para o ensaio, como rotação, temperatura de óleo, entre outros.

### 3.4 TÉCNICA POKA-YOKE

Segundo Fiorio e Henrique (2013), a técnica Poka-Yoke é um ferramental nos processos industriais que conta com diferentes aplicações e vantagens, mas sempre voltados a ideia de prevenção de erros e, por consequência, a diminuição dos custos em uma linha de produção. Para funcionar, os conceitos devem ser usados do início ao final do projeto e se baseia em dispositivos a prova de erros. Coutinho (2017) defende que se trata de uma ferramenta enxuta representada por simples acessórios e/ou ações que possuem como missão inicial prevenir o surgimento de erros em um processo através da eliminação de suas causas geradoras.

Essa técnica surgiu em meados de 1960, quando Shigeo Shingo liderava o Sistema produção da Toyota - o Lean Manufacturing. Numa época que a aderência das práticas e de ações de prevenção vinham sendo adotadas para uma empresa manter-se em um mercado competitivo, de acordo com Coutinho (2017). Shingo se deparava todo dia com falhas humanas e, por consequência, produtos com defeitos. Por conta deste cenário, ele começou a desenvolver técnicas para eliminar esses erros.

Nos dias de hoje, essa técnica é consagrada e muito utilizada em gestão de processos industriais, e ela evoluiu de tal de forma que pode ser aplicada a situações que envolvam riscos e falhas. Essa cultura de prevenção de falhas é uma exigência para um bom funcionamento do sistema enxuto de produção, já que os processos automatizados exigem menores interferências humanas e por isso menor probabilidade de erro operacional, como discorre Coutinho (2017).

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 15 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

Assim, a aplicação de forma correta, segundo alguns estudiosos sobre a técnica, ocorre seguindo os seguintes passos:

- A. Conhecer a falha a ser corrigida: nessa fase busca-se entender o real defeito do produto/processo que deve ser corrigido.
- B. Compreender as causas: entender o que levou aos defeitos e às falhas. Os defeitos são ocasionados geralmente por: falta de processamento, erro de execução, excesso ou ausência de elementos, utilização errada de algum componente, falha do equipamento e erro de ajuste, além de outros motivos. Pode-se citar, também, as principais falhas humanas: falta de concentração, falta de experiência, imprudência, distração no momento da execução, falta de padrão e má fé.
- C. Cogitar soluções: buscar maneiras de conter ou prevenir a falha. Também desvendar formas de como detectar os defeitos de forma mais rápida e eficiente.
- D. Verificar eficácia da solução: a eficiência da solução Poka-Yoke será medida a partir do momento em que ela consegue conter a falha de forma simplória e sem causar impactos na organização. E deve evitar que esta falha se repita.
- E. Implantar a solução: aplicar a solução encontrada em toda a empresa.
- F. Registrar a solução: coletar o máximo de informações a respeito da falha comparando com os resultados que foram obtidos. Esse registro ajudará em soluções Poka-Yoke futuras.

Existem alguns tipos de Poka Yoke que são amplamente utilizados, de acordo com Coutinho (2017): prevenção, detecção, contato, valor fixo e etapas. A de prevenção tem como objetivo eliminar de vez a causa do erro, que pode estar relacionada com os mais diversos casos. Já o de detecção, tem duas propostas: controle e advertência. O controle visa interromper o processo durante o aparecimento da falha, onde tem que existir uma solução imediata, e a advertência avisa por meios de sinais o surgimento do erro, informando aos operários a sua origem. A de valor fixo assegura que um número limitado de movimentos tenha sido feito durante o processo. Já o de etapas tem como finalidade garantir que todos os

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 16 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

passos de uma operação estão sendo seguidos na ordem coerente. Se não for feito, a operação estará comprometida.

Pode-se citar alguns exemplos de Poka-Yoke que estão presentes na indústria e no dia-a-dia: pen drive, verificador automático de ortografia, disjuntor, indicador da gasolina no painel do carro, códigos de barras, máquinas de acionamento duplo e tampas a prova de crianças em medicamentos.

### 3.5 VÁLVULA DE ENGATE RÁPIDO

Visto a necessidade de aumento de velocidade nos processos de montagem do motor para a realização dos ensaios dinamométricos e de um ganho significativo na praticidade do processo, portanto, foi pensado um método para suprir uma parte dessas necessidades focando nas linhas de abastecimento do motor, como por exemplo, nas linhas de combustível e ar.

Faz-se, então, necessário o estudo de conexões do tipo engate rápido, uma tecnologia bastante utilizada em mangueiras de jardim, mas que já possui enorme espaço no mercado industrial, possibilitando maior praticidade e velocidade em diversos processos, sendo geralmente aplicada na indústria em linhas de pressão tanto hidráulicas como pneumáticas.

Sempre compostos por duas partes, macho e fêmea, estes equipamentos são bastante versáteis e possuem em seu mecanismo válvulas de contenção que têm seu controle realizado a partir do acoplamento ou desacoplamento das suas duas partes, permitindo ou contendo a passagem do fluxo, respectivamente. Quando realizada a sua montagem, o deslocamento das molas presentes no seu mecanismo permite a passagem do fluxo e realiza o travamento do sistema, quando ativado o mecanismo que destrava o sistema e libera as molas, seu estado inicial é retomado, contendo o fluxo sem que haja grandes perdas do fluido presente na linha. Sua montagem para acoplamento e desacoplamento possui fácil manuseio e veloz conexão, não sendo necessário o uso de ferramentas.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 17 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## 4 PRODUTO ATUAL, CONCORRENTES E SIMILARES

### 4.1 PRODUTO ATUAL E CONTEXTO

Os dinamômetros que são utilizados na estrutura da empresa contratante são divididos nas salas de desenvolvimento e durabilidade. A planta possui 6 salas de desenvolvimento, na qual tem-se 4 dinamômetros que possuem seu princípio de funcionamento baseados na Corrente de Foucault, eles são das marcas AVL e *BORGHI E SAVERI*. As outras 3 salas possuem dinamômetros do tipo dinâmico. As salas de durabilidade, por sua vez, todas possuem dinamômetros do tipo Corrente de Foucault, são 7 salas com dinamômetros da marca SCHENK e *BORGHI E SAVERI*. Ressalta-se que cada sala possui um dinamômetro, e a planta possui 14 salas no total.

**Figura 4.1 - Sala de Durabilidade**



**Fonte:** Empresa contratante

**Figura 4.2 - Sala de Desenvolvimento**



**Fonte:** Empresa Contratante

As figuras 4.4 e 4.5 mostram um dos *docking carts* utilizados atualmente na empresa cliente, os quais possuem uma massa de até 200kg. O equipamento

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 18 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

disponível na empresa possui um conjunto de rodízios para facilitar a movimentação de dentro para fora das salas, além de uma estrutura que serve de modelo para a realização de um pré-alinhamento que ocorre antes da entrada na sala de testes. A utilização do modelo atual permite a troca dos motores em um tempo médio de 3 horas e 40 minutos, podendo durar até 8 horas, desde o desligamento do motor em operação até o momento de ligar o novo motor a ser testado, o valor perdido por cada hora “parada” é de R\$123,00, além disso o alinhamento do motor leva cerca de duas horas. Na figura abaixo encontra-se o tempo de troca atual médio com suas respectivas etapas (alinhamento não incluído).

**Figura 4.3 - Tempo de troca atual (médio)**

Desligar motor	00:30
Esfriar o motor	00:30
Retirar instrumentação do motor:	
- Termopares	00:10
- Pressões	00:05
- Escape	00:20
- Periféricos *	00:15
- Água, combustível e energia	00:15
Retirar motor	00:10
Instalar motor novo	00:10
Conectar instrumentação:	
- Termopares	00:20
- Pressões	00:05
- Escape	00:25
- Periféricos *	00:20
- Água, combustível e energia	00:20
Carregar prova	00:15
Ligar motor	
<b>Total</b>	<b>03:40</b>

\* Filtro de ar, sonda lambda, etc.

**Fonte:** Empresa Contratante

**Figura 4.4 - Docking cart atual do cliente**



**Fonte:** Empresa Contratante

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 19 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**Figura 4.5 - Docking cart com motor montado**



**Fonte:** Empresa Contratante

Atualmente a empresa utiliza nos testes 16 sensores termopares do tipo K, 6 sensores do tipo PT100 e 20 sensores de pressão que utilizam conexão Staubli. Também faz uso de 6 atuadores com a saída de 24V cada, além de 2 mangueiras para conexão de 1" de alta pressão e 2 mangueiras 5/8" de alta pressão.

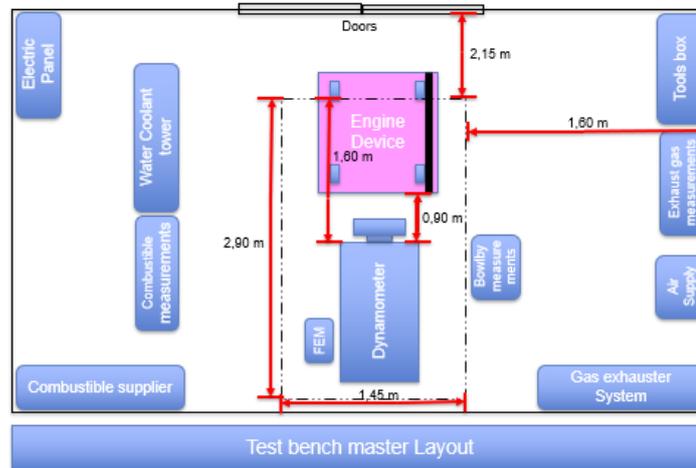
A empresa contratante disponibiliza um checklist do motor antes de iniciar a rodagem nas salas de testes. Este checklist é dividido nas seguintes etapas: Informações necessárias antes de iniciar a troca do Motor na Cella; Lista de Equipamentos da Cella e data de vencimento da calibração; Preparação do motor e Setup de Cella; Instalação do motor na Cella para realização do teste e, por último, Início do funcionamento do Motor.

A altura do eixo do dinamômetro é a mesma para o dinamômetro passivo e ativo, sendo de 700 milímetros em relação a base da estrutura, além de que o chicote elétrico utilizado pode ser 30 ou 15.

A sala de teste de desenvolvimento (figura 4.6) é composta por: um painel elétrico, medidores de combustível, torre de resfriamento com água gelada, fornecedores de combustíveis, sistema para exaustão dos gases, um dinamômetro, um *docking cart*, um *blowby*, uma caixa de ferramentas que podem ser usadas, medidores da exaustão do gás e fornecedor de ar. As salas de durabilidade (figura 4.7) têm a mesma composição das salas de desenvolvimento, porém as distâncias entre certos componentes e a disposição dos mesmos varia.

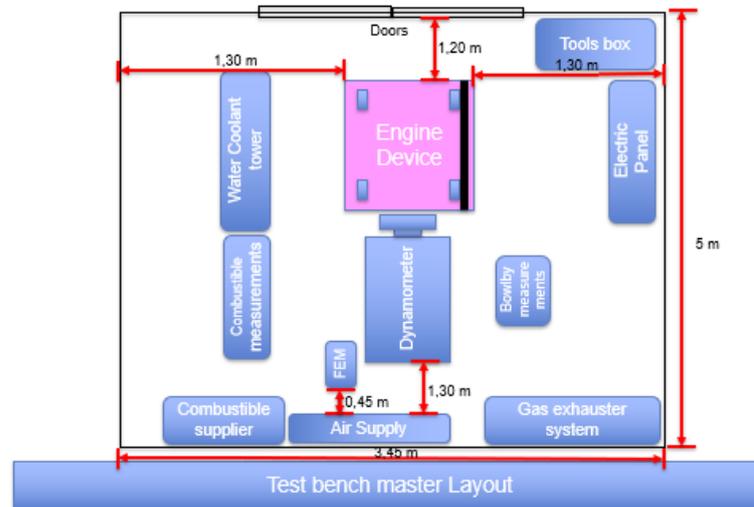
	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 20 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**Figura 4.6** – Layout Sala de Testes de Desenvolvimento



**Fonte:** Empresa Contratante

**Figura 4.7** – Layout Sala de Testes de Durabilidade



**Fonte:** Empresa Contratante

A empresa já havia iniciado um processo de desenvolvimento deste equipamento, no entanto não pôde ser concluído. Parte deste será utilizado como base para o desenvolvimento do novo *docking cart*, aproveitando as dimensões estabelecidas, como medidas para a fixação na *base plate* (figura 4.8) da sala de testes e altura de barra suporte para movimentação.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 21 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**Figura 4.8** – *Base Plate* das Salas de Teste



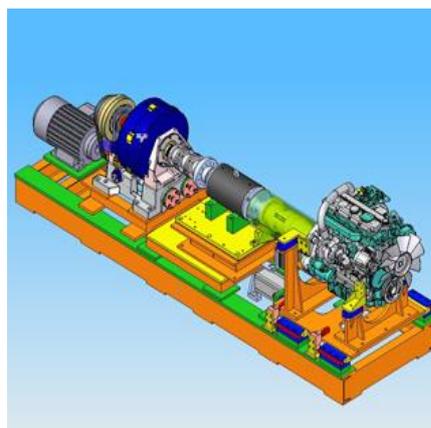
**Fonte:** Empresa Contratante

## 4.2 SIMILARES

Através de uma pesquisa entre alguns fabricantes, utilizando, entre outros, os termos em inglês *test bed* e *docking cart*, fez-se uma análise das características dos produtos e a realização de um *Benchmark*, para desta forma obter maior conhecimento do que já existe no mercado e implementar soluções ao projeto para o cliente.

A primeira fabricante analisada foi a SAJ Test Plant PVT Ltda. Esta teve dois produtos analisados através das imagens dos conjuntos disponibilizadas em seu site, figuras 4.9 e 4.10, respectivamente.

**Figura 4.9:** *Test bed* 1 da SAJ

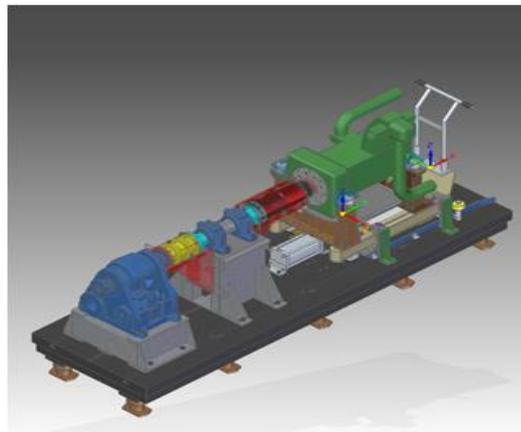


**Fonte:** SAJ Test Plant PVT Ltda.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 22 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

É possível notar na figura acima que a estrutura onde o motor está montado, que por sua vez está fixada na base da sala do dinamômetro, existe separadamente do equipamento que movimenta todo o conjunto, que provavelmente é utilizado apenas para o transporte da estrutura de fixação do motor. Esta característica se difere no conjunto mostrado na figura abaixo, em que o conjunto onde o motor é fixado e o equipamento que o move são apenas um e, desta forma, é fixado diretamente na base da sala dinamométrica.

**Figura 4.10:** *Test bed 2* da SAJ



**Fonte:** SAJ Test Plant PVT Ltda.

Esta configuração se apresenta também nos dinamômetros das salas presentes na instituição parceira SENAI CIMATEC, como pode ser observado na figura abaixo.

**Figura 4.11:** *Docking Cart* do SENAI CIMATEC



**Fonte:** Própria Equipe

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 23 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

Um componente interessante existente no modelo acima que pode ser ressaltado é a chapa na base logo abaixo do local de posicionamento do motor, tendo a função de armazenar possíveis vazamentos de fluidos do motor, mantendo a limpeza da sala, facilitando no descarte e evitando possíveis acidentes devido à exposição de funcionários a um ambiente sujo e escorregadio.

Direcionando o foco da análise desta vez para a fixação do motor no *Docking cart*, podemos analisar outros três produtos similares, verificando funcionalidades que agreguem de maneira positiva para o desenvolvimento do projeto.

**Figura 4.12:** *Docking cart* StuskaDyno 1



**Fonte:** StuskaDyno

O modelo acima apresenta uma estrutura propícia para motores mais robustos, possibilitando suportar maiores pesos e cargas às quais o motor é submetido, como cargas torcionais. Como uma das necessidades do cliente é de que os *docking carts* sejam utilizados por modelos de motores diferentes, este ponto deve ser levado em consideração para que seja possível suportar motores do tipo Diesel, por exemplo.

**Figura 4.13:** *Docking cart* StuskaDyno 2



**Fonte:** StuskaDyno

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 24 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

O segundo *docking cart* da StuskaDyno, presente na figura acima, possui uma estrutura que serve como base para alinhamento prévio do motor ainda fora da sala, para que na sala sejam realizados apenas ajustes finos que garantam o perfeito alinhamento do motor com o dinamômetro.

**Figura 4.14:** *Docking cart* PowerTest



**Fonte:** PowerTest

O modelo da figura acima possui suportes de fixação do motor que se movem para se adequar a diferentes posições dos coxins em diferentes tipos de motor, o que é um requisito primordial para o projeto apresentado. Estes suportes podem se mover independentemente, sendo os dois laterais com movimentos paralelos à direção do eixo do motor, e o traseiro possui tanto o movimento na direção do eixo do motor quanto perpendicular.

Através do estudo dos equipamentos apresentados e a análise das características e seus componentes será desenvolvido o conceito do produto, bem como suas características principais focadas em atingir os principais requisitos e atender as necessidades apresentadas pelo cliente.

A partir das características analisadas nos produtos similares apresentados e as necessidades apresentadas pelo cliente, foi feita a tabela comparativa abaixo para uma melhor visualização dos aspectos de cada produto, guiando o estudo das características que o produto em desenvolvimento pela equipe deve conter.

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 25 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**Tabela 4.1 - Comparação das características dos similares.**

Modelo	Características/Componentes					
	Coletor de Fluidos Vazados	Capacidade de suportar altas cargas	Suporte de posicionamento regulável	Painel de conexão dos sensores	Suporte para engates rápidos de abastecimento	Controle de posição durante alinhamento
SAJ 1	Não Possui	Possui	Não Possui	Não Possui	Não Possui	Não Possui
SAJ 2	Não Possui	Possui	Não Possui	Não Possui	Não Possui	Não Possui
CIMATEC	Possui	Possui	Possui	Não Possui	Não Possui	Não Possui
StuskaDyno 1	Não Possui	Possui	Possui	Não Possui	Não Possui	Não Possui
StuskaDyno 2	Possui	Não Possui	Possui	Não Possui	Não Possui	Não Possui
PowerTest	Não Possui	Não Possui	Possui	Não Possui	Não Possui	Não Possui

Fonte: Própria Equipe

## 5 NORMAS, LEGISLAÇÃO E PROCEDIMENTO

Visando a regulamentação e orientações necessárias acerca dos procedimentos voltados à segurança e saúde dos colaboradores e dos trabalhadores, algumas normas deverão ser seguidas. As normas regulamentadoras fazem parte das Consolidações das Leis Trabalhistas (CLT), e são obrigatórias para todas as empresas brasileiras regidas pela CLT. Dentro deste projeto as normas a serem levadas em consideração são: NR 10, NR 12, NR 17 e NR 20.

A NR 10 trata da segurança em instalações e serviços em eletricidades; a NR 12 consiste na segurança no trabalho em máquinas e equipamentos; a NR 17 trata da ergonomia e a NR 20 regulamenta segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis.

### 5.1 NR 10

Segundo a própria norma regulamentadora, tem-se como objetivo desta requisitos e mínimas condições para que se tenha controle e prevenção, como forma

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 26 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

de garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interajam, direta ou indiretamente, em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

Ela é importante pois se aplica à partes do projeto, construção, montagem, operação, manutenção e outros trabalhos realizados nas suas proximidades, obedecendo as normas competentes, como a norma define. Essas fases fazem parte do projeto e de sua implantação completa.

Essa norma visa regulamentar alguns pontos perante a segurança do trabalhador e empregador como: medidas de controle, medidas de proteção coletiva e individual, segurança em projetos, na construção, montagem e operação, segurança em instalações elétricas desenergizadas e energizadas, trabalhos envolvendo alta tensão, habilitação, qualificação, capacitação e autorização dos trabalhadores, proteção contra incêndio e explosão, sinalização de segurança, procedimentos de trabalho, situações de emergência e responsabilidade.

Este projeto deve contemplar os seguintes tópicos desta norma: 10.3.1; 10.3.2; 10.3.3; 10.3.3.1; 10.3.4; 10.3.5; 10.3.6; 10.3.7; 10.3.8; 10.3.9; 10.3.10; 10.4.1; 10.4.3; 10.4.3.1; 10.4.5; 10.5.1; 10.5.2; 10.5.3; 10.5.4; 10.9.2; 10.9.3; 10.10.1 e 10.13.1.

## 5.2 NR 12

A NR 12, como é descrito na própria norma, define referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção como forma de garantia da saúde e a integridade física dos trabalhadores, além de estabelecer alguns requisitos para evitar/minimizar os acidentes e doenças do trabalho, tanto na parte do projeto como na utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas. Entende-se como fase de utilização o transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação e desmonte.

O empregador deve adotar as medidas de proteção para o trabalho em máquinas e equipamentos, como forma de garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores, e medidas apropriadas sempre que houver pessoas com deficiência envolvidas de forma direta ou indiretamente. As medidas de proteção a

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 27 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

serem adotadas são: proteção coletiva, medidas administrativas ou de organização do trabalho e proteção individual, nessa ordem de prioridade.

Em relação às instalações elétricas, deve-se atentar aos requisitos para os condutores de alimentação: oferecer resistência mecânica compatível com a sua utilização; ter proteção contra rompimento mecânico, de contatos abrasivos e de contato com lubrificantes, combustíveis e calor; localizar de forma que nenhum segmento fique em contato com as partes móveis ou cantos vivos; não atrapalhar o trânsito de pessoas e materiais ou a operações das máquinas; não oferecer riscos na sua localização e ser constituído de material que não propaguem o fogo, segundo a norma regulamentadora de número 12.

### 5.3 NR 17

Esta norma, como ele é legalmente descrita, visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos funcionários, como forma de proporcionar conforto, segurança e desempenho eficiente. Esta norma considera o transporte manual de carga define transporte no qual o peso da carga é suportado inteiramente por um só trabalhador. Em relação ao projeto, esta norma define que o transporte feito por carros de mão ou qualquer outro aparelho mecânico deverão ser executados de forma que o esforço físico realizado pelo trabalhador seja compatível com sua capacidade de força e não comprometa a sua saúde ou sua segurança.

O projeto deve obedecer aos tópicos: 17.3.2 abrangendo os requisitos: a, b e c; 17.3.2.1 e 17.4.1.

### 5.4 NR 20

Esta Norma Regulamentadora se define para estabelecer requisitos mínimos para controle da segurança e saúde no trabalho contra os fatores de risco de acidentes vindos das atividades de extração, produção, armazenamento, transferência, manuseio e manipulação de inflamáveis e líquidos combustíveis. Ela se aplica às atividades de: extração, produção, armazenamento, transferências, manuseio e manipulação de inflamáveis e combustíveis, nas etapas de projeto,

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 28 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

construção, montagem, operação, manutenção, inspeção e desativação da instalação.

A NR se divide em classes, como na figura abaixo, retirada da própria norma regulamentadora de número 20. De acordo com as finalidades do projeto, este se enquadra na Classe I representada baixo.

**Figura 5.1 – Classe I NR20**

Classe I
a) Quanto à atividade: a.1 - postos de serviço com inflamáveis e/ou líquidos combustíveis.
b) Quanto à capacidade de armazenamento, de forma permanente e/ou transitória: b.1 - gases inflamáveis: acima de 2 ton até 60 ton; b.2 - líquidos inflamáveis e/ou combustíveis: acima de 10 m <sup>3</sup> até 5.000 m <sup>3</sup> .

**Fonte:** NR 20

As instalações para extração, produção, armazenamento, transferência, manuseio e manipulação de inflamáveis e líquidos combustíveis devem ser projetadas considerando os critérios de segurança, saúde e meio ambiente que influenciam a integridade física dos trabalhadores, como é dito nas Normas Regulamentadoras, normas técnicas nacionais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais, convenções e acordos coletivos, bem como nas demais regulamentações pertinentes em vigor. No projeto das instalações devem constar, em português: descrição das instalações e seus respectivos processos através do manual de operações; planta geral de locação das instalações; características e informações de segurança, saúde e meio ambiente relativas aos inflamáveis e líquidos combustíveis, constantes nas fichas com dados de segurança de produtos químicos, de matérias primas, materiais de consumo e produtos acabados; plantas, desenhos e especificações técnicas dos sistemas de segurança da instalação e identificação das áreas classificadas da instalação, para efeito de especificação dos equipamentos e instalações elétricas.

Neste projeto devem ser observadas as distâncias de segurança entre instalações, edificações, tanques, máquinas, equipamentos, áreas de movimentação e fluxo e vias de circulação interna. Também deve incluir mecanismos de controle para interromper e/ou reduzir possíveis eventos por vazamentos, incêndios e explosões. O empregador deve elaborar plano que contemple a prevenção e controle de vazamentos, derramamentos, incêndios e explosões e, nos locais

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 29 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

sujeitos à atividade de trabalhadores, a identificação das fontes de emissões fugitivas. Os tanques que armazenam líquidos inflamáveis e combustíveis devem possuir sistemas de contenção de vazamentos ou derramamentos, dimensionados e construídos de acordo com as normas técnicas nacionais.

Visando obedecer a essa norma regulamentadora, o projeto necessita atender os seguintes tópicos: 20.5.2; 20.5.3; 20.5.6; 20.5.7; 20.6.1; 20.6.2; 20.7.3; 20.7.4; 20.8.1\*;20.8.2\*;20.10\* (todo o tópico); 20.13.1; 20.13.3; 20.16.1; 20.16.3.1; 20.16.3.2;

## 6 CICLO DE VIDA DO PRODUTO

A fim de identificar eficazmente às necessidades de todos os clientes envolvidos no produto, listou-se às possíveis etapas do ciclo de vida do produto.

- Demanda/oportunidade:

A demanda deste projeto surgiu pela análise e percepção dos indicadores de desempenho da empresa que apresentou um número significativo de horas de motor parado devido ao tempo excessivo de montagem do motor no *docking cart*. Essa demanda foi identificada pela equipe de engenharia PowerTrain.

Com a reforma das Celas de testes de motores, com equipamento de última geração com grande base tecnológica, verificou-se a necessidade de melhorar também os *docking carts*, com objetivo de melhorar o processo, em relação ao tempo de setup e deslocamento.

O ganho obtido ao atender essa demanda é a redução do tempo de setup interno (tempo de processo), aumentando a eficiência do uso das salas de teste, reduzindo, conseqüentemente, o alto custo pela sala parada.

- Desenvolvimento e projeto:

A empresa já havia iniciado um processo de desenvolvimento deste equipamento, no entanto não pode concluir o projeto. Parte deste será utilizado como base para o desenvolvimento do novo *docking cart*, sendo aproveitado principalmente as dimensões necessárias para sua operação e montagem.

	Tipo Doc:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc:	RELATÓRIO INFORMACIONAL	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

O projeto será inteiramente realizado entre a empresa cliente e a equipe Theoprax do SENAI CIMATEC, não havendo parceiros externos durante a etapa de projeto.

- Fabricação e Montagem:

A fabricação e montagem serão realizadas por uma empresa terceirizada, sendo que o custo total deve manter o projeto vantajoso quando em comparação ao custo da sala parada.

- Transporte e Estocagem:

O transporte do *docking cart* do setor de montagem até área de uso se dá pelos rodízios contidos neste. Também se sabe que não foram elencadas necessidades específicas no transporte de onde o produto será fabricado até o local onde será usado para os testes dos motores.

- Venda e Compra:

Como o *docking cart* será para uso interno, não haverá processo de venda e compra do produto.

- Instalação:

Apesar de não ser um produto a ser instalado permanentemente, consideramos nessa etapa a instalação do motor no *docking cart* e deste na sala.

Os profissionais responsáveis pela instalação do motor no *docking cart* são de especialização distinta dos profissionais responsáveis pelos testes do motor, nesse caso será necessário o uso de profissionais especializados para realizar tal operação.

A instalação do motor no *docking cart* é feita na oficina mecânica da empresa, e este será colocado por uma talha móvel.

O *docking cart* deve possibilitar a regulagem da altura.

- Uso:

As principais funções do *docking cart* são suportar o motor, bem como todos os periféricos para o correto funcionamento do motor durante a realização dos ensaios e deslocar o motor e periféricos da área de preparação para sala de teste. Além de permitir o alinhamento do motor com o dinamômetro, garantindo o seu posicionamento ao longo da realização dos ensaios motor.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 31 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

- **Manutenção:**

A manutenção deste equipamento consiste de manutenção preventiva: lubrificação dos rodízios e guias dos suportes do motor. Bem como eventuais manutenções corretivas.

A manutenção será necessária quando ocorrer redução do desempenho em operação ou falha.

- **Atualização/Upgrade:**

Existe possibilidade de o equipamento vir a ser utilizado para novas famílias de motores, sendo necessário atualização dos suportes do motor. Com isso, provavelmente, haverá adaptações e/ou atualizações no *docking cart*.

- **Reuso, Reciclagem e Descarte:**

O *docking cart* deve ter alta durabilidade, durando em torno de 15 anos. Haverá preocupações com futuros descartes de alguma parte do produto, tendo que obedecer às normas que regem sobre tal.

## 7 IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DOS CLIENTES

Após a análise do ciclo de vida do produto, levantou-se às necessidades existentes neste ciclo, como identificou-se apenas um cliente envolvido, não foi necessário correlacionar as etapas com clientes, apenas com necessidades. O obtido encontra-se na tabela abaixo. Algumas etapas elencadas no tópico anterior foram excluídas, pois não se identificou, junto ao cliente, necessidades específicas para as mesmas.

**Tabela 7.1 - Necessidades**

Etapa do Ciclo de Vida	Necessidade
Demanda/Oportunidade	Redução do Setup em 40%
	Eficiência no uso das salas-prova-motor
	Maior número de testes em mesmo período
Desenvolvimento e Projeto	Dimensões compatíveis com o projeto atual

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 32 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

	Suportar os motores das famílias 1, 2, 3, 4 e 5.
	Respeitar normas NR10,12,17 e 20
Fabricação e Montagem	Custo menor do que de motor parado
	Fácil montagem
Transporte e Estocagem	Deve ser mais leve que atual (200kg)
Instalação	Utilização em diversas salas prova-motor;
	Rápida e prática
	Instrumentação realizada externamente
	Sensores exclusivos ao <i>docking cart</i> e não à SPM
	Possuir conexões intuitivas evitando erros
	Possibilitar alinhamento do motor ao dinamômetro
	Encaixar perfeitamente nos trilhos das salas prova-motor
Uso	Fácil manuseio
	Posicionamento dos periféricos compatível com as salas
	Fácil acesso aos engates de abastecimento
	Fácil acesso às ligações entre motor e sistema de aquisição
Manutenção	Manutenção das condições da sala de teste
Atualização/Upgrade	Suportar novos motores
Reuso, Reciclagem e Descarte	Durar aprox. 15 anos
	Descarte correto

Fonte: Própria equipe

## 8 TRANSFORMAÇÃO DAS NECESSIDADES EM REQUISITOS

Após o levantamento das necessidades, foram definidos os requisitos técnicos, a fim de atender, da melhor forma possível, às necessidades existentes em cada etapa do ciclo de vida do produto. Algumas necessidades podem ter sido

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 33 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

condensadas em um único requisito, assim como uma necessidade pode gerar mais de um requisito. Para cada requisito, é definida uma tendência (maior, menor ou intervalo específico) e um valor de referência com respectiva unidade. A Tabela 8.1 apresenta o resultado desta conversão.

**Tabela 8.1 - Requisitos**

Etapa do Ciclo de Vida	Necessidade	Requisito	Tendência	Valor de referência
Demanda/ Oportunidade	Redução do Setup em 40%	Tempo de setup interno	Menor	h
	Eficiência no uso das salas-prova-motor	Tempo de setup interno	Menor	h
	Maior número de testes em mesmo período	Tempo de setup interno	Menor	h
Desenvolvimento e Projeto	Dimensões compatíveis com o projeto atual	Compatibilidade com as dimensões das salas prova-motor	Valor alvo	mm
	Suportar os motores das famílias 1, 2, 3, 4 e 5.	Adaptável a diferentes motores	Maior	Nº
	Respeitar normas NR10,12,17 e 20	-	-	-
Fabricação e Montagem	Custo menor do que de motor parado	Custo de fabricação	Menor	R\$
	Fácil montagem	Nº de componentes	Menor	Nº
Transporte e estocagem	Deve ser mais leve que atual	Peso	Menor	kg
	Utilização em diversas salas prova-motor;	Compatibilidade com as dimensões das salas prova-motor	Valor alvo	mm
	Rápida e prática instalação	Conexões Poka-yoke	Maior	%
	Instrumentação realizada externamente	Número de dispositivos de instrumentação no <i>docking cart</i>	Maior	Nº

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 34 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

Instalação	Sensores exclusivos ao <i>docking cart</i> e não à SPM	Número de dispositivos de instrumentação no <i>docking cart</i>	Maior	Nº
	Possuir conexões intuitivas evitando erros	Conexões Poka-yoke	Maior	%
	Possibilitar alinhamento do motor ao dinamômetro	Ajuste de posicionamento	Maior	mm
	Encaixar perfeitamente nos trilhos das salas prova-motor	Compatibilidade com as dimensões das salas prova-motor	Valor alvo	mm
Uso	Fácil manuseio	Nº de operações	Menor	Nº
	Posicionamento dos periféricos compatível com as salas	Distância do periférico ao conector na SPM	Menor	m
	Fácil acesso aos engates de abastecimento	Acessibilidade	Maior	-
	Fácil acesso às ligações entre motor e sistema de aquisição	Acessibilidade	Maior	-
Manutenção	Manutenção das condições da sala de teste	Contenção de Vazamento	Maior	m <sup>3</sup>
Atualização/ upgrade	Suportar novos motores	Adaptável a diferentes motores	Maior	Nº
Reuso/ reciclagem/ descarte	Durar aprox. 15 anos	Vida útil	Maior	Anos
	Preocupação com o descarte	Materiais sustentáveis	Maior	Nº

Fonte: Própria equipe

## 9 APLICAÇÃO DO QFD

Para priorizar os requisitos do produto e relacionar cada requisito com as demais necessidades do cliente, foi aplicado o método do QFD (Quality Function

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 35 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

Deployment), ou Casa da Qualidade, encontrado no apêndice A. Neste método define-se notas para às necessidades, bem como relaciona-se os requisitos entre si (no telhado da casa) e relaciona-se os requisitos com as necessidades. Na Tabela 9.1 são apresentados os requisitos listados em ordem de prioridade com base na pontuação obtida por cada um.

**Tabela 9.1** – Requisitos priorizados

#	Requisito	Pontuação
1	Tempo de Setup interno	495
2	Nº de operações	478
3	Nº de dispositivos de instrumentação no <i>docking cart</i>	463
4	Adaptável a diferentes motores	457
5	Custo de fabricação	450
6	Distância do periférico ao conector na SPM	417
7	Conexões Poka Yoke	396
8	Ajuste de posicionamento	385
9	Compatibilidade com as dimensões das SPM	373
10	Peso	346
11	Acessibilidade	295
12	Contenção de vazamento	172
13	Nº de componentes	162
14	Vida útil	129
15	Materiais sustentáveis	76

Fonte: Própria equipe

## 10 REQUISITOS PRIORITÁRIOS / ESPECIFICAÇÕES DO PRODUTO

Na tabela 10.1 encontram-se os 10 requisitos prioritários obtidos com seus respectivos objetivos, saídas indesejáveis (caso o requisito não seja atingido) e observações ou restrições.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 36 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

O critério de importância utilizado para selecionar os requisitos foram que estes tivessem uma pontuação acima de 300 pontos. Os demais requisitos são considerados desejáveis, mas não obrigatórios.

**Tabela 10.1** – Requisitos priorizados

Nº	Requisito	Objetivo	Saída indesejáveis	Observações/ Restrições
1	Tempo de setup interno	Tempo máximo de 132 minutos	Tempo maior do que 132 minutos	A redução do tempo consiste, principalmente, em transferir operações para o setup externo
2	Nº de operações	Reduzir o número de operações dentro da sala	Muitas operações no setup interno, mantendo o tempo elevado	Deve-se buscar reduzir o número de operações em relação ao atual, mas priorizando tempo de setup
3	Nº de dispositivos de instrumentação no <i>docking cart</i>	Facilitar e reduzir o tempo de setup interno	Poucos dispositivos no <i>docking cart</i> e maior parte na SPM	Custo do <i>docking cart</i> em decorrência dos dispositivos não pode ultrapassar limite
4	Adaptável a diferentes motores	<i>Docking cart</i> utilizável para as 5 famílias de motores	Não poder ser utilizado para todos os motores da FCA	
5	Custo de fabricação	Custo vantajoso em relação ao valor de sala parada	Custo muito elevado, sendo mais vantajoso manter o processo atual	
6	Distância do periférico ao conector na SPM	Distância reduzida, otimizando o uso de material	Distância elevada, necessitando mangueiras e cabos de maior comprimento	
7	Conexões Poka Yoke	100% das conexões com base na técnica	Conexões fora da técnica	
8	Ajuste de posicionamento	Permitir alinhamento vertical para todos os motores	Não permitir ajuste vertical e horizontal suficiente para alinhamento	
9	Compatibilidade com	<i>Docking cart</i>	<i>Docking carts</i>	Dimensões com base

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 37 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

	as dimensões das SPM	utilizável em todas as SPM	diferentes para SPM diferentes	no projeto atual, layout da SPM e trilhos
10	Peso	Massa total do <i>docking cart</i> de no máximo 200kg	Massa total do <i>docking cart</i> acima de 200kg dificultando manuseio	Se a massa tiver de ser ultrapassada para atingir outros requisitos, deve-se atentar à manuseabilidade.

Fonte: Própria equipe

## 11 COMENTÁRIOS FINAIS

Este relatório apresentou o levantamento de informações que foi realizado na etapa informacional do projeto Retrofit de um Docking Cart para ensaios de motores em salas de dinamômetros. A coleta das necessidades, transformação delas em requisitos e sua avaliação são descritas. Uma análise de similares também é mostrada. Os valores referentes aos requisitos poderão ser modificados, isso dependerá do andamento do projeto e de quaisquer pedidos por parte do cliente.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 38 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## REFERÊNCIAS

SAJ Test Plant PVT. LTD. **SAJ Versatile Testing Solutions**. Disponível em: <<http://www.sajdyno.com/>>. Acesso em 25 de maio 2018.

Power Test. **SF-902S Engine Dynamometer**. Disponível em: <<https://powertestdyno.com/product/sf-902s-engine-dynamometer/>>. Acesso em 25 de maio 2018.

StuskaDyno. **Engine Cart Asm – High Torque Docking**. Disponível em: <<http://www.stuskadyno.com/engine-cart-asm-high-torque-docking/>>. Acesso em 25 de maio 2018.

StuskaDyno. **Docking Cart**. Disponível em: <<http://www.stuskadyno.com/docking-cart-3/>>. Acesso em 25 de maio 2018.

PEREIRA, J. **Dinamômetros Hidráulicos**. Disponível em: <<http://www.joseclaudio.eng.br/energia/dinos1>>. Acesso em 25 de maio 2018.

A.J. Martyr, M.A. Plint. **Engine Testing Theory and Practice**. Third edition. 2007.

**NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>>. Acesso em 06 de junho 2018.

**NR 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Disponível em: <<http://www.trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf>>. Acesso em 06 de junho 2018.

**NR 17 – Ergonomia**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR17.pdf>>. Acesso em 06 de junho 2018.

**NR 20 – Segurança e Saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR20.pdf>>. Acesso em 06 de junho 2018.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 39 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**Automotive Business.** Disponível em: <<http://www.automotivebusiness.com.br/revistasabpdf/REVISTAAB42.pdf>>. Acesso em 08 de junho 2018.

SILVA, E. **Poka Yoke – Método à prova de Falhas e Erros.** Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/poka-yoke-m%C3%A9todo-prova-de-falhas-e-erros-edson-miranda-da-silva/>>. Acesso em 03 de julho 2018.

COUTINHO, T. **O que é Poka Yoke? Aprenda a aplicar na sua empresa!** Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-poka-yoke>>. Acesso em 03 de julho 2018.

SCHULZ, D. **4 Tempos: Etapas de Funcionamento.** Disponível em: <[https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/motores4t\\_etapas.htm](https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/motores4t_etapas.htm)>. Acesso em 07 de julho 2018.

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO INFORMACIONAL
	Título Doc.: RELATÓRIO INFORMACIONAL	Folha: 40 de 40
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## APÊNDICE A – DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE (QFD)





 Federação das Indústrias do Estado da Bahia	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 1 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**RELATÓRIO CONCEITUAL:  
 PROJETO DE UM DOCKING CART PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS  
 DE DINAMÔMETROS**

**Salvador**

**2019**

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.:	RELATÓRIO CONCEITUAL	
	Folha:	2 de 31	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## SUMÁRIO

<b>1 OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 FUNÇÃO GLOBAL .....</b>	<b>3</b>
<b>3 SÍNTESE FUNCIONAL .....</b>	<b>4</b>
<b>4 SELEÇÃO DA SÍNTESE FUNCIONAL.....</b>	<b>4</b>
<b>5 MATRIZ MORFOLÓGICA.....</b>	<b>5</b>
<b>6 GERAÇÃO DE CONCEITOS .....</b>	<b>5</b>
<b>7 DESIGN PARA MANUFATURA E MONTAGEM.....</b>	<b>5</b>
<b>7.1 DFMA - PRINCÍPIOS E REGRAS .....</b>	<b>6</b>
<b>7.1.1 REDUÇÃO DO NÚMERO TOTAL DE PEÇAS .....</b>	<b>6</b>
<b>7.1.2 MONTAGEM MODULAR OU COM COMPONENTE-BASE.....</b>	<b>7</b>
<b>7.1.3 PADRONIZAÇÃO DE COMPONENTES .....</b>	<b>7</b>
<b>7.1.4 PROJETO DE PEÇAS AUTOFIXADORAS .....</b>	<b>8</b>
<b>7.1.5 MONTAGEM UNIDIRECIONAL.....</b>	<b>8</b>
<b>7.1.6 PEÇAS COM CARACTERÍSTICAS DE AUTO LOCALIZAÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>7.1.7 REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE MONTAGEM.....</b>	<b>9</b>
<b>7.1.8 FACILIDADE NA MANIPULAÇÃO DE PEÇAS.....</b>	<b>9</b>
<b>7.1.9 PROJETO PARA ESTABILIDADE.....</b>	<b>10</b>
<b>7.1.10 MINIMIZAÇÃO DA NECESSIDADE DE AJUSTES.....</b>	<b>10</b>
<b>8 SELEÇÃO DE CONCEITOS .....</b>	<b>11</b>
<b>8.1 DESCRIÇÃO DO CONCEITO SELECIONADO .....</b>	<b>19</b>
<b>8.2 ESBOÇO BÁSICO DO PRODUTO/SISTEMA.....</b>	<b>24</b>
<b>8.3 IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS TECNOLÓGICOS DO CONCEITO .....</b>	<b>25</b>
<b>9 COMENTÁRIOS FINAIS .....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>26</b>
<b>APÊNDICE A – SÍNTESE FUNCIONAL 1 .....</b>	<b>27</b>
<b>APÊNDICE B – SÍNTESE FUNCIONAL 2 .....</b>	<b>28</b>
<b>APÊNDICE C – SÍNTESE FUNCIONAL 3 .....</b>	<b>29</b>
<b>APÊNDICE D – MATRIZ MORFOLÓGICA .....</b>	<b>30</b>
<b>APÊNDICE E – CONCEITO SELECIONADO.....</b>	<b>31</b>

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.:	RELATÓRIO CONCEITUAL	
	Folha:	3 de 31	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## 1 OBJETIVO

Este relatório da fase conceitual objetiva apresentar os resultados obtidos durante a busca pela concepção do produto.

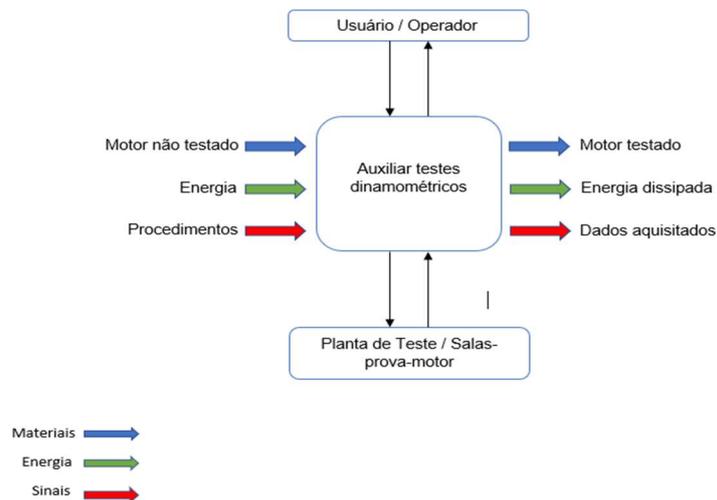
Aqui são apresentados a identificação da função global do equipamento, seu desdobramento, as opções de conceito estudadas e por fim, a opção escolhida é mostrada e detalhada.

## 2 FUNÇÃO GLOBAL

A função Global tem o papel de declarar, simplificada, a função elementar do produto, bem como sua relação com outros sistemas e com o meio ambiente no qual o está inserido. Através da função global é possível visualizar que o sistema recebe material, energia e sinal e os transforma também em material, energia e sinal.

Na figura 2.1 é apresentada a função global do sistema-problema deste projeto. Apesar de, à primeira impressão, a função do *docking cart* ser de transporte do motor, este permite também o setup externo, bem como serve de suporte do motor durante o teste. Portanto englobou-se essas funções em uma, “auxiliar testes dinamométricos”.

**Figura 2.1** - Função global do sistema-problema.



**Fonte:** Própria Equipe

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.:	RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 4 de 31
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

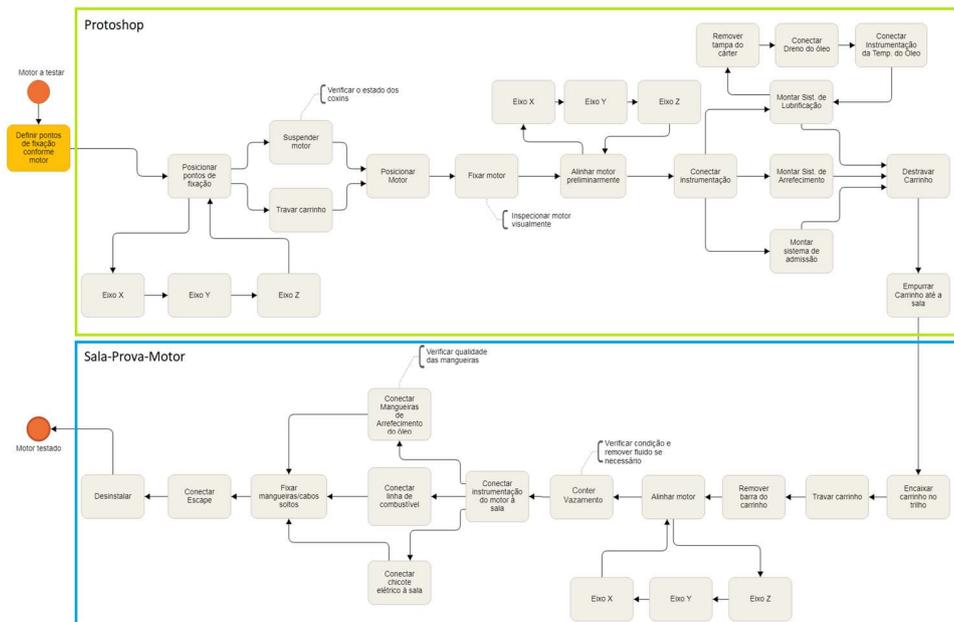
### 3 SÍNTESE FUNCIONAL

A partir da Função Global do sistema-problema, foi possível criar alternativas para nas quais desdobrou-se a função global em “sub” funções. Essas funções representam a forma com que a solução será executada, mas sem descrevê-la, fazendo com que diferentes conceitos surjam de cada síntese funcional elaborada. Desta forma, elas são o início da construção do conceito e expressam a lógica de funcionamento do produto. Nos apêndices A, B e C são apresentadas variações de síntese funcionais.

### 4 SELEÇÃO DA SÍNTESE FUNCIONAL

Com base nas necessidades do cliente e nos requisitos do produto identificados durante a fase informacional, foi realizada a seleção da síntese que melhor atendesse a estes pontos. Esta, é apresentada na figura 4.1 (apêndice C). A síntese funcional escolhida engloba as funções críticas do equipamento, além de ser mais completa e compatível com o processo atual realizado nas instalações do cliente, atendendo da melhor forma os requisitos do produto.

Figura 4.1 - Síntese funcional selecionada



Fonte: Própria Equipe

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.:	RELATÓRIO CONCEITUAL	
	Folha:	5 de 31	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## 5 MATRIZ MORFOLÓGICA

A partir da escolha da síntese funcional, cada função foi colocada na forma de coluna e vários princípios de solução foram gerados. A matriz morfológica do sistema-problema, baseada na síntese funcional escolhida, encontra-se como apêndice D. É importante ressaltar que, para o preenchimento da matriz morfológica, não se busca qualidade, mas quantidade de soluções. Por isso, algumas das soluções irão parecer absurdas, mas fazem parte do processo de estímulo à criatividade e não são sinal de incompetência/inexperiência da equipe executora. Para o preenchimento da mesma, foram utilizados os seguintes métodos de estímulo à criatividade:

- Brainstorming
- Analogia direta
- Analogia pessoal

## 6 GERAÇÃO DE CONCEITOS

Com base na matriz morfológica gerada, conceitos foram criados combinando soluções diversas para cada uma das funções a serem desempenhadas. Nesta seleção, já foram descartadas combinações de soluções que não fossem vantajosas. Ao final, foram geradas algumas concepções e ainda variações destas. No total, foram considerados para uma análise mais profunda para efeito de comparação, entre no máximo 3 conceitos. Estes são apresentados na tabela do apêndice E.

## 7 DESIGN PARA MANUFATURA E MONTAGEM

Paralelo às etapas de geração e seleção de conceitos, realizou-se um estudo das técnicas de Design para Manufatura e Montagem, ou no inglês *Design for manufacture and assembly* (DFMA), a fim de entender as suas boas práticas e aplicá-las no projeto.

De acordo com Boothroyd et al. (2002), Design for manufacture and assembly (DFMA) é a combinação do Design for Manufacture (DFM) e Design for Assembly

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.:	RELATÓRIO CONCEITUAL	
	Folha:	6 de 31	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

(DFA). Ambos possuem praticamente o mesmo objetivo, ou seja, ampliar a efetividade dos processos de produção no sentido da manufatura e montagem.

Segundo Barbosa (2007), o DFA tem como finalidade racionalizar a etapa da montagem por meio da redução do número de peças e a simplicidade de montagem, analisando de forma individual a função, forma, material e a montagem das suas peças. Já o DFM tem como objetivo um produto que atenda aos requisitos de suas funções e que seja de fácil manufatura, o que diminuirá os custos de produção.

*Manufacturing* deve ser entendido como a operação de fabricar um componente individual, enquanto *Assembly* é a definição da simples montagem de mais de um componente que formará o produto final. O DFA e DFM devem ser aplicados, sempre que possível, simultaneamente, visando a redução da complexidade e do número de peças nas duas etapas: fabricação e montagem, de acordo com Boothroyd, Deuhurst, Knight (1994).

## 7.1 DFMA - PRINCÍPIOS E REGRAS

### 7.1.1 REDUÇÃO DO NÚMERO TOTAL DE PEÇAS

De acordo com Barbosa (2007), este é um dos princípios mais importantes, pois a redução do número de peças/componentes gera uma redução do custo do produto, da montagem e do tempo da montagem.

Sousa (1998) comenta que o componente deve estar separado dos demais quando houver alguma restrição técnica de manufatura e quando a junção atrapalhar o acesso a outras partes. Bralla (1996) discute sobre alguns aspectos que deverão ser analisados na hora de combinar as peças de um produto:

- Incorporar dobradiças;
- Incorporar molas;
- Usar elementos de encaixe;
- Incorporar elementos como guias e coberturas.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 7 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

### 7.1.2 MONTAGEM MODULAR OU COM COMPONENTE-BASE

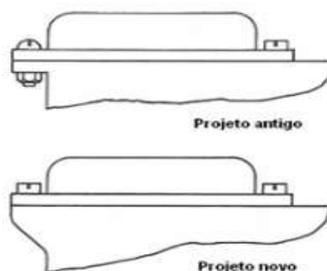
A montagem com um componente-base é uma técnica utilizada que visa o uso de uma base para a produção de diferentes produtos; este procedimento facilita a incorporação de componentes para a fixação e características de alinhamento, o que facilita a montagem e reduz o custo do produto. A modulação da montagem objetiva a combinação de módulos intercambiáveis e que funcionem sem depender de outros. Este conceito proporciona maior agilidade e flexibilidade ao processo.

### 7.1.3 PADRONIZAÇÃO DE COMPONENTES

A padronização de componentes resulta numa redução da diversificação das peças (em uma linha de montagem), redução do tempo com desenvolvimento de novos componentes, redução no manuseio, otimização da montagem e padronização de ferramentas.

Este princípio deverá ser bastante usado quando se trata de componentes de fixação, pois, quanto maior a padronização, menor será o número de ferramentas e variações na linha de montagem. A figura 7.1 demonstra um exemplo de um projeto antigo com dois tipos de parafusos para a fixação, um para porca que é solta e outro para a porca fixa. Após uma análise, pode-se fazer uma padronização dos prendedores.

**Figura 7.1** - Padronização das peças



**Fonte:** Boothroyd; Dewhurst; Knight (1994)

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 8 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

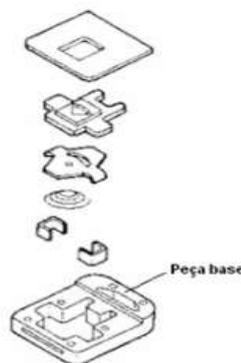
#### 7.1.4 PROJETO DE PEÇAS AUTOFIXADORAS

Deve-se projetar peças autofixadoras sempre que for possível, com o intuito de excluir componentes como parafusos, porcas e arruelas, e facilitar a montagem e desmontagem do produto.

#### 7.1.5 MONTAGEM UNIDIRECIONAL

Durante o projeto, deve-se dar preferência para a montagem unidirecional, fazendo uso da lei da gravidade, ou seja, de cima pra baixo. Ela acaba por reduzir o número de reorientação do componente durante a montagem. A figura 7.2 demonstra um exemplo dessa técnica, onde a base inferior (peça base), recebe as outras peças em uma sequência de cima para baixo, o que facilita a orientação das demais e minimiza os erros.

Figura 7.2 – Montagem Unidirecional



Fonte: Boothroyd; Dewhurst; Knight (1994)

#### 7.1.6 PEÇAS COM CARACTERÍSTICAS DE AUTO LOCALIZAÇÃO

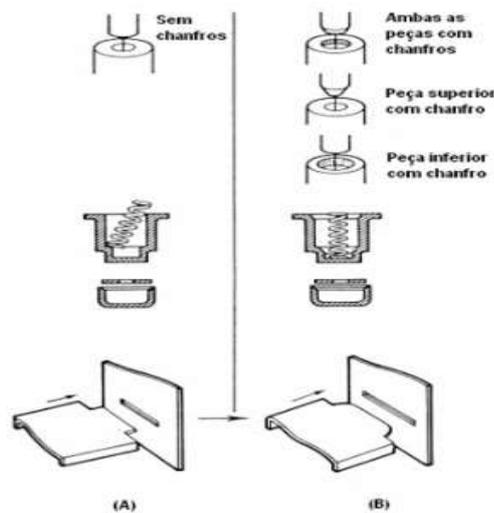
No projeto deve-se desenvolver componentes com a característica de auto localização, o que permite uma montagem precisa, com poucos ajustes, rápida e simples. Estas peças reduzem o tempo de montagem e conseguem aumentar a qualidade do produto, além de permitir automação na montagem. Essa característica pode ser efetuada por chanfros e rebaiços, por exemplo.

A figura 7.3 mostra a diferença entre dois projetos, um feito com características de auto localização para facilitar a montagem (B) e o outro que não

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 9 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

possui (A), um exemplo foi a inclusão de chanfros na peça (B), que facilita os encaixes proporcionando maior precisão na montagem.

**Figura 7.3 – Auto localização**



Fonte: Boothroyd; Dewhurst; Knight (1994)

### 7.1.7 REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE MONTAGEM

A previsão de possibilidade de submontar componentes de um produto antes da montagem final é de extrema importância. Esta técnica facilita o processo de fabricação e documentação do layout da fábrica, além de aumentar a flexibilidade da programação da redução. A submontagem de componentes, além de facilitar a manufatura, consegue trazer também benefícios para o cliente, pois aumenta a qualidade e confiabilidade do produto.

### 7.1.8 FACILIDADE NA MANIPULAÇÃO DE PEÇAS

No projeto deve-se levar em consideração componentes com peso reduzido, pois facilitam na manipulação, montagem e reduzem o tempo de operação. De acordo com Sousa (1998), os principais fatores que afetam a manipulação são geometria, rigidez, peso e não fazer uso de peças muito pequenas. Pode-se simplificar a geometria usando formas mais regulares; quanto ao segundo fator, deve-se evitar materiais muito macios, pontiagudos e/ou frágeis, além disso, deve-se

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.:	RELATÓRIO CONCEITUAL	
	Folha:	10 de 31	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

evitar o uso de peças muito pequenas, muito grandes ou escorregadias, como mostrado na figura 7.4.

**Figura 7.4** – Manipulação de peças



**Fonte:** Boothroyd; Dewhurst; Knight (1994)

Outras características devem ser levadas em consideração nessa fase do projeto, tais como: utilizar peças simétricas, pois reduzem o número de operações e falhas; evitar uso de peças que possam ficar presas; fazer uso das propriedades dos materiais como forma de obter vantagens; facilitar o acesso ao componente, deixando um espaço disponível e evitar o uso de peças a serem manipuladas com duas ou mais mãos.

#### **7.1.9 PROJETO PARA ESTABILIDADE**

Como forma de facilitar a operação e fabricação, deve-se evitar projetar peças que possam realizar movimento durante a sua montagem; as peças devem ser estáticas durante a operação.

#### **7.1.10 MINIMIZAÇÃO DA NECESSIDADE DE AJUSTES**

A redução de ajustes durante a montagem diminui o tempo de processo, facilitando a manufatura e aumenta a qualidade e confiabilidade do produto, assim deve-se aplicar essa técnica sempre que for possível. Quando se define as tolerâncias corretamente, consegue-se uma montagem mais fácil e livre da necessidade de ajustes.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 11 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## 8 SELEÇÃO DE CONCEITOS

Avaliou-se todos os elementos de cada um dos três conceitos gerados a fim de optar pelo que atendesse da melhor forma as necessidades do cliente, portanto mesclou-se os elementos para compor o conceito validado da matriz morfológica. Para auxiliar nessa análise, construiu-se a tabela abaixo de comparação das vantagens e desvantagens de cada elemento das propostas, onde considerou-se custo versus benefício, modo de operação, disponibilidade no mercado, entre outros.

**Tabela 8.1 - Resumo da Avaliação**

Função / Elemento	Considerações	
<b>F1 - Posicionar pontos de fixação</b>		
<b>F1.1 – Pré-sets</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Minimiza erros.	Perde versatilidade.
Proposta 2	Maior versatilidade; Facilidade movimentação.	Necessidade de mudanças em futuros projetos.
Proposta 3	Maior versatilidade; Facilidade movimentação; Pouca necessidade de mudanças em futuros projetos.	Maior probabilidade de erro; Maior custo de fabricação; Maior tempo de ajuste.
Conceito Validado: Proposta 2	Maior versatilidade; Facilidade movimentação.	Necessidade de mudanças em futuros projetos.
<b>F1.2 - Eixo Z</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Maior precisão; Maior torque; Diminui vibração.	Necessita de mais espaço; Custo alto; Maior probabilidade de desgaste; Maior número de componentes.
Proposta 2	Ajuste fino; Montagem simples; Alto torque; Não há recuo; autotravante.	Necessita ferramenta para ajuste.
Proposta 3	Mecanismo simples.	Baixa ergonomia.
Conceito Validado: Proposta 2	Ajuste fino; Montagem simples; Alto torque; Não há recuo; Autotravante.	Necessita ferramenta para ajuste.
<b>F1.3 - Eixo X</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>

 <p>SENAI CIMATEC SISTEMA FIEB Federação das Indústrias do Estado da Bahia</p>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 12 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

Proposta 1	Mecanismo simples; Baixo custo.	Baixa Ergonomia.
Proposta 2	Requer menor esforço.	Alto Custo; Mudança no layout das salas.
Proposta 3	Suporta altas cargas; Baixo ruído.	Maior número de componentes; Custo de manutenção.
Conceito Validado: Proposta 1	Mecanismo simples; Baixo custo.	Baixa Ergonomia.
<b>F1.4 - Eixo Y</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Mecanismo simples; Baixo custo.	Baixa Ergonomia.
Proposta 2	Menor tempo para movimentação; Requer menor esforço; Ampla aplicação	Menor Flexibilidade.
Conceito Validado: Proposta 1	Mecanismo simples; Baixo custo.	Baixa Ergonomia.
<b>F2 - Travar <i>docking cart</i></b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Maior área de acionamento.	Necessita de mais espaço.
Proposta 2	Maior segurança.	Maior custo; Maior número de componentes.
Proposta 3	Baixa custo.	Baixa segurança.
Conceito Validado: Proposta 2	Maior segurança.	Maior custo; Maior número de componentes.
<b>F3 - Posicionar motor</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Simplicidade na operação.	Maior risco ao operador; Mais suscetível a erros.
Proposta 2	Maior precisão.	Alto custo; Maior número de componentes; Maior necessidade de manutenção.
Conceito Validado: Proposta 1	Simplicidade na operação.	Maior risco ao operador; Mais suscetível a erros.
<b>F4 - Fixar motor</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Maior segurança; Baixo	Maior número de

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.:	RELATÓRIO CONCEITUAL	
	Folha:	13 de 31	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

	custo; Disponibilidade no mercado.	componentes; Maior tempo para operação.
Proposta 2	Menor número de componentes; Menor tempo de operação; Distribuição das tensões; Melhor acabamento.	Maior custo.
Proposta 3	Baixo custo; Disponibilidade no mercado.	Maior número de componentes; Maior tempo para operação
Conceito Validado: Proposta 3	Baixo custo; Disponibilidade no mercado.	Maior número de componentes; Maior tempo para operação.
<b>F5 - Alinhar motor preliminarmente</b>		
<b>F5.1 - Eixo Z</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Maior precisão; Maior torque; Reduz vibração	Necessita de mais espaço; Custo alto; Maior probabilidade de desgaste; Maior número de componentes.
Proposta 2	Ajuste fino; Montagem simples; Alto torque Não há recuo; Autotravante	Necessita ferramenta para ajuste.
Proposta 3	Mecanismo simples.	Baixa ergonomia.
Conceito Validado: Proposta 2	Ajuste fino; Montagem simples; Alto torque; Não há recuo; Autotravante	Necessita ferramenta para ajuste.
<b>F5.2 - Eixo X</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Mecanismo simples; Baixo custo.	Baixa Ergonomia.
Proposta 2	Requer menor esforço.	Alto Custo; Mudança no layout das salas.
Proposta 3	Suporta altas cargas; Baixo ruídos.	Maior número de componentes; Custo de manutenção.
Conceito Validado: Proposta 1	Mecanismo simples; Baixo custo.	Baixa Ergonomia.

 <p>SENAI CIMATEC SISTEMA FIEB Federação das Indústrias do Estado da Bahia</p>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 14 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

F5.3 - Eixo Y	Vantagens	Desvantagens
Proposta 1	Mecanismo simples; Baixo custo.	Baixa Ergonomia.
Proposta 2	Menor tempo para movimentação; Requer menor esforço; Ampla aplicação.	Pequena Flexibilidade.
Conceito Validado: Proposta 1	Mecanismo simples; Baixo custo.	Baixa Ergonomia.
<b>F6 - Conectar instrumentação</b>		
<b>F6.1 - Operação</b>		
	Vantagens	Desvantagens
Proposta 1	Simplicidade na operação; Baixo Custo.	Maior risco ao operador; Mais suscetível a erros.
Proposta 2	Alta precisão na operação.	Alto Custo.
Conceito Validado: Proposta 1	Simplicidade na operação; Baixo Custo.	Maior risco ao operador; Mais suscetível a erros.
<b>F6.2 - Conexão</b>		
	Vantagens	Desvantagens
Proposta 1	Simplicidade de operação; Baixo Custo.	-
Proposta 2	Simplicidade de operação.	Custo.
Proposta 3	Baixo custo.	Baixa segurança.
Conceito Validado: Proposta 1	Simplicidade de operação; Baixo Custo.	-
<b>F7 - Montar sistema de arrefecimento</b>		
	Vantagens	Desvantagens
Proposta 1	Disponibilidade no mercado; Baixo custo.	Maior número de componentes.
Proposta 2	Baixo Custo.	Fragilidade.
Proposta 3	Fácil manuseio.	Custo; Alto Peso; Grande volume.
Conceito Validado: Proposta 1	Disponibilidade no mercado; Baixo custo	Maior número de componentes.
<b>F8 - Montar sistema de lubrificação</b>		
<b>F8.1 - Remover tampa do cárter</b>		
	Vantagens	Desvantagens

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 15 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

Proposta 1	Simplicidade na operação; Custo.	Maior risco ao operador; Mais suscetível a erros.
Proposta 2	Alta precisão na operação; Velocidade de execução.	Alto Custo.
Conceito Validado: Proposta 1	Simplicidade na operação; Custo.	Maior risco ao operador; Mais suscetível a erros.
<b>F8.2 - Conectar dreno de óleo</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Baixo custo; Simplicidade de operação.	Fragilidade.
Proposta 2	Alta estanqueidade.	Maior custo.
Conceito Validado: Proposta 2	Alta estanqueidade.	Maior custo.
<b>F8.3 - Conectar Instrumentação da temperatura do óleo</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Medição a distância.	Alto custo.
Proposta 2	Baixo custo.	Mais suscetível a erros.
Proposta 3	Precisão; Rapidez na medição do resultado.	Alta fragilidade.
Conceito Validado: Proposta 3	Precisão; Rapidez na medição do resultado.	Alta fragilidade.
<b>F9 - Montar Sistema de Admissão</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Facilidade de manuseio; Estanqueidade.	Alto custo.
Proposta 2	Segurança na operação; Disponibilidade no mercado.	Maior tempo de ajuste.
Proposta 3	Baixo custo.	Fragilidade.
Conceito Validado: Proposta 2	Segurança na operação; Disponibilidade no mercado.	Maior tempo de ajuste.
<b>F10 - Destruir <i>docking cart</i></b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Simplicidade de operação; Baixo custo.	Baixa ergonomia.
Proposta 2	Baixo custo; Boa ergonomia; Segurança na execução.	Mais propenso a choques e danos.
Conceito Validado:	Baixo custo; Boa ergonomia;	Mais propenso a choques e

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.:	RELATÓRIO CONCEITUAL	
	Folha:	16 de 31	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

Proposta 2	Segurança na execução.	danos.
<b>F11 - Empurrar <i>docking cart</i> até a sala</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Suporta altas cargas.	Baixa ergonomia.
Proposta 2	Suporta altas cargas; Seguro na operação; Boa ergonomia.	Maior custo.
Proposta 3	Baixo custo.	Pouco seguro.
Conceito Validado: Proposta 2	Suporta altas cargas; Seguro na operação; Boa ergonomia.	Maior custo.
<b>F12 - Encaixar <i>docking cart</i> no trilho</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Baixo custo.	Mais frágil.
Proposta 2	Maior Segurança.	Maior número de componentes.
Conceito Validado: Proposta 2	Maior Segurança.	Maior número de componentes.
<b>F13 - Travar <i>docking cart</i></b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Boa fixação.	Maior número de componentes; Maior tempo de execução.
Proposta 2	Baixo Custo.	Menor fixação; Menor segurança de trava.
Proposta 3	Rapidez na execução; Simplicidade de operação; Boa fixação; Boa segurança no travamento.	Alto custo.
Conceito Validado: Proposta 3	Rapidez na execução; Simplicidade de operação; Boa fixação; Boa segurança no travamento.	Alto custo.
<b>F14 - Remover barra do <i>docking cart</i></b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Boa segurança.	Maior número de componentes.
Proposta 2	Baixo custo.	Baixa flexibilidade.

 <p>SENAI CIMATEC SISTEMA FIEB Federação das Indústrias do Estado da Bahia</p>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 17 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

Proposta 3	Simplicidade de operação.	Maior probabilidade de desgaste.
Conceito Validado: Proposta 3	Simplicidade de operação.	Maior probabilidade de desgaste.
<b>F15 - Alinhar motor</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>F15.1 - Eixo Z</b>		
Proposta 1	Maior precisão; Maior torque; Diminui vibração.	Necessita de mais espaço; Custo alto; Maior probabilidade de desgaste; Maior número de componentes.
Proposta 2	Ajuste fino; Montagem simples; Alto torque; Não há recuo; Autotravante.	Necessita ferramenta para ajuste.
Proposta 3	Mecanismo simples.	Baixa ergonomia.
Conceito Validado: Proposta 2	Ajuste fino; Montagem simples; Alto torque; Não há recuo; Autotravante.	Necessita ferramenta para ajuste.
<b>F15.2 - Eixo X</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Mecanismo simples; Baixo custo.	Baixa Ergonomia.
Proposta 2	Requer menor esforço.	Alto Custo; Mudança no layout das salas.
Proposta 3	Suporta altas cargas; Baixo ruído.	Maior número de componentes; Custo de manutenção.
Conceito Validado: Proposta 1	Mecanismo simples; Baixo custo.	Baixa Ergonomia.
<b>F15.3 - Eixo Y</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Mecanismo simples; Baixo custo.	Baixa Ergonomia.
Proposta 2	Menor tempo para movimentação; requer menor esforço; ampla aplicação.	Pequena Flexibilidade.

 <p>SENAI CIMATEC SISTEMA FIEB Federação das Indústrias do Estado da Bahia</p>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 18 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

Conceito Validado: Proposta 1	Mecanismo simples; Baixo custo.	Baixa Ergonomia.
<b>F16 - Conter Vazamento</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Resistente; Fácil remoção; Requer pouco espaço.	Menor capacidade de armazenamento.
Proposta 2	Elevada capacidade de armazenamento.	Frágil; mau aproveitamento de espaço.
Proposta 3	Elevada capacidade de armazenamento.	Requer muito espaço; Maior complexidade de remoção.
Conceito Validado: Proposta 1	Resistente; fácil remoção; Requer pouco espaço.	Menor capacidade de armazenamento
<b>F17 - Conectar instrumentação do motor à sala</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Maior proteção das conexões; mantém a estrutura original.	Maior tempo de setup.
Proposta 2	Menor tempo de setup.	Necessário alteração da estrutura da SPM.
Proposta 3	Menor tempo de setup.	Maior custo; Requer espaço no <i>docking cart</i> .
Conceito Validado: Proposta 3	Menor tempo de setup.	Maior custo; Requer espaço no <i>docking cart</i> .
<b>F18 - Conectar mangueiras de arrefecimento do óleo</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Disponibilidade no mercado; Baixo custo.	Maior tempo de ajuste; Possibilidade de folga.
Proposta 2	Menor tempo de ajuste; Estanqueidade; Intuitivo.	Alto custo.
Proposta 3	Disponibilidade no mercado; Estanqueidade.	Maior tempo de ajuste.
Conceito Validado: Proposta 2	Menor tempo de ajuste; Estanqueidade; Intuitivo.	Alto custo.
<b>F19 - Conectar chicote elétrico à sala</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Disponibilidade no mercado;	Mais frágil.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 19 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

	Intuitivo.	
Proposta 2	Maior flexibilidade.	Alto custo.
Conceito Validado: Proposta 1	Disponibilidade no mercado; Intuitivo.	Mais frágil.
<b>F20 - Conectar linha de combustível</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Menor tempo de ajuste; Estanqueidade; Intuitivo.	Alto custo.
Proposta 2	Disponibilidade no mercado; Baixo custo.	Maior número de componentes.
Proposta 3	Disponibilidade no mercado.	Maior número de componentes.
Conceito Validado: Proposta 1	Menor tempo de ajuste; Estanqueidade; Intuitivo.	Alto custo.
<b>F21 - Fixar mangueiras/cabos soltos</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Baixo custo; Disponibilidade no mercado.	Fragilidade.
Proposta 2	Estética.	Alto custo.
Proposta 3	Rápida fixação; Disponibilidade no mercado.	Menor flexibilidade.
Conceito Validado: Proposta 3	Rápida fixação; Disponibilidade no mercado.	Menor flexibilidade.
<b>F22 - Conectar escape</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Proposta 1	Possibilita futuros ajustes.	Maior número de componentes.
Proposta 2	Boa vedação; Boa fixação.	Não permite modificações; Tempo de operação; Custo de material; Necessidade de M.O. específica.
Conceito Validado: Proposta 1	Possibilita futuros ajustes.	Maior número de componentes.

Fonte: Própria Equipe

## 8.1 DESCRIÇÃO DO CONCEITO SELECIONADO

A seguir, na Tabela 8.2, é descrito o conceito selecionado.

 Federação das Indústrias do Estado da Bahia	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 20 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

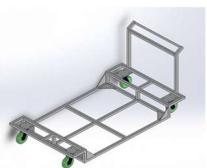
Tabela 8.2 - Conceito selecionado

	Função	Princípio de Solução	Descrição
F1	Posicionar pontos de fixação		
F1.1	Pré-sets		O trilho contará com marcações referentes à devida posição de cada família de motor para facilitar e acelerar o alinhamento.
F1.2	Eixo Z		O fuso com rosca permite o movimento vertical do motor com maior precisão e versatilidade.
F1.3	Eixo X		O trilho permite o movimento horizontal do motor com agilidade e segurança.
F1.4	Eixo Y		O trilho permite o movimento na transversal do motor com agilidade e segurança.
F2	Travar docking cart		O freio individual acionado pelo pé em cada um dos rodízios proporciona maior segurança aos operadores e facilita a montagem do motor por manter o <i>docking cart</i> em uma posição fixa.
F3	Posicionar motor		O posicionamento do motor enquanto este está suspenso continuará sendo realizado manualmente.
F4	Fixar motor		A fixação do motor no <i>docking cart</i> será pelo conjunto de parafuso e arruela.
F5	Alinha motor preliminarmente		

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 21 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

F5.1	Eixo Z		O fuso com rosca permite o movimento vertical do motor com maior precisão e versatilidade.
F5.2	Eixo X		O trilho permite o movimento horizontal do motor com agilidade e segurança.
F5.3	Eixo Y		O trilho permite o movimento na transversal do motor com agilidade e segurança.
F6	Conectar instrumentação		
F6.1	Operação		A operação manual segue da mesma maneira como é realizada atualmente, não necessitando a alteração da infraestrutura da sala e nem custos adicionais.
F6.2	Conexão		A conexão será realizada usando conector tipo fêmea.
F7	Montar sistema de arrefecimento		O espigão e abraçadeira permitirão a montagem de forma eficaz e simples, e é um recurso já utilizado.
F8	Montar sistema de lubrificação		
F8.1	Remover tampa do cárter		A remoção da tampa do cárter de óleo para observações e ajustes será realizada manualmente.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 22 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

F8.2	Conectar dreno do óleo		o dreno do óleo será realizado por uma mangueira combustível.
F8.3	Conectar instrumentação da temperatura do óleo		A medição de temperatura será feita por termopar.
F9	Montar sistema de admissão		A montagem do sistema de admissão será realizada utilizando abraçadeira para fixar a mangueira.
F10	Destruvar docking cart		O <i>docking cart</i> será destravado usando pé, melhorando a ergonomia.
F11	Empurrar <i>docking cart</i> até a sala		O <i>docking cart</i> com a barra inclinada permitirá maior eficiência e ergonomia.
F12	Encaixar <i>docking cart</i> no trilho		O <i>docking cart</i> será encaixado por um guia.
F13	Travar <i>docking cart</i>		A trava com clique permite o travamento do <i>docking cart</i> no trilho de forma eficaz e simples para o operador.
F14	Remover barra do <i>docking cart</i>		A barra será encaixada na própria estrutura do <i>docking cart</i> por furos neste.
F15	Alinhar motor		
F15.1	Eixo Z		O fuso com rosca permite o movimento vertical do motor com maior precisão e versatilidade.

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.:	RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 23 de 31
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

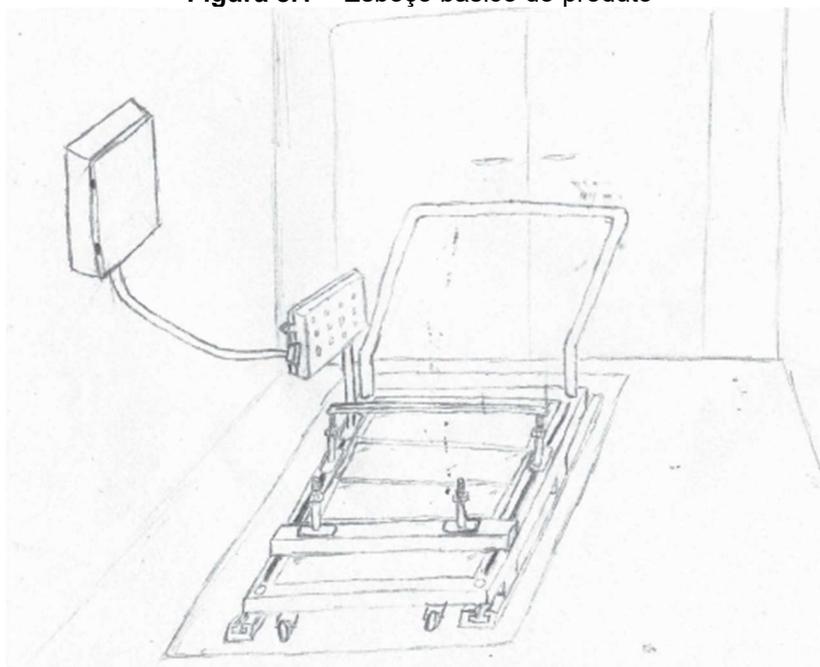
F15.2	Eixo X		O trilho permite o movimento horizontal do motor com agilidade e segurança.
F15.3	Eixo Y		O trilho permite o movimento na transversal do motor com agilidade e segurança.
F16	Conter vazamento		O vazamento de óleo do sistema será coletado através de uma bandeja coletora.
F17	Conectar instrumentação do motor à sala		A instrumentação será conectada a um painel desenvolvido para o próprio <i>docking cart</i> .
F18	Conectar mangueiras de arrefecimento do óleo		O engate rápido terá como objetivo reduzir o tempo de setup nas conexões do <i>docking cart</i> com a sala.
F19	Conectar chicote elétrico à sala		O cabo ponta-prova sendo barato e de fácil uso funcionará como forma de conectar o chicote elétrico.
F20	Conectar linha de combustível		O engate rápido terá como objetivo reduzir o tempo de setup nas conexões do <i>docking cart</i> com a sala.
F21	Fixar mangueiras/cabos soltos		Presilhas no próprio <i>docking cart</i> servirão para fixar eventuais mangueiras ou cabos soltos.
F22	Conectar escape		O uso do flange com parafuso permitirá uma fixação e eficiência na conexão como escape.

Fonte: Própria Equipe

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.:	RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 24 de 31
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## 8.2 ESBOÇO BÁSICO DO PRODUTO/SISTEMA

Figura 8.1 – Esboço básico do produto



Fonte: Própria Equipe

A solução proposta se baseia no uso de fusos rosqueados e barras que se movimentam por canais na estrutura principal, similar a trilhos, permitindo o uso às diversas famílias de motores, conforme solicitado, se adequando aos testes a serem realizados com os diferentes motores atuais ou futuros que venham a ser desenvolvidos. Além disso, conta com uma caixa que permite a conexão da instrumentação no *setup* externo, e internamente permite a conexão da caixa à sala utilizando uma tomada única, acelerando o processo de instalação.

A barra para manuseio do *docking cart* é removível, permitindo sua desmontagem no momento do *setup* interno e testes, facilitando a movimentação dos operadores e acesso ao motor. A estrutura da caixa de conexões pode ser montada em ambos os lados do *docking cart*, tornando-o, assim, flexível para ser utilizado em diferentes layouts de salas-prova-motor, sem comprometer a usabilidade aos operadores. Na parte inferior, encontram-se chapas reservatórias para eventuais vazamentos de óleo ou demais fluidos.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 25 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

### 8.3 IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS TECNOLÓGICOS DO CONCEITO

Analisando o conceito inicialmente escolhido, avaliou-se que não existem riscos tecnológicos, pois as tecnologias e aprimorações que serão aplicadas são bem definidas e sólidas no mercado nacional e internacional. Dessa forma, não há a necessidade de execução de provas de conceito.

### 9 COMENTÁRIOS FINAIS

Foram apresentados, neste relatório, a seleção de conceitos para a construção do *docking cart* para testes dinamométricos. Acredita-se que a escolha do conceito e com suas respectivas adaptações foi a mais assertiva possível, considerando os recursos que estão à disposição e os requisitos do produto.

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 26 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## REFERÊNCIAS

FILHO, Afrânio et al. Desenvolvimento do Projeto Conceitual de Máquina para Fabricação de Pães de Queijo. 2000. UFSC.

ANDRADE, Filipe et al. **Projeto de Medidor para Botijões de Gás**. 2018. SENAI CIMATEC.

LUCERO, Adrián et al. **Projeto Conceitual de uma máquina de pequeno porte produtora de docinhos e/ou salgadinhos “Doce Máquina”**. 1999. UFSC.

BEAL, Valter. **Síntese Funcional**. 2017. SENAI CIMATEC.

BEAL, Valter. **Métodos de Geração de soluções**. 2017. SENAI CIMATEC.

SCUR, Alvaro et al. **Aplicação do Design for Assembly (DfA) no Desenvolvimento do Projeto Conceitual de um Dispositivo Funcional**. 2013. UFRGS.

SCUR, Alvaro. **Aplicação do Design for Assembly (DfA) no Desenvolvimento do Projeto Conceitual de um Dispositivo Funcional**. 2009. UFRGS.

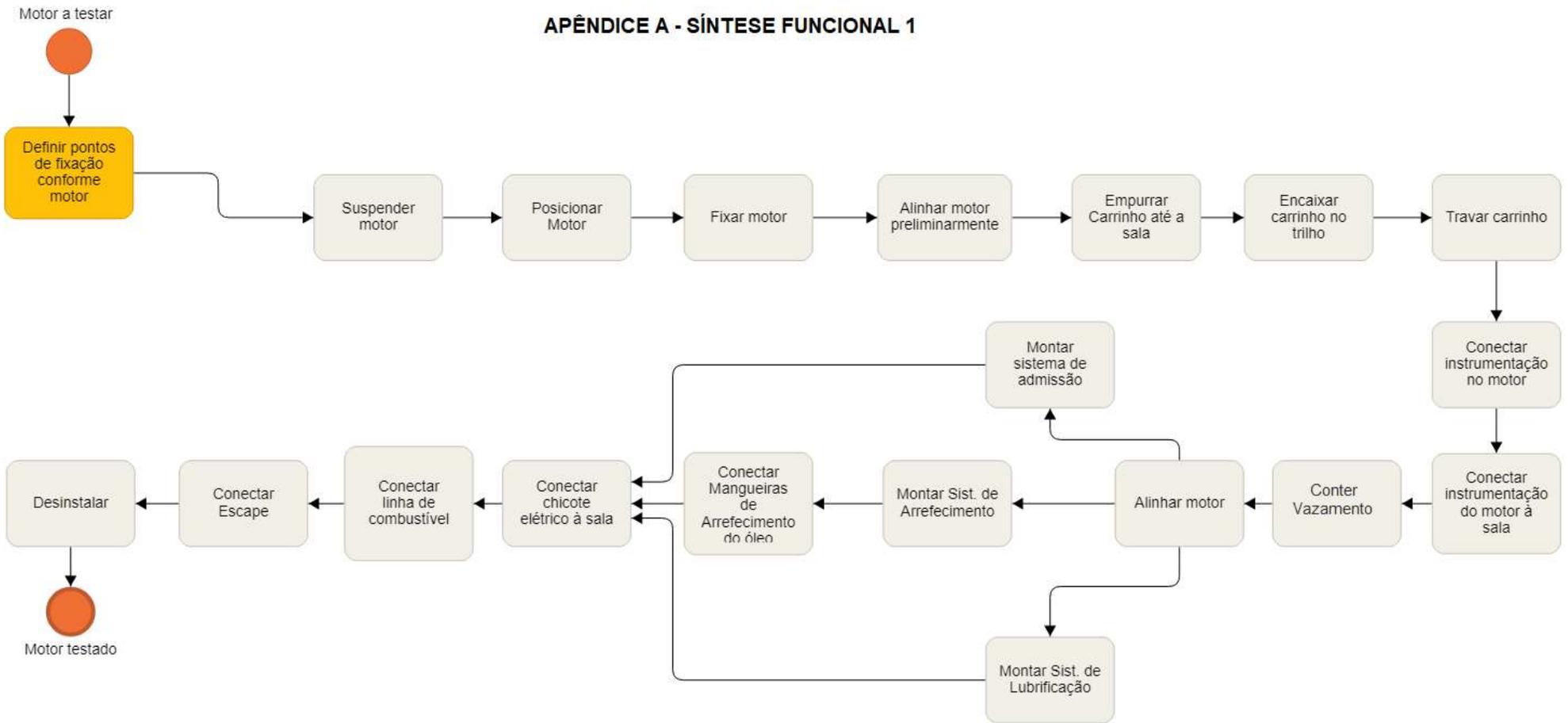
CHAN, V. SALUSTRI, A. **Design for Assembly**. Disponível em: <<http://deed.ryerson.ca/~fil/t/dfmdfa.html>>. Acesso em 11 de novembro 2018.

BARBOSA, Gustavo. **Aplicação da metodologia DFMA – Design for Manufacturing and Assembly no projeto e fabricação de aeronaves**. 2007. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2007.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 27 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## APÊNDICE A – SÍNTESE FUNCIONAL 1

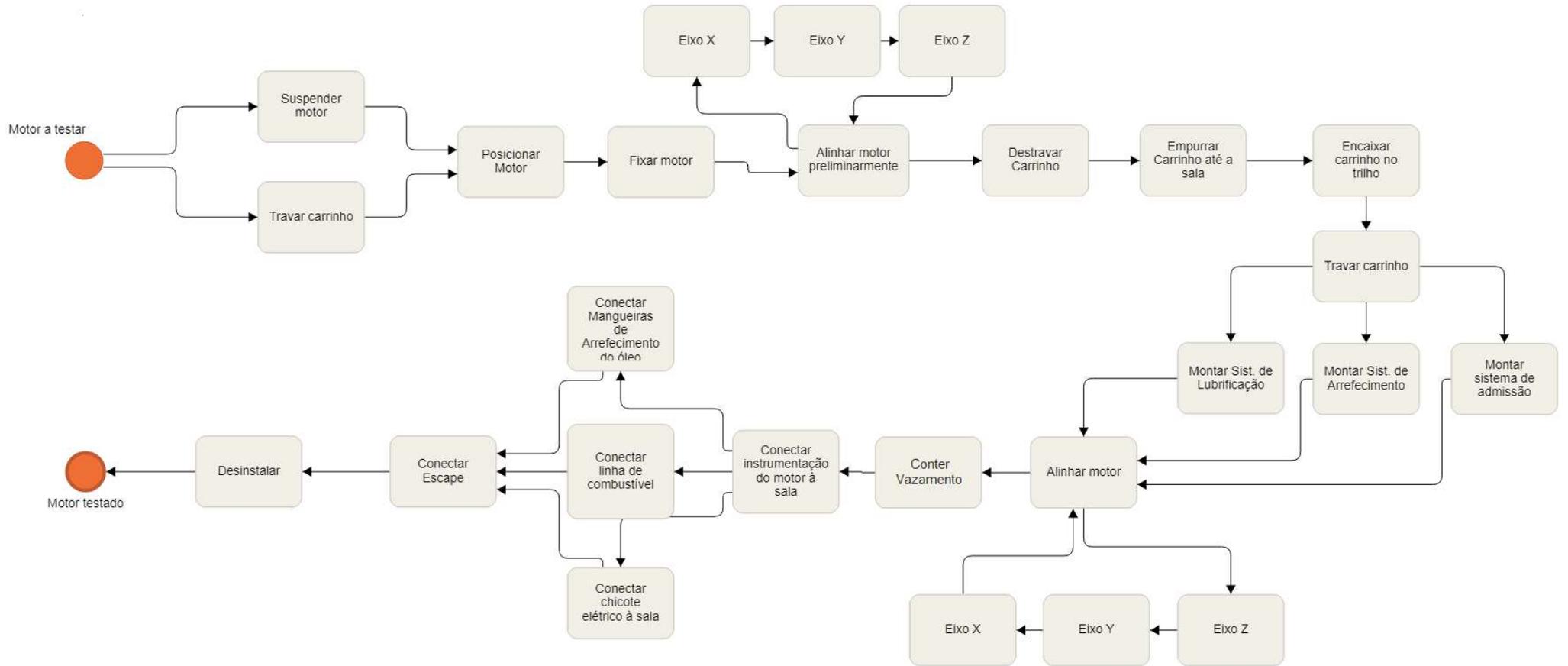
# APÊNDICE A - SÍNTESE FUNCIONAL 1



	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 28 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## APÊNDICE B – SÍNTESE FUNCIONAL 2

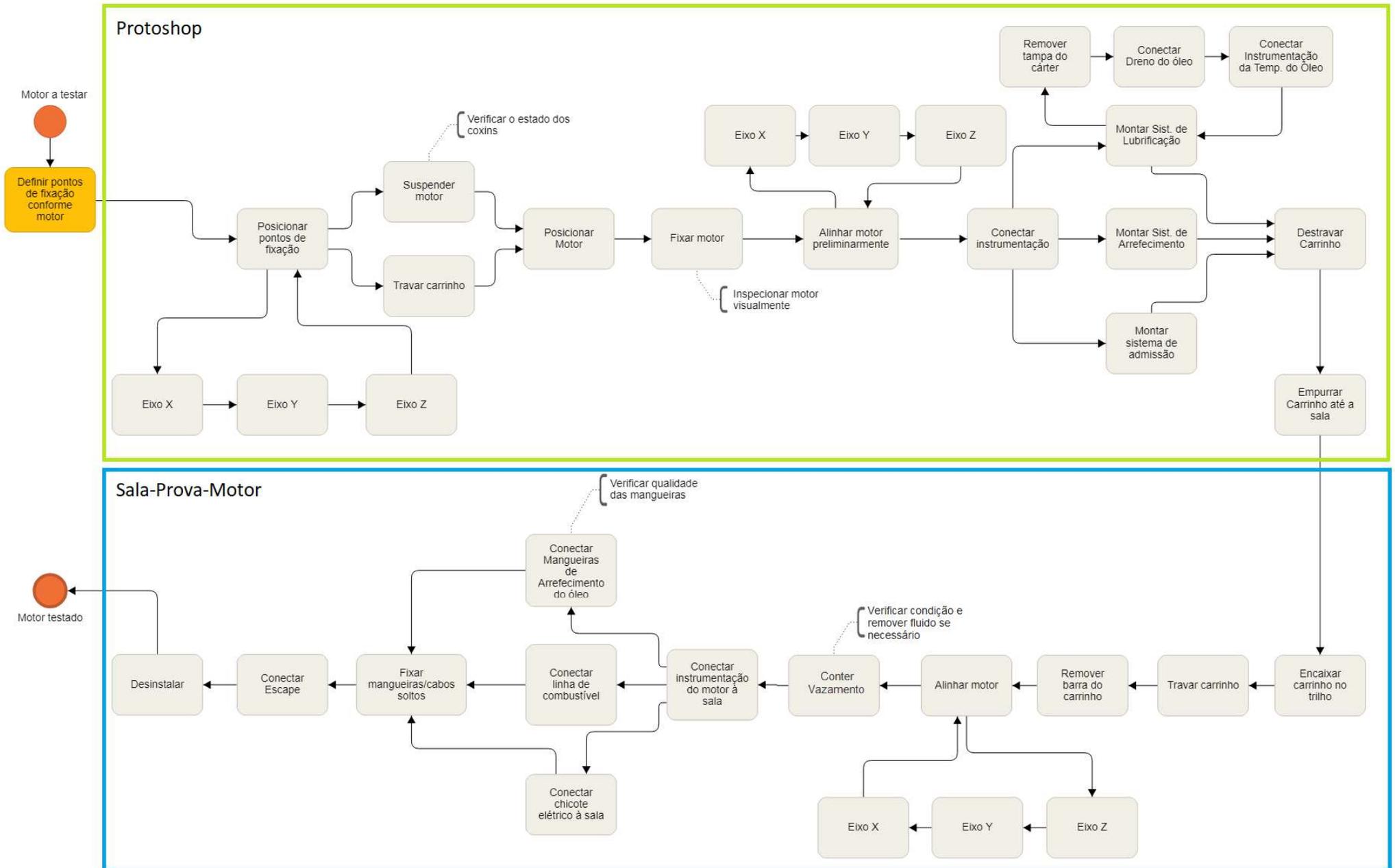
## APÊNDICE B - SÍNTESE FUNCIONAL 2



	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 29 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

### APÊNDICE C – SÍNTESE FUNCIONAL 3

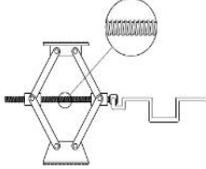
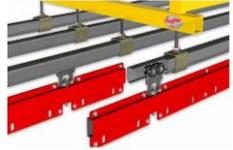
### APÊNDICE C - SÍNTESE FUNCIONAL 3



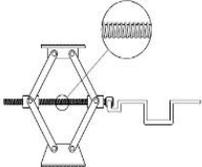
 Federação das Indústrias do Estado da Bahia	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 30 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## APÊNDICE D – MATRIZ MORFOLÓGICA

## APÊNDICE D – MATRIZ MORFOLÓGICA

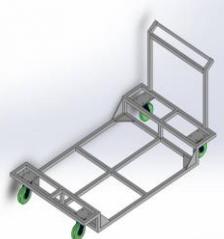
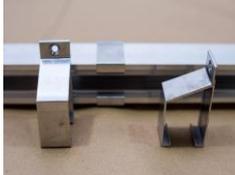
	Função		S1	S2	S3	S4	S5
	Posicionar pontos de fixação	Pré-sets	 <p>Chapa com furos conforme família</p>	 <p>Trilho com marcação</p>	 <p>Trilho com "régua"</p>		
		Eixo Z	 <p>Macaco com parafuso de potência</p>	 <p>Fuso com Rosca</p>	 <p>Trilho na vertical</p>	 <p>Macaco hidráulico</p>	 <p>Parafuso sem fim</p>
		Eixo X	 <p>Trilho horizontal</p>	 <p>Trilho movimentador horizontal</p>	 <p>Transporte de roletes</p>		

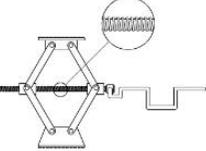
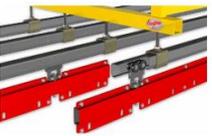
	Eixo Y					
		Trilho na transversal	Esteira			
Travar carrinho						
		Calço	Freio individual	Sem trava	Freio em comum com barra	
Posicionar motor						
			Sensor de posição + atuador			
Fixar motor						
		Abraçadeira	Fita Adesiva	Parafuso e arruela		

<p>Alinhar motor preliminarmente</p>	<p>Eixo Z</p>	 <p>Macaco com parafuso de potência</p>	 <p>Fuso com rosca</p>	 <p>Trilho na vertical</p>	 <p>Macaco hidráulico</p>	 <p>Parafuso sem fim</p>
	<p>Eixo X</p>	 <p>Trilho horizontal</p>	 <p>Trilho movimentador horizontal</p>	 <p>Transporte de roletes</p>		
	<p>Eixo Y</p>	 <p>Trilho na transversal</p>	 <p>Esteira</p>			
<p>Conectar instrumentação</p>	<p>Operação</p>		 <p>Braço robótico</p>			

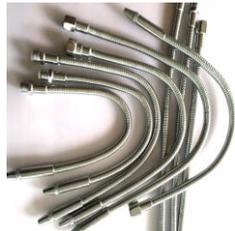
		Conexão	 Conector Tipo Macho e Fêmea	 Conector elétrico	 Conectores montáveis	 Cabos de compensação	 Conexão tipo USB
Montar sistema de arrefecimento		 Espigão e abraçadeira	 Encaixe de mangueira	 Conector Flange			
Montar sistema de lubrificação	Remover tampa do cárter	 Braço robótico	 Braço robótico				
	Conectar dreno de óleo	 Mangueira Dreno	 Mangueira Combustível				

		Conectar instrumentação da temperatura do óleo	 Pirômetro	 Termômetro sonda	 Termômetro Convencional	 Termopar	
Montar sistema de admissão		 Encaixe de mangueira	 Abraçadeira e mangueira	 Tubo de borracha	 Conexões de silicone	 Engate Rápido	
Destruvar carrinho		 	 				

<p>Empurrar carrinho até a sala</p>		 <p>Barras suspensas</p>	 <p>Barra inclinada</p>	 <p>Barra Horizontal Reta</p>	 <p>Barra com apoio central</p>	 <p>Barra Vertical</p>
<p>Encaixar carrinho no trilho</p>		 <p>Roldana</p>	 <p>Trilho guia com chaveta</p>			
<p>Travar carrinho</p>		 <p>Grampo rápido</p>	 <p>Trava bloqueio de barco</p>	 <p>Trava com clique</p>	 <p>Trava com grampo metálico</p>	 <p>Trava parafusada</p>

<p>Remover barra do carrinho</p>		 <p>Remoção Parafuso</p>	 <p>Não removível</p>	 <p>Barra por encaixe</p>		
<p>Alinhar motor</p>	<p>Eixo Z</p>	 <p>Macaco com parafuso de potência</p>	 <p>Fuso com rosca</p>	 <p>Trilho na vertical</p>	 <p>Macaco hidráulico</p>	 <p>Parafuso sem fim</p>
	<p>Eixo X</p>	 <p>Trilho horizontal</p>	 <p>Trilho movimentador horizontal</p>	 <p>Transporte de roletes</p>		
	<p>Eixo Y</p>	 <p>Trilho na</p>				

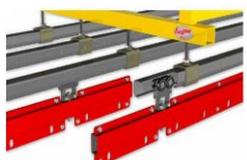
			transversal	Esteira					
Conter vazamento			Mangueiras direcionadoras		Bandeja metálica		Balde plástico		Caixa coletora
Conectar instrumentação do motor à sala			Diretamente à Boombox		Diretamente à Boombox com conexões na tampa		Painel pertencente ao carrinho		
Conectar mangueiras de arrefecimento do óleo			Abraçadeira		Engate rápido		Niple		Conexão reta macho
Conectar chicote elétrico à sala									

			Cabo ponta-prova	Chicote Pig Tail			
Conectar linha de combustível		 Engate rápido	 Espigão e abraçadeira	 Mangueira macho e fêmea			
Fixar mangueiras/cabos soltos		 Lacre	 Lacre químico	 Lacre adesivo	 Corda	 Presilha	
Conectar escape		 Flange por parafuso	 Solda				

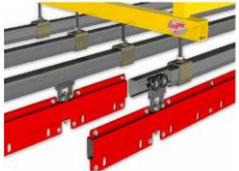
 Federação das Indústrias do Estado da Bahia	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO CONCEITUAL
	Título Doc.: RELATÓRIO CONCEITUAL	Folha: 31 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

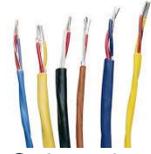
## APÊNDICE E – CONCEITO SELECIONADO

## APÊNDICE E – CONCEITO SELECIONADO

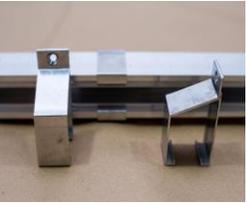
	Função		Proposta 1	Proposta 2	Proposta 3	Conceito Validado
F1.1	Posicionar pontos de fixação	Pré-sets	 <p>Chapa com furos conforme família</p>	 <p>Trilho com marcação</p>	 <p>Trilho com “régua”</p>	
F1.2		Eixo Z	 <p>Parafuso sem fim</p>	 <p>Fuso com Rosca</p>	 <p>Trilho na vertical</p>	
F1.3		Eixo X	 <p>Trilho horizontal</p>	 <p>Trilho movimentador horizontal</p>	 <p>Transporte de roletas</p>	

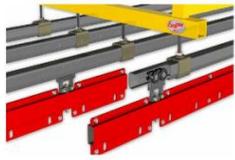
F1.4		Eixo Y	 <p>Trilho na transversal</p>	 <p>Esteira</p>		
F2	Travar carrinho		 <p>Freio em comum com barra</p>	 <p>Freio individual</p>	 <p>Sem trava</p>	
F3	Posicionar motor			 <p>Sensor de posição + atuador</p>		
F4	Fixar motor		 <p>Abraçadeira</p>	 <p>Fita Adesiva</p>	 <p>Parafuso e arruela</p>	

F5.1	Alinhar motor preliminarmente	Eixo Z	 <p>Parafuso sem fim</p>	 <p>Fuso com rosca</p>	 <p>Trilho na vertical</p>	
F5.2		Eixo X	 <p>Trilho horizontal</p>	 <p>Trilho movimentador horizontal</p>	 <p>Transporte de roletes</p>	
F5.3		Eixo Y	 <p>Trilho na transversal</p>	 <p>Esteira</p>		
F6.1	Conectar instrumentação	Operação		 <p>Braço robótico</p>		

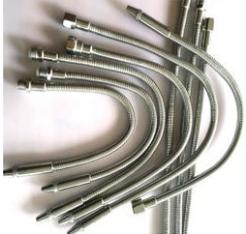
F6.2		Conexão	 <p>Conector Tipo Macho e Fêmea</p>	 <p>Conector elétrico</p>	 <p>Cabos de compensação</p>	
F7	Montar sistema de arrefecimento		 <p>Espigão e abraçadeira</p>	 <p>Encaixe de mangueira</p>	 <p>Conector Flange</p>	
F8.1	Montar sistema de lubrificação	Remover tampa do cárter		 <p>Braço robótico</p>		
F8.2		Conectar dreno de óleo	 <p>Mangueira dreno</p>	 <p>Mangueira Combustível</p>		

F8.3		Conectar instrumentação da temperatura do óleo	 Pirômetro	 Termômetro convencional	 Termopar	
F9	Montar sistema de admissão		 Engate Rápido	 Abraçadeira e mangueira	 Conexão de silicone	
F10	Destruvar carrinho					

F11	Empurrar carrinho até a sala		 <p>Barra com apoio central</p>	 <p>Barra inclinada</p>	 <p>Barras suspensas</p>	
F12	Encaixar carrinho no trilho		 <p>Roldana</p>	 <p>Trilho guia com chaveta</p>		
F13	Travar carrinho		 <p>Trava parafusada</p>	 <p>Trava com grampo metálico</p>	 <p>Trava com clique</p>	

F14	Remover barra do carrinho		 <p>Remoção Parafuso</p>	 <p>Não removível</p>	 <p>Barra por encaixe</p>	
F15	Alinhar motor	Eixo Z	 <p>Parafuso sem fim</p>	 <p>Fuso com rosca</p>	 <p>Trilho na vertical</p>	
F15.2		Eixo X	 <p>Trilho na horizontal</p>	 <p>Trilho movimentador horizontal</p>	 <p>Transporte de roletes</p>	
F15.3		Eixo Y	 <p>Trilho na transversal</p>	 <p>Esteira</p>		

F16	Conter vazamento		 <p>Bandeja metálica</p>	 <p>Balde plástico</p>	 <p>Caixa coletora</p>	
F17	Conectar instrumentação do motor à sala		 <p>Diretamente à Boombox</p>	 <p>Diretamente à Boombox com conexões na tampa</p>	 <p>Painél pertencente ao carrinho</p>	
F18	Conectar mangueiras de arrefecimento do óleo		 <p>Abraçadeira</p>	 <p>Engate rápido</p>	 <p>Niple</p>	
F19	Conectar chicote elétrico à sala		 <p>Cabo ponta-prova</p>	 <p>Chicote Pig Tail</p>		

F20	Conectar linha de combustível		 <p>Engate rápido</p>	 <p>Espigão e abraçadeira</p>	 <p>Mangueira macho e fêmea</p>	
F21	Fixar mangueiras/ca bos soltos		 <p>Lacre</p>	 <p>Lacre químico</p>	 <p>Presilha</p>	
F22	Conectar escape		 <p>Flange por parafuso</p>	 <p>Solda</p>		

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 1 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**RELATÓRIO BÁSICO:**  
**PROJETO DE UM *DOCKING CART* PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS**

**Salvador**  
**2019**

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 2 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## SUMÁRIO

<b>1 OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 SUBSISTEMAS E COMPONENTES .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 BASE .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 SUPORTE.....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 MOVIMENTAÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.4 ACESSÓRIOS .....</b>	<b>4</b>
<b>3 MODELAGEM 3D PRELIMINAR .....</b>	<b>4</b>
<b>4 PRÉ-SELEÇÃO DE MATERIAIS .....</b>	<b>7</b>
<b>4.1 ESTUDO DOS POSSÍVEIS MATERIAIS.....</b>	<b>7</b>
<b>4.2 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MATERIAIS .....</b>	<b>8</b>
<b>5 ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES .....</b>	<b>10</b>
<b>6 ANÁLISE DE VIABILIDADE .....</b>	<b>13</b>
<b>6.1 VIABILIDADE TÉCNICA .....</b>	<b>13</b>
<b>6.1.1 ANÁLISE ESTRUTURAL.....</b>	<b>13</b>
<b>6.1.2 ANÁLISE DOS REQUISITOS DE PRODUTO .....</b>	<b>17</b>
<b>6.2 VIABILIDADE FINANCEIRA .....</b>	<b>19</b>
<b>7 COMENTÁRIOS FINAIS .....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>22</b>
<b>ANEXO A – TABELA DE MATERIAIS .....</b>	<b>24</b>

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 3 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## 1 OBJETIVO

Este relatório da etapa básica objetiva apresentar os resultados obtidos durante o projeto preliminar do *docking cart*.

Aqui são apresentados os subsistemas, contidos no sistema *Docking Cart*, e seus componentes, pré-seleção de materiais, bem como as análises preliminares de viabilidade técnica e financeira.

## 2 SUBSISTEMAS E COMPONENTES

O *docking cart*, sistema em desenvolvimento, será dividido em 4 subsistemas, nos quais seus respectivos componentes e especificações fundamentam os passos necessários para o projeto final e fabricação do sistema. Dessa forma, tem-se os seguintes subsistemas e seus respectivos componentes abaixo.

### 2.1 BASE

Parte principal de sustentação e conexão entre os sistemas. Responsável por suportar as cargas e as distribuir pela estrutura. Seus componentes básicos são os seguintes:

- Viga perfil U;
- Chapa para guia;
- Viga quadrada;
- Chapa para suporte da bandeja de vazamento;
- Chaveta para o trilho;
- Parafuso de chaveta.

### 2.2 SUPORTE

Responsável por receber o motor e fixá-lo. Suportam os esforços do motor e distribuem as cargas trabalhando em conjunto com a estrutura de base. Responsável também por amenizar os efeitos das vibrações produzidas pelo motor, por meio dos coxins de fixação.

- Tubos para encaixe dos fusos;
- Base dos fusos;
- Fusos;

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 4 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

- Porcas;
- Calços;
- Parafusos M12, M10 e M20.

### 2.3 MOVIMENTAÇÃO

Engloba os componentes para deslocamento do carrinho, contemplando rodízios e estruturas utilizadas para empurrá-lo até o local desejado. O subsistema responsável pela movimentação faz, também, interação com a ação humana de mover o *docking cart*.

- Rodízio Giratório com freio;
- Barra de manuseio.

### 2.4 ACESSÓRIOS

Abrange a caixa de conexão dos sensores e os reservatórios de vazamentos.

- Caixa de conectores;
- Bandeja de vazamento.

## 3 MODELAGEM 3D PRELIMINAR

A modelagem do docking cart foi realizada através do software CAD *Solidworks* versão 2017.

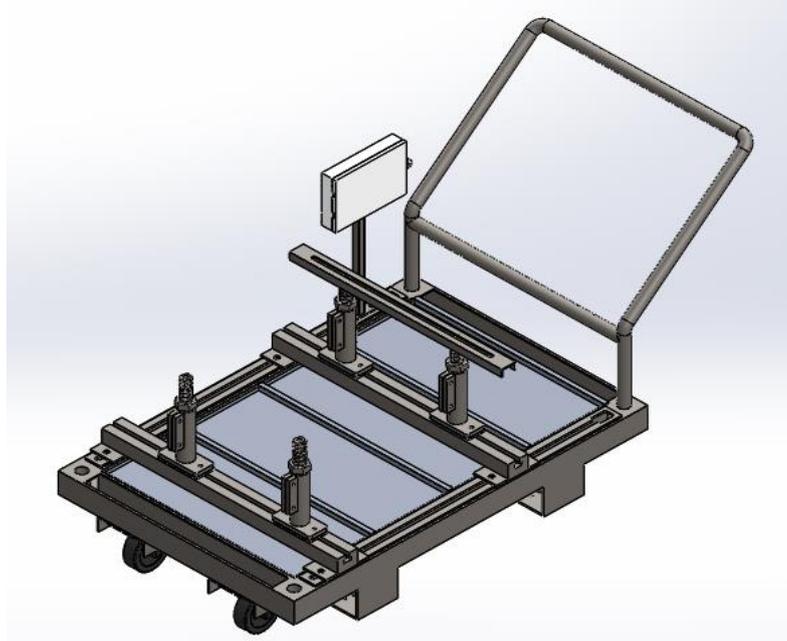
Para a modelagem do subsistema “Base” foi levado em consideração as dimensões das salas-prova-motor nas quais o docking cart será utilizado, principalmente as dimensões de distância entre trilhos, altura dos trilhos, largura e comprimento da base plate e dimensões dos motores.

Em seguida, modelando o subsistema de “Suporte”, levou-se em consideração a forma de fixação do motor no docking cart, estudando as peças que conectam o motor nos coxins e este conjunto nos suportes. Os trilhos nos dois eixos foram projetados para permitir maior flexibilidade, comportando diversas famílias de motores. O mesmo para os fusos rosqueados, que conferem liberdade no eixo vertical, possibilitando o correto posicionamento e alinhamento do eixo do motor.

Buscou-se simplificar as geometrias dos componentes, usando chapas e tubos, visando uma melhor manufaturabilidade e redução de custos de fabricação.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 5 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

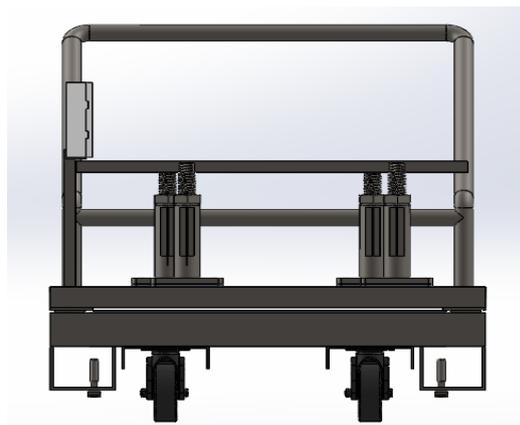
**Figura 3.1 - Perspectiva Isométrica**



**Fonte:** Autoria Própria

Como possível visualizar na imagem acima, a caixa projetada para a conexão dos sensores é montada no próprio trilho lateral e pode ser posta em qualquer um dos lados, facilitando assim em casos de salas-prova-motor que possuem a boom box na parede oposta ao comum. A barra de manuseio é removível e pode ser acoplada tanto na frente quanto no fundo do carrinho, facilitando o seu manuseio. Os fusos se movem livremente nos trilhos, tornando o *docking cart* adaptável às diversas famílias de motores atuais e futuras.

**Figura 3.2 - Vista frontal**

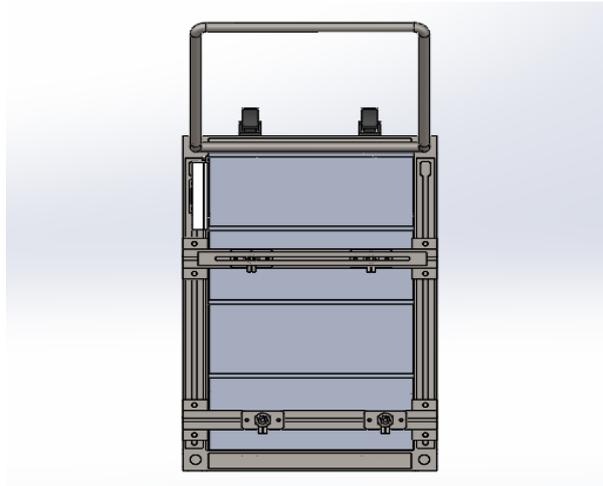


**Fonte:** Autoria Própria

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 6 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

Na imagem acima é possível identificar, ao lado dos rodízios, os pinos que percorrem os trilhos da *base plate* na sala-prova-motor, servindo como guia durante o posicionamento e fixação do *docking cart* na sala.

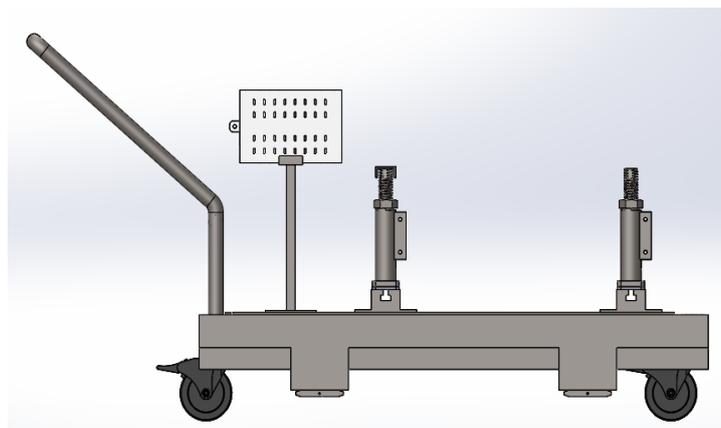
**Figura 3.3 - Vista superior**



**Fonte:** Autoria Própria

As quatro bandejas na parte mais inferior do *docking cart* (em tom cinza distinto da estrutura) servem para conter eventuais vazamentos durante a realização dos ensaios do motor e são facilmente removíveis, auxiliando na manutenção e limpeza.

**Figura 3.4 - Vista lateral esquerda**



**Fonte:** Autoria Própria

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 7 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

A altura do braço de movimentação foi definida com base na norma de ergonomia NR-17 e em outros produtos similares de movimentação, como carrinhos plataforma para transporte de carga e carrinhos carga armazém.

#### 4 PRÉ-SELEÇÃO DE MATERIAIS

Para a definição preliminar dos materiais a serem utilizados, foram identificados, inicialmente, quais já são aplicados em outros projetos de *docking cart*, e foram analisados também materiais de uso mais comum em aplicações da engenharia mecânica. Obteve-se nesta primeira etapa, para a estrutura, o aço SAE 1045, aço SAE 1020, ferro fundido e alumínio; já para a caixa de conectores obteve-se PVC, para o calço, nylon, e para as bandejas o aço inoxidável SAE 420. Em seguida, realizou-se um breve estudo dos materiais levantados e, por fim, foi feita uma comparação destes através do software CES Selector da Granta Design.

##### 4.1 ESTUDO DOS POSSÍVEIS MATERIAIS

A seleção de materiais é uma das etapas mais fundamentais de um projeto. A realização desta etapa envolve inúmeros fatores e, principalmente, a necessidade do conhecimento de diversas áreas da engenharia. De acordo BACK & FORCELLINI (1997), deve-se analisar as propriedades do material (físicas, mecânicas, elétricas, químicas, térmicas e nucleares) e diversos fatores (processo de fabricação, custo, disponibilidade presente e futura, tolerâncias e limitação de tamanho, meio ambiente, acabamento, reciclagem e descarte, e os acabamentos exigidos).

De acordo com a GGD Metais, o aço SAE 1045, que possui médio teor de carbono, tem uma boa relação entre resistência mecânica e resistência à fratura, e é geralmente usado para fabricação onde há necessidade de uma resistência mecânica maior que a dos aços convencionais. Os tratamentos térmicos (recozimento, normalização, têmpera e revenimento) têm variações bastante específicas, promovendo melhoria das propriedades. Já o SAE 1020 é muito comum para cementação e possui excelente relação custo benefício comparado com aços mais ligados para o mesmo propósito.

O ferro fundido é, geralmente, utilizado quando se deseja uma elevada resistência ao desgaste, bom amortecimento para vibrações, componentes com

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 8 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

grandes dimensões e quando a deformação plástica a frio é inadmissível (FILHO, s.d.).

De acordo com a Associação Brasileira do Alumínio, este material é um dos mais versáteis utilizados na engenharia, arquitetura e indústria em geral, devido a suas propriedades como peso específico de aproximadamente 35% do peso do aço; boa resistência à corrosão, não precisando de revestimento na maioria das aplicações; alta relação resistência/peso e pode ser transformado com facilidade, podendo ser laminado, extrudado, forjado e usinado sem grandes dificuldades.

Segundo a Favorit, o aço inoxidável SAE 420 possui boa resistência ao desgaste, ótima tenacidade e boa deformação, além disso é aplicado em peças que devem resistir à corrosão atmosférica, ácidos fracos e ácido nítrico com concentrações inferiores a 60%, sendo usados, por exemplo, em eixos e conexões para vapor e água e em engrenagens.

#### 4.2 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MATERIAIS

Utilizando a ferramenta CES Selector analisou-se as propriedades dos materiais obtidos no levantamento prévio. Comparou-se os aços SAE 1020 e 1045, ferro fundido nodular e cinzento e ligas de alumínio da série 2000, 3000, 5000, 6000 e 7000.

A tabela gerada encontra-se no anexo A. Foram utilizados como parâmetros para a escolha do material, principalmente, a resistência mecânica, preço e manufaturabilidade.

Para auxiliar a escolha, utilizou-se o conceito dos índices de mérito (IM). Segundo Ferrante (2000), esse índice é uma fórmula algébrica que expressa uma relação entre duas características ou propriedades do material. É representado por uma fração (figura 4.1), na qual o numerador é a propriedade que se deseja maximizar e o denominador a que se quer minimizar. Neste caso deseja-se que o *docking cart* tenha uma boa resistência à compressão e baixo peso, assim, tem-se os índices dos materiais já em ordem decrescente, conforme a tabela 4.1.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**Figura 4.1 – Índice de Mérito**

$$IM = \frac{\sigma}{\rho}$$

**Fonte:** Ferrante (2000)

**Tabela 4.1 – Índices de Mérito dos Materiais**

Material	Resistência (MPa)	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	IM
Alumínio 7000	335	2780	0,1205
Alumínio 5000	204	2685	0,0760
Aço 1045	560	7750	0,0723
Ferro Fundido Cinzento	350	7188	0,0487
Alumínio 2000	130	2720	0,0478
Aço 1020	320	7850	0,0408
Ferro Fundido Nodular	250	7475	0,0334

**Fonte:** Autoria própria

Após essa análise com base na densidade e resistência à compressão, outras características e propriedades foram verificadas para aprofundar e aprimorar a decisão.

Apesar dos alumínio possuírem densidade aproximadamente 2,9 vezes menor que os aços analisados, esses, com exceção do alumínio da série 7000, possuem resistência mecânica muito abaixo da resistência dos aços, o que resultaria numa área de secção transversal muito superior. Além disso o custo médio deste material é 3,6 vezes maior que o custo dos aços.

O custo dos ferros fundidos encontrados é aproximadamente 1,7 vez menor do que os aços carbono e possuem densidade próxima a dos aços, mas as propriedades mecânicas não são tão boas quanto o aço 1045. Além disso, os parâmetros de manufaturabilidade, como visto na secção “Processing Properties” da tabela em

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3	
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 10 de 24	
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros		

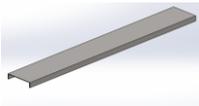
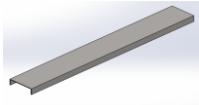
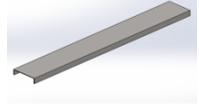
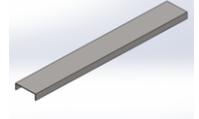
anexo, mostram que este material não é recomendado para processos de conformação, e o ferro fundido cinzento, em específico, tem baixa soldabilidade.

Optou-se por utilizar, portanto, para a estrutura e principais componentes, os aços SAE 1045.

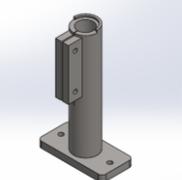
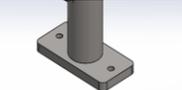
## 5 ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES

Definidos os materiais e realizada a modelagem 3D, especificou-se os componentes de cada subsistema com seus respectivos materiais, quantidades e dimensões, tanto os componentes a serem fabricados, quanto os de catálogo. Este compilado segue abaixo na tabela 5.1.

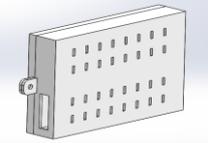
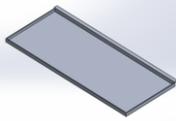
**Tabela 5.1 – Especificação dos Componentes**

Base				
Componente	Quantidade	Material	Dimensões Básicas	3D
Viga perfil U	2	Aço 1045	90 x 90 x 1500 mm e= 5mm	
Viga perfil U	2	Aço 1045	90 x 90 x 1000 mm e= 5mm	
Viga perfil U	2	Aço 1045	200 x 60 x 1500 mm e= 5mm	
Chapa para guia	2	Aço 1045	70 x 1480 mm e= 11,6 mm	
Vigas quadradas	2	Aço 1045	265 x 81 x 820 mm	
Viga perfil U	2	Aço 1045	150 x 116 x 170 mm e= 5mm	

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3	
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 11 de 24	
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros		

Chaveta para o trilho	4	Aço 1045	140 x 29 mm e = 18mm	
Parafuso de chaveta	4	Aço 1045	100 x 18 mm	
<b>Suportes</b>				
<b>Componente</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensões Básicas</b>	<b>3D</b>
Tubo para encaixe dos fusos	3	Aço 1045	$\varnothing_e = 40$ mm $\varnothing_i = 33,4$ mm C = 270 mm	
Base dos tubos	3	Aço 1045	165 x 80 mm	
Fusos	3	Aço 1045	d = 40mm p = 7,45 mm c = 365 mm;	
Porcas	3	Aço 1045	d= 33,4 mm 60 mm;	
Calço	3	Nylon	165 x 80 x 8 mm	
Parafuso M12 Allen	8	Aço carbono	Comp. 45 mm	Sem imagem.
Parafusos M10 Allen	8	Aço carbono	Comp. 60 mm	Sem imagem.
Parafusos	10	Aço carbono	Comp. 45 mm	Sem imagem.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

M20 Allen				
<b>Movimentação</b>				
<b>Componente</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensões</b>	<b>3D</b>
Rodízio Giratório	2	Poliuretano termoplástico ou nylon técnico	196 mm altura Ø 152,4 mm x 50,8 mm	
Rodízio Fixo	2	Poliuretano e aço inoxidável	196 mm altura Ø 152,4 mm x 50,8 mm	
Barra de manuseio	1	Aço 1045	900 mm x 500 mm Ø = 43 mm	
<b>Acessórios</b>				
<b>Componente</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensões</b>	<b>3D</b>
Caixa de conectores	1	PVC Rígido	200 x 300 x 50 mm	
Bandeja de vazamento	4	Aço Inoxidável	810 x 345 x 4 mm	

**Fonte:** Autoria própria

Dentre os componentes listados na tabela acima, os seguintes serão obtidos comercialmente, especificados conforme as necessidades do projeto na etapa de projeto detalhado.

- Rodízios;
- Parafusos, porcas e arruelas;
- Tomada para sensores.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 13 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## 6 ANÁLISE DE VIABILIDADE

### 6.1 VIABILIDADE TÉCNICA

#### 6.1.1 ANÁLISE ESTRUTURAL

Para a verificação da viabilidade técnica, foi feita uma análise estrutural do *docking cart* submetido aos esforços provenientes da operação do motor durante os testes. Para dar início a análise estrutural, levou-se em consideração o material que foi estabelecido na etapa de seleção de materiais. Além disso, alguns parâmetros foram utilizados como inputs da simulação, tais como: massa do motor (figura 6.4), que foi modelada como um ponto de massa de 167kg no centro de gravidade, modo de fixação do carrinho na base e a forma com que o motor é apoiado no carrinho. Considerou-se também o torque do motor, pois se o mesmo sofrer uma parada brusca durante o teste, pode-se ter um elevado efeito do torque na estrutura.

Para a análise estática estrutural utilizou-se o Ansys Workbench versão R18.1. Nas figuras 6.1, 6.2 e 6.3 tem-se, respectivamente, uma visualização da estrutura e sua malha, as faces (em azul) nas quais se aplicou o apoio fixo, e as faces usadas de referência (em vermelho) para aplicação do ponto de massa.

As propriedades do material Aço SAE 1045 associadas ao software de simulação utilizado encontram-se na tabela abaixo.

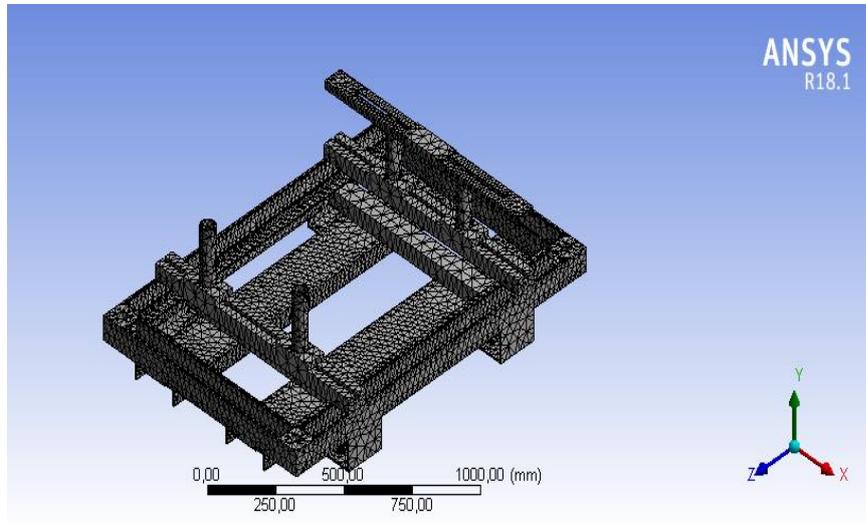
**Tabela 6.1** – Propriedades do Aço SAE 1045

Propriedade	Valor	Unidade
Módulo Elástico	205	GPa
Coeficiente de Poisson	0,29	N/A
Módulo de Cisalhamento	80	GPa
Massa Específica	7850	Kg/m <sup>3</sup>
Resistência a Tração	625	MPa
Limite de escoamento	530	MPa
Coeficiente de Expansão Térmica	1,15e-005	/K
Condutividade térmica	49,8	W(m.K)

**Fonte:** Autoria própria

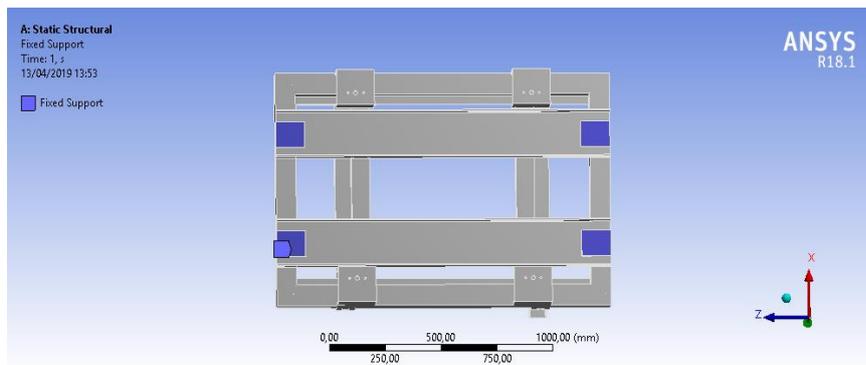
	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 14 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**Figura 6.1 - Vista isométrica da estrutura e sua malha**



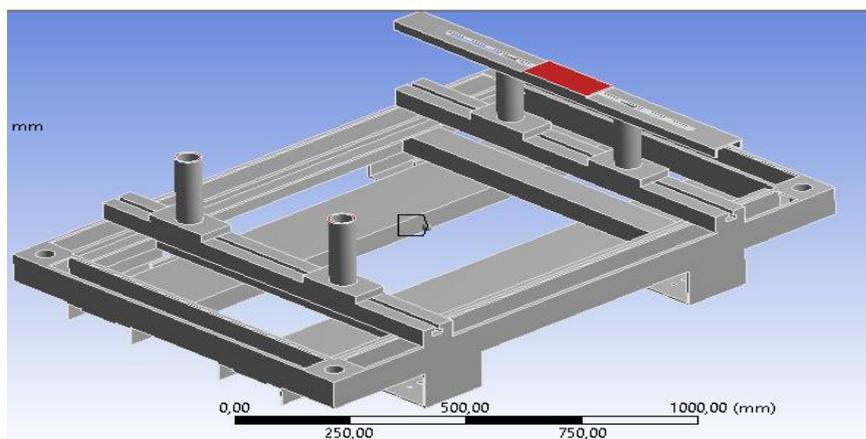
**Fonte:** Autoria própria

**Figura 6.2 - Faces de aplicação do apoio fixo**



**Fonte:** Autoria Própria

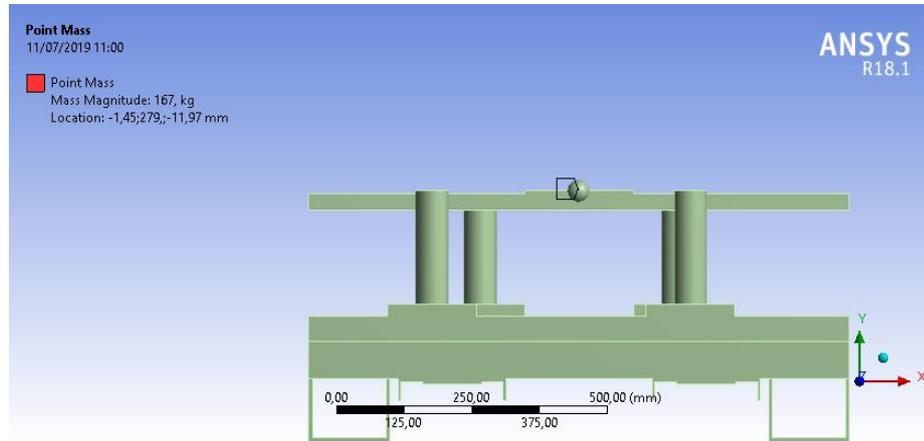
**Figura 6.3 - Faces de referência da aplicação do ponto de massa**



**Fonte:** Autoria Própria

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.:	RELATÓRIO BÁSICO	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

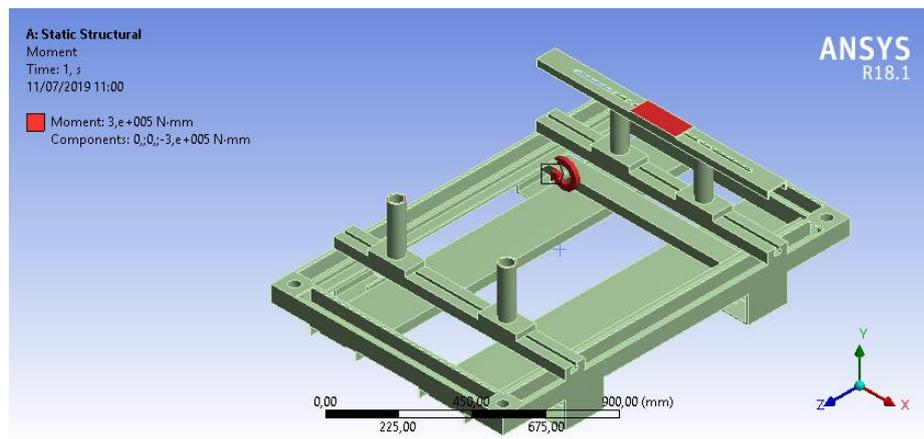
**Figura 6.4 - Ponto de massa**



**Fonte:** Autoria Própria

O momento adotado foi definido através das especificações dos motores. Considerou-se o maior torque disponível na gama de motores que o *docking cart* deve suportar, sendo este de 245 Nm, segundo a Revista Quatro Rodas (2018). A figura abaixo mostra este aplicado na estrutura.

**Figura 6.5 – Momento do motor**

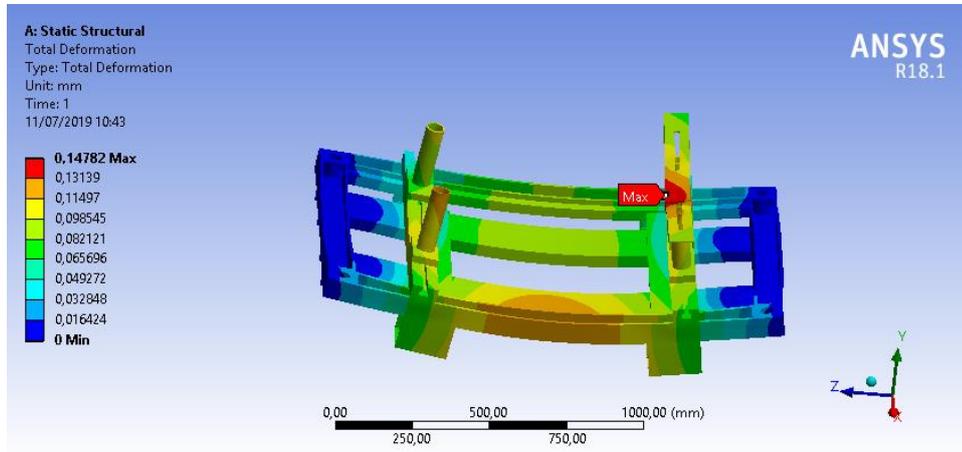


**Fonte:** Autoria Própria

Os resultados da análise estrutural de deformação total, tensão e força de reação encontram-se nas figuras 6.6, 6.7 e 6.8, respectivamente.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 16 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

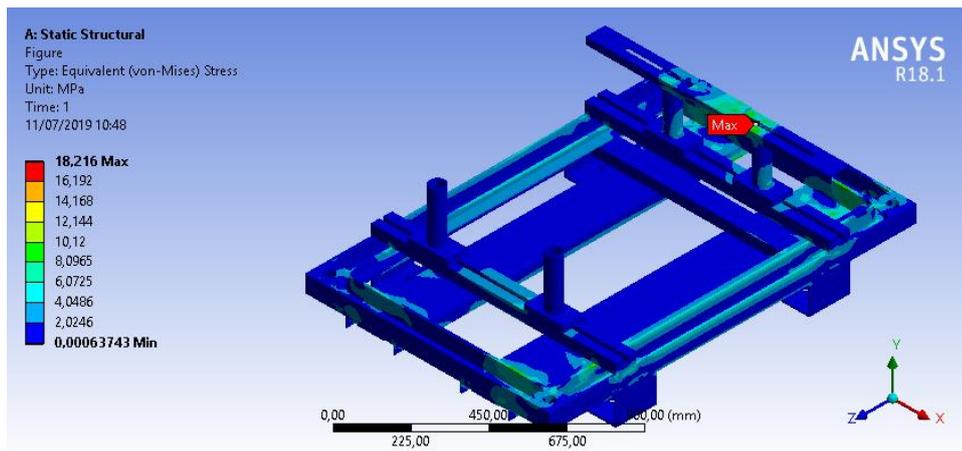
**Figura 6.6 - Deformação total**



**Fonte:** Autoria Própria

A escala, obtida automaticamente, na figura acima é de  $9,6e+002$ .

**Figura 6.7 - Tensão Von Mises**

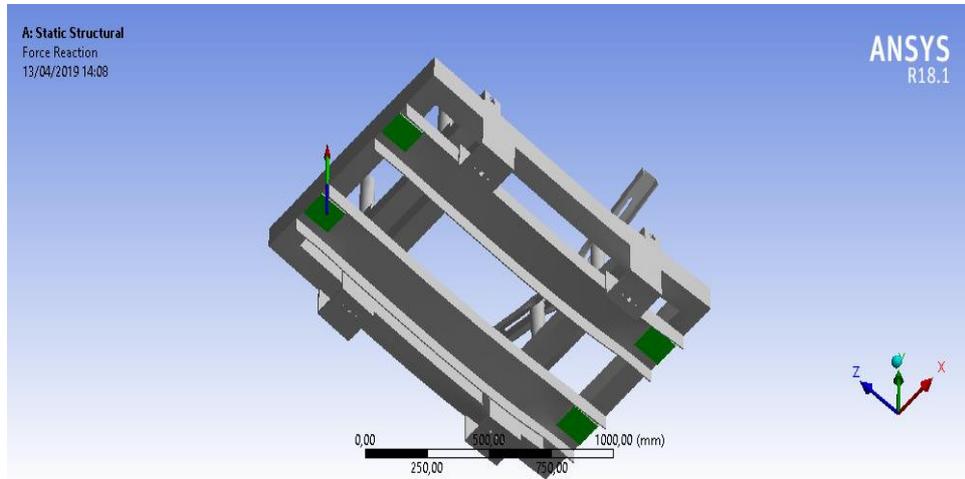


**Fonte:** Autoria Própria

A escala, obtida automaticamente, na figura acima é de  $9,6e+002$ .

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 17 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**Figura 6.8 - Força de reação**



**Fonte:** Autoria Própria

A escala, obtida automaticamente, na figura acima é de  $5,9e2$ .

Conforme os resultados obtidos pela análise estrutural preliminar, o *docking cart*, sofrerá, devido aos esforços aplicados, uma deformação máxima de 0,147 mm, dentro do aceitável, e uma tensão máxima equivalente de 18,22 Mpa, abaixo da tensão admissível, que é de aproximadamente 177 Mpa, pois considerou-se um fator de segurança de projeto 3.

Ao analisar a tensão máxima obtida, observa-se que a estrutura está superdimensionada, sendo assim, serão feitos ajustes dimensionais para a próxima etapa, otimizando a estrutura e reduzindo a massa.

### 6.1.2 ANÁLISE DOS REQUISITOS DE PRODUTO

Analisando a solução desenvolvida até esta etapa e comparando com os requisitos definidos e priorizados na etapa informacional, verifica-se que o projeto, até então, atende os requisitos abaixo (conforme ordenado na Tabela 10.1 do relatório informacional).

- Tempo de Setup interno: com o uso da caixa para conectores e tomada poderá se reduzir de 30 minutos a etapa de termopares para aproximados 15 segundos. Já o tempo médio de alinhamento será reduzido, aproximadamente, pela metade devido à facilidade no ajuste proporcionado pelos fusos e trilhos, o calço de nylon auxilia no

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 18 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

deslizamento dos suportes sobre os trilhos, aumentando a velocidade e facilidade de ajuste.

- O número de operações internas será reduzido, visto que os 16 termopares tipo K e os 4 sensores PT100 poderão, com o novo *docking cart*, ser instalados externamente e conectados à caixa, restando ao setup interno apenas uma operação desta etapa (conexão da caixa com a sala-prova-motor com uso da tomada).
- Adaptável a diferentes motores: o projeto do *docking cart* atende este requisito pelas suas dimensões superiores ao projeto anterior e pela forma de alinhamento dos motores que é ajustável em todos os eixos. Diferente do projeto anterior do cliente que utilizava chapas calibradas para o ajuste vertical.
- Custo de fabricação: será visto no tópico 6.2 deste relatório que, conforme análise de custos preliminar e de economia de tempo, o uso de 25 novos *docking carts* (como estipulado pelo cliente) terá um *payback* de aproximadamente 2 anos. Sendo vantajoso em relação ao custo de sala parada uma vez que o produto terá vida útil de 15 anos.
- Distância do periférico ao conector na SPM: a solução concebida para isso foi permitir a montagem da caixa de sensores em qualquer trilho lateral do *docking cart*, otimizando o uso de cabos.
- O ajuste de posicionamento é permitido verticalmente com uso dos fusos, como já citado anteriormente.
- Compatibilidade com as dimensões das SPM: esse requisito foi atendido, visto que as dimensões do produto (comprimento de 2000 mm e largura de 940mm) o mantiveram conforme a *base plate* e trilhos de ambos os layouts de salas do cliente (figuras 4.6 e 4.7 do Relatório Informacional).

O projeto, no entanto, não atende aos requisitos 3, 7 e 10 encontrados na tabela 10.1 do relatório informacional.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 19 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

Quanto ao requisito 3, “Número de dispositivos de instrumentação no *docking cart*”, o cliente optou, posteriormente, por não implementar instrumentação exclusiva para cada um dos 25 carrinhos, pois isto aumentaria o custo demasiadamente. O tempo de setup interno que seria economizado é compensado, no entanto, com o uso da caixa de conexões dos sensores.

Quanto ao requisito 7, “Conexões Poka-Yoke”, aplicou-se a técnica para os sensores termopares e PT100, mas não se alterou as conexões dos sensores de pressão, pois não seria vantajoso para o projeto, visto que a alteração da forma de conexão implicaria em prejuízo na aquisição de dados. As conexões das mangueiras para as quais se concebeu engates rápidos nas etapas informacional e conceitual, já foram alteradas ao longo do projeto pelo próprio cliente.

O requisito número 10, o de menor prioridade dentre os 10 superiores, que estipula uma massa total máxima de 200kg, não foi atingido para que fosse possível atender aos requisitos de maior relevância (como tempo de setup e adaptação aos diferentes motores). Ainda assim, para a etapa detalhada o projeto receberá nova análise visando redução de dimensões, e espera-se chegar mais próximo ao definido em requisito.

## 6.2 VIABILIDADE FINANCEIRA

Para realizar a análise de viabilidade financeira preliminar, utilizou-se o método do cálculo de *payback* simples. Para isso, foi analisado o custo total da matéria-prima que será utilizada na fabricação com base nos preços de mercado por quilograma e na massa de cada material usado. Essa quantidade é obtida diretamente na modelagem realizada com software SolidWorks 2017.

Para se obter os custos médios dos materiais, utilizou-se o software CES Selector da Granta Design, que fornece o preço do material por quilograma com base nos fornecedores do país definido e moeda local, e se pesquisou os preços em fornecedores diretamente.

A tabela abaixo compila os preços médios e a massa de cada material.

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**Tabela 6.2 – Custo por material**

Material	Preço	Quantidade	Preço/material
Aço 1045	R\$11,00/kg	252kg	R\$2772,00
Aço Inoxidável	R\$71,40/kg	13kg	R\$928,20
PVC Rígido	R\$28,80/kg	2	R\$57,60
Total:			R\$3757,80

**Fonte:** Autoria Própria

Além disso, tem-se os custos dos componentes de prateleira, estes encontram-se na tabela abaixo.

**Tabela 6.3 – Custo por componente**

Componente	Quantidade	Preço/unidade	Preço total
Parafuso M10x60	10	R\$4,00	R\$40,00
Parafuso M12x45	8	R\$6,00	R\$48,00
Parafuso M20 x 90	10	R\$3,50	R\$35,00
Tomada	1	R\$400,00	R\$400,00
Calço de Nylon	4	R\$10,00	R\$40,00
Rodízio Giratório c/ freio	4	R\$230,00	R\$920
Total:			R\$1483,00

**Fonte:** Autoria Própria

Sendo assim, o custo total estimado de materiais e componentes de catálogo obtido é de R\$5240,80.

Visto que o cliente realiza em média 38 trocas de motor por mês e cada troca dura cerca de duas horas de alinhamento e 3 horas e 40 minutos para as demais atividades, tem-se um tempo total mensal destas operações de 12.920 minutos. Com o custo de R\$123,00 por hora parada, o custo mensal atrelado é de R\$26.486,00.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 21 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

A redução de tempo estipulada em 90 minutos, em cada uma das 38 trocas, traria uma economia de 3.420 minutos, ou 57 horas, o que equivale a R\$7.011,00 por mês. Com um custo total dos 25 carrinhos, em uma análise preliminar, de R\$131.020,00, o *payback* simples obtido é de 19 meses.

Como cada *docking cart* terá uma durabilidade de 15 anos, o projeto é viável financeiramente. Ressalta-se que uma análise de custos com base em orçamentos de empresas fabricantes será realizada na próxima etapa do projeto para uma melhor análise.

## 7 COMENTÁRIOS FINAIS

Revedo o QFD (*Quality Function Deployment* – Desdobramento da Função Qualidade) realizado na etapa informacional, pode-se perceber que os requisitos prioritários encontrados no relatório informacional foram, em sua maioria, atendidos na construção e simulação do carrinho. Essas demandas ainda poderão ser posteriormente vistas de forma mais contundente no projeto detalhado.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 22 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## REFERÊNCIAS

Northtec. **Carrinho Carga Armazém.** Disponível em: <<http://www.northtec.com.br/carrinho-carga-armazem>> Acesso em 13 jan. 2019

Northtec. **Carrinho Plataforma.** Disponível em: <<http://www.northtec.com.br/carrinho-plataforma-transporte-carga>> Acesso em 13 jan. 2019

Associação Brasileira do Alumínio. **Características Químicas e Físicas.** Disponível em: <<http://abal.org.br/aluminio/caracteristicas-quimicas-e-fisicas/>>. Acesso em 18 mai. 2019

Associação Brasileira do Alumínio. **Vantagens do Alumínio.** Disponível em: <<http://abal.org.br/aluminio/vantagens-do-aluminio/>> Acesso em 18 mai. 2019

GGD Metals. **SAE 1020.** Disponível em: <<https://ggdmetals.com.br/produto/sae-1020/>> Acesso em 18 mai. 2019

GGD Metals. **SAE 1040.** Disponível em: <<https://ggdmetals.com.br/produto/sae-1045/>> Acesso em 18 mai. 2019

Favorit. **Aços Inoxidáveis.** Disponível em: <[http://www.favorit.com.br/sites/default/files/tabelas/acos\\_inoxidaveis\\_0.html](http://www.favorit.com.br/sites/default/files/tabelas/acos_inoxidaveis_0.html)>. Acesso em 21 mai. 2019

**NR 17 – Ergonomia.** Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR17.pdf>>. Acesso em 10 dez. 2018

BACK, N., FORCELLINI, F. A. **Projeto para manufatura.** Florianópolis: Departamento de Engenharia Mecânica, UFSC, 1997, apostila de aula (não publicado)

CARBÓ, Héctor Mario. **Aços inoxidáveis: aplicações e especificações.** São Paulo, SP: ArcelorMittal Inox Brasil, 2008.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 23 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

FILHO, W. W. B. **Ferros Fundidos**. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Materiais. Apostila. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3629494/mod\\_resource/content/1/Aula%208-%20Ferros%20Fundidos.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3629494/mod_resource/content/1/Aula%208-%20Ferros%20Fundidos.pdf)>. Acesso em: 20 mai. 2019.

FERRANTE, Maurizio. **Seleção dos Materiais de Construção Mecânica: Estratégias e Metodologia Básica**. 2000. Disponível em: <[http://www.spectru.com.br/sel\\_mat\\_con\\_mec.html](http://www.spectru.com.br/sel_mat_con_mec.html)>. Acesso em: 20 mai. 2019

RIBEIRO, Rodrigo. **Fiat Toro 2.4 Volcano é luxuosa, mas peca em um detalhe**. 2018. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/testes/fiat-toro-2-4-volcano-e-luxuosa-mas-peca-em-um-detalhe/>>. Acesso em 03 jul. 2019.

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO BÁSICO_V3
	Título Doc.: RELATÓRIO BÁSICO	Folha: 24 de 24
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## ANEXO A – TABELA DE MATERIAIS

# ANEXO A – TABELA DE MATERIAIS

**Summary**

[Stage Details](#)

## 1. Selection data

Database	Basic Edition
Table	MaterialUniverse
Subset	Metals
Reference	 Stainless steel, martensitic, AISI 410, intermediate temper

## 2. Selection criteria (summary)

Stage	Attribute	Constraints
-------	-----------	-------------

## 3. Selection results

Records passing: All Stages 1861 of 1861

Ranked by: Alphabetically

Ranked order: Low to high

Rank	Material
1	 2024, T3 aluminum/aramid fiber, UD composite, 0° lamina
2	 2024, T3 aluminum/aramid fiber, UD composite, 90° lamina
3	 7075, T761 aluminum/aramid fiber, UD composite, 0° lamina
4	 7075, T761 aluminum/aramid fiber, UD composite, 90° lamina
5	 Air melted magnetic iron
6	 Al(2009)-15%SiC(w) MMC powder
7	 Al(2009)-20%SiC(p) MMC powder
8	 Al(2024)-30%SiC(p) MMC powder
9	 Al(2124)-15%SiC(w) MMC powder
10	 Al(2124)-20%SiC(p) MMC powder

[Change number of records to display...](#)

[Stage Details](#)

## Selection Report

### 4. Comparison table

Change relative to reference\* >10%

	*Stainless steel, martensitic, AISI 410, intermediate temper	Stainless steel, martensitic, AISI 410, annealed	Carbon steel, AISI 1020, annealed	Carbon steel, AISI 1020, as rolled	Carbon steel, AISI 1020, normalized	Cast iron, austenitic (nodular), EN GJSA XNiCr20 2	Cast iron, austenitic (nodular), EN GJSA XNiCr35 3	Cast iron, gray, flake graphite, EN GJL 300	Cast iron, gray, flake graphite, EN GJL 200	Aluminum, 2010, T4	Aluminum, 3004, O	Aluminum, 5052, H36	Aluminum, 6061, T6	Aluminum, 7020, T6
General information														
Condition	Intermediate temper; cold or hot finished	Annealed; cold or hot finished	Annealed	As rolled	Normalized					T4 (Solution heat-treated and naturally aged to a substantially stable condition)	O (Annealed)	H36 (Strain-hardened and stabilized)	T6 (Solution heat-treated and artificially aged)	T6 (Solution heat-treated and artificially aged)
UNS number	S41000	S41000	G10200	G10200	G10200	F43000	F43007	F13101	F12101	A92010	A93004	A95052	A96061	A97020
US name	ASTM WP410, ASTM S41050, ASTM S41008, ASTM S41000, ASTM MT410, ASTM F6a Class 4, ASTM F6a Class 3, ASTM F6a Class 2, ASTM F6a Class 1, ASTM 1045, -ASTM S41623, -ASTM S41603	ASTM WP410, ASTM S41050, ASTM S41008, ASTM S41000, ASTM MT410, ASTM F6a Class 4, ASTM F6a Class 3, ASTM F6a Class 2, ASTM F6a Class 1, ASTM 1045, -ASTM S41623, -ASTM S41603	ASTM MT1020, ASTM M1020, ASTM 1020, ASME G10200, ASME G10170, ASME 1017, -SAE 040 X, Y, Z, -SAE 035S, -SAE 035C, -SAE 035B, -SAE 035A, -SAE 035 X, Y, Z, -ASTM A836, -ASTM 1018 Class A, -ASME G10210, -ASME G10180, -ASME 1021	ASTM MT1020, ASTM M1020, ASTM 1020, ASME G10200, ASME G10170, ASME 1017, -SAE 040 X, Y, Z, -SAE 035S, -SAE 035C, -SAE 035B, -SAE 035A, -SAE 035 X, Y, Z, -ASTM A836, -ASTM 1018 Class A, -ASME G10210, -ASME G10180, -ASME 1021	ASTM MT1020, ASTM M1020, ASTM 1020, ASME G10200, ASME G10170, ASME 1017, -SAE 040 X, Y, Z, -SAE 035S, -SAE 035C, -SAE 035B, -SAE 035A, -SAE 035 X, Y, Z, -ASTM A836, -ASTM 1018 Class A, -ASME G10210, -ASME G10180, -ASME 1021	D2 to ASTM A439	D5B to ASTM A439							
EN name	-X12Cr13	-X12Cr13	S240GP, -P355NB, -P310NB, -HS15	S240GP, -P355NB, -P310NB, -HS15	S240GP, -P355NB, -P310NB, -HS15					EN AW-2010	EN AW-3004	EN AW-5052 (EN AW-Al Mg2,5)	EN AW-6061 (EN AW-Al Mg1SiCu)	EN AW-7020 (EN AW-Al Zn4,5Mg1)
EN number	~1.4006	~1.4006	~1.0021	~1.0021	~1.0021							3.3523	3.3211	3.4335
ISO name	-X12Cr13	-X12Cr13	-E235 Quality A, -CE20E4, -CC21A	-E235 Quality A, -CE20E4, -CC21A	-E235 Quality A, -CE20E4, -CC21A						Al Mn1Mg1			
GB (Chinese) name	1Cr13, 1Cr12, 0Cr13	1Cr13, 1Cr12, 0Cr13	-ML20Al, -ML18Mn	-ML20Al, -ML18Mn	-ML20Al, -ML18Mn									
JIS (Japanese) name	SUSF410D, SUSF410C, SUSF410B, SUSF410A, SUS410L, SUS410F2, SUS410	SUSF410D, SUSF410C, SUSF410B, SUSF410A, SUS410L, SUS410F2, SUS410	SWRM 20, SWRCH20A, SG 255, -SWRCH18A, -STKM12C, -STKM12B, -STKM12A, -SPHT 2	SWRM 20, SWRCH20A, SG 255, -SWRCH18A, -STKM12C, -STKM12B, -STKM12A, -SPHT 2	SWRM 20, SWRCH20A, SG 255, -SWRCH18A, -STKM12C, -STKM12B, -STKM12A, -SPHT 2									
Composition overview														
Material family	Metal (ferrous)	Metal (ferrous)	Metal (ferrous)	Metal (ferrous)	Metal (ferrous)	Metal (ferrous)	Metal (ferrous)	Metal (ferrous)	Metal (ferrous)	Metal (ferrous)	Metal (non-ferrous)	Metal (non-ferrous)	Metal (non-ferrous)	Metal (non-ferrous)
Base material	Fe (Iron)	Fe (Iron)	Fe (Iron)	Fe (Iron)	Fe (Iron)	Fe (Iron)	Fe (Iron)	Fe (Iron)	Fe (Iron)	Fe (Iron)	Al (Aluminum)	Al (Aluminum)	Al (Aluminum)	Al (Aluminum)
Composition detail (metals, ceramics and glasses)														
Al (aluminum) (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95.7 - 98.8	95.6 - 98.2	95.8 - 97.6	95.8 - 98.6
C (carbon) (%)	0 - 0.15	0 - 0.15	0.17 - 0.23	0.17 - 0.23	0.17 - 0.23	0 - 3	0 - 2.4	3	3.3	0	0	0	0	0
Cr (chromium) (%)	11.5 - 13.5	11.5 - 13.5	0	0	0	1 - 3.5	2 - 3	0.5	0	0 - 0.15	0	0.15 - 0.35	0.04 - 0.35	0.1 - 0.35
Cu (copper) (%)	0	0	0	0	0	0 - 0.5	0 - 0.5	0	0	0.7 - 1.3	0 - 0.25	0 - 0.1	0.15 - 0.4	0 - 0.2
Fe (iron) (%)	84.3 - 88.5	84.3 - 88.5	99.1 - 99.5	99.1 - 99.5	99.1 - 99.5	66.4 - 79	53.5 - 62	92.8 - 93.1	93.4 - 93.5	0 - 0.5	0 - 0.7	0 - 0.4	0 - 0.7	0 - 0.4
Mg (magnesium) (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4 - 1	0.8 - 1.3	2.2 - 2.8	0.8 - 1.2	1 - 1.4
Mn (manganese) (%)	0 - 1	0 - 1	0.3 - 0.6	0.3 - 0.6	0.3 - 0.6	0.5 - 1.5	0.5 - 1.5	0.6	0.7	0.1 - 0.4	1 - 1.5	0 - 0.1	0 - 0.15	0.05 - 0.5
Ni (nickel) (%)	0	0	0	0	0	18 - 22	34 - 36	1.1	0	0	0	0	0	0
P (phosphorus) (%)	0 - 0.04	0 - 0.04	0 - 0.04	0 - 0.04	0 - 0.04	0 - 0.08	0 - 0.08	0 - 0.2	0.08	0	0	0	0	0
S (sulfur) (%)	0 - 0.03	0 - 0.03	0 - 0.05	0 - 0.05	0 - 0.05	0	0	0 - 0.12	0 - 0.15	0	0	0	0	0

## Selection Report

Si (silicon) (%)	0 - 1	0 - 1	0	0	0	1.5 - 3	1.5 - 3	1.7	2.4	0 - 0.5	0 - 0.3	0 - 0.25	0.4 - 0.8	0 - 0.35
Ti (titanium) (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 - 0.15	0 - 0.05
Zn (zinc) (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 - 0.3	0 - 0.25	0 - 0.1	0 - 0.25	4 - 5
Zr (zirconium) (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08 - 0.2
Other (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 - 0.15	0 - 0.15	0 - 0.15	0 - 0.15	0 - 0.15
Price														
Price (BRL/kg)	4.86 - 5.09	4.86 - 5.09	2.89 - 3.01	2.89 - 3.01	2.89 - 3.01	8.83 - 10.8	14.6 - 17.6	1.47 - 2.16	1.08 - 1.7	8.56 - 10	8.41 - 9.84	8.53 - 9.92	8.56 - 9.95	16.8 - 19.7
Price per unit volume (BRL/m <sup>3</sup> )	37200 - 40100	37200 - 40100	22600 - 23800	22600 - 23800	22600 - 23800	64800 - 80200	110000 - 134000	10600 - 15800	7600 - 12200	23000 - 27600	22600 - 27000	22800 - 26700	23100 - 27200	46300 - 55600
Physical properties														
Density (kg/m <sup>3</sup> )	7650 - 7850	7650 - 7850	7800 - 7900	7800 - 7900	7800 - 7900	7350 - 7400	7550 - 7600	7200 - 7300	7050 - 7200	2690 - 2750	2690 - 2740	2670 - 2700	2690 - 2730	2750 - 2810
Mechanical properties														
Young's modulus (GPa)	190 - 210	190 - 210	205 - 215	205 - 215	205 - 215	112 - 117	112 - 117	121 - 140	103 - 120	68.3 - 71.8	68.3 - 71.8	70 - 73.6	66.6 - 70	70 - 74
Young's modulus with temperature (GPa) #													68.4 - 74.5	
Specific stiffness (MN.m/kg)	24.5 - 27.1	24.5 - 27.1	26.1 - 27.4	26.1 - 27.4	26.1 - 27.4	15.2 - 15.9	14.8 - 15.4	16.7 - 19.3	14.4 - 16.9	25.1 - 26.5	25.1 - 26.5	26.1 - 27.4	24.5 - 25.8	25.1 - 26.7
Yield strength (elastic limit) (MPa)	634 - 917	276 - 310	265 - 325	295 - 365	310 - 350	210 - 250	210 - 290	195 - 228	130 - 143	124 - 137	59 - 65.2	200 - 221	240 - 280	318 - 352
Yield strength with temperature (MPa) #													192 - 289	
Tensile strength (MPa)	731 - 965	483 - 600	355 - 435	395 - 500	395 - 490	370 - 470	370 - 440	300 - 400	200 - 300	228 - 252	145 - 160	255 - 282	290 - 338	361 - 399
Tensile strength with temperature (MPa) #													240 - 319	
Specific strength (kN.m/kg)	81.8 - 118	35.6 - 40.1	33.8 - 41.4	37.6 - 46.5	39.5 - 44.6	28.5 - 33.9	27.7 - 38.3	26.9 - 31.5	18.2 - 20.1	45.5 - 50.4	21.7 - 24	74.5 - 82.4	88.4 - 103	114 - 127
Elongation (% strain)	15 - 21	20 - 35	28 - 43	28 - 43	28 - 43	7 - 20	1 - 7	1 - 2	1 - 2	23.1 - 26.9	23.6 - 27.4	2 - 4	10 - 14.4	11.1 - 12.9
Compressive modulus (GPa)													67.9 - 71.3	
Comp. Young's modulus with temperature (GPa) #													70.1 - 77.1	
Compressive strength (MPa)	550 - 620	275 - 550	265 - 325	295 - 365	310 - 350	225 - 265	225 - 305	390 - 460	260 - 290	124 - 137	59 - 65.2	193 - 214	240 - 280	318 - 352
Flexural modulus (GPa)	190 - 210	190 - 210	205 - 215	205 - 215	205 - 215	112 - 117	112 - 117	121 - 140	103 - 120	68.3 - 71.8	68.3 - 71.8	70 - 73.6	66.6 - 70	70 - 74
Flexural strength (modulus of rupture) (MPa)	550 - 620	275 - 550	265 - 325	295 - 365	310 - 350	210 - 250	210 - 290	225 - 265	150 - 170	124 - 137	59 - 65.2	200 - 221	240 - 280	318 - 352
Shear modulus (GPa)	73 - 83	73 - 83	79 - 84	79 - 84	79 - 84	43 - 47	43 - 47	47 - 56	40 - 48	27.3 - 28.7	25 - 26.3	27 - 28.4	25.6 - 26.9	25 - 27
Shear strength (MPa)													186 - 217	
Bulk modulus (GPa)	140 - 163	140 - 163	158 - 175	158 - 175	158 - 175	81 - 89	81 - 89	82 - 100	70 - 86	67 - 70.4	69 - 76.7	68.3 - 71.8	66.6 - 70	65 - 72
Poisson's ratio	0.275 - 0.285	0.275 - 0.285	0.285 - 0.295	0.285 - 0.295	0.285 - 0.295	0.27 - 0.28	0.27 - 0.28	0.255 - 0.265	0.255 - 0.265	0.32 - 0.34	0.33 - 0.34	0.33 - 0.343	0.325 - 0.335	0.325 - 0.335
Shape factor	31	60	61	59	59	23	22.5	24	24.5	37	42	30	24.8	21
Hardness - Vickers (HV)	190 - 330	150 - 190	110 - 130	135 - 165	125 - 150	145 - 210	145 - 200	171 - 285	125 - 285	60 - 63	47 - 50	70 - 90	100 - 107	119 - 131
Hardness - Rockwell B (HRB)	90 - 108	80 - 90												
Hardness - Rockwell C (HRC)	8 - 34	0 - 15												
Hardness - Brinell (HB)	180 - 319	183 - 204											90 - 100	
Elastic stored energy (springs) (kJ/m <sup>3</sup> )	1030 - 2050	190 - 242	169 - 249	209 - 314	229 - 291	194 - 271	197 - 359	145 - 201	74.3 - 94.1	110 - 134	24.8 - 30.4	279 - 341	423 - 572	702 - 862



## Selection Report

SIN List indicator (0-1, 1 = high risk)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Critical materials risk														
Abundance risk level	Low	Low	Low	Low	Low	Medium	Medium	Medium	Low	Medium	Low	Low	Medium	Medium
Sourcing and geopolitical risk level	Low	Low	High	High	High	High	Medium	High	High	Very high	Very high	Very high	Very high	Very high
Environmental country risk level	Low	Low	High	High	High	High	Medium	High	High	Very high	Very high	Very high	Very high	Very high
Price volatility risk level	Very high	Very low	Very low	Very low	Very low	Very low								
Conflict material risk level	None	Caution	None	None	Caution	Caution								
Processing properties														
Metal casting	Unsuitable	Unsuitable	Unsuitable	Unsuitable	Unsuitable	Acceptable	Acceptable	Excellent	Excellent	Unsuitable	Unsuitable	Unsuitable	Unsuitable	Unsuitable
Metal cold forming	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Unsuitable	Unsuitable	Unsuitable	Unsuitable	Limited use	Acceptable	Acceptable	Excellent	Limited use
Metal hot forming	Acceptable	Acceptable	Excellent	Excellent	Excellent	Unsuitable	Unsuitable	Unsuitable	Unsuitable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Excellent	Limited use
Metal press forming	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Unsuitable	Unsuitable	Unsuitable	Unsuitable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable
Metal deep drawing	Excellent	Excellent	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Unsuitable	Unsuitable	Unsuitable	Unsuitable	Limited use	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Limited use
Machining speed (m/min)	19.5	30.5	45.7	36.6	39.6	20.7	17.4	27.4	36.6	91.4	158	97.5	85.3	116
Weldability	Good	Poor	Poor	Poor	Excellent	Good	Good	Poor						
Weldability_Notes	Preheating and post weld heat treatments are required	Preheating and post weld heat treatments are required	Preheating and post weld heat treatments are required	Preheating and post weld heat treatments are required	Preheating and post weld heat treatments are required	Preheating and post weld heat treatments are required	Preheating and post weld heat treatments are required	Preheating and post weld heat treatments are required	Preheating and post weld heat treatments are required	Preheating and post weld heat treatments are required	Preheating is not required, post weld heat treatment is required	Preheating and post weld heat treatments are not required	Preheating and post weld heat treatments are not required	Preheating is not required, post weld heat treatment is required
Weldability - MIG	Good	Good												
Weldability - plasma	Good	Good												
Weldability - SAW	Not recommended	Not recommended												
Weldability - TIG	Good	Good												
Brazeability	Good	Good												
Carbon equivalency	0.383 - 0.667	0.383 - 0.667	0.22 - 0.33	0.22 - 0.33	0.22 - 0.33	0.5 - 4.03	0.5 - 3.43	3.57 - 3.63	4.13					
Durability														
Water (fresh)	Excellent	Excellent	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Excellent	Excellent	Acceptable	Acceptable	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent
Water (salt)	Excellent	Excellent	Limited use	Limited use	Limited use	Acceptable	Acceptable	Limited use	Limited use	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable
Weak acids	Excellent	Excellent	Limited use	Limited use	Limited use	Excellent	Excellent	Acceptable	Acceptable	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent
Strong acids	Acceptable	Acceptable	Unacceptable	Unacceptable	Unacceptable	Limited use	Limited use	Unacceptable	Unacceptable	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent
Weak alkalis	Excellent	Excellent	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable
Strong alkalis	Limited use	Acceptable	Acceptable	Limited use	Limited use	Unacceptable	Unacceptable	Unacceptable	Unacceptable	Unacceptable				
Organic solvents	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent										
Oxidation at 500C	Excellent	Excellent	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Excellent	Excellent	Acceptable	Acceptable	Unacceptable	Unacceptable	Unacceptable	Unacceptable	Unacceptable
UV radiation (sunlight)	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent										
Galling resistance (adhesive wear)	Limited use	Limited use	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Limited use	Limited use	Limited use	Limited use	Limited use
Flammability	Non-flammable	Non-flammable	Non-flammable	Non-flammable										
Corrosion resistance of metals														

## Selection Report

Pitting resistance equivalent number (PREN)	11.5 - 13.5	11.5 - 13.5												
Pitting and crevice corrosion resistance	Low (<20)	Low (<20)												
Stress corrosion cracking	Slightly susceptible	Slightly susceptible	Not susceptible	Not susceptible	Not susceptible	Susceptible	Slightly susceptible	Slightly susceptible	Slightly susceptible	Susceptible	Slightly susceptible	Slightly susceptible	Not susceptible	Susceptible
Stress corrosion cracking_Notes	Rated in chloride; Other susceptible environments: Hydrogen sulfide	Rated in chloride; Other susceptible environments: Hydrogen sulfide	Rated in chloride; Other susceptible environments: Nitrate, hydroxide, carbonate, ammonia	Rated in chloride; Other susceptible environments: Nitrate, hydroxide, carbonate, ammonia	Rated in chloride; Other susceptible environments: Nitrate, hydroxide, carbonate, ammonia	Rated in chloride; May be susceptible in halide, ammonia, nitrogen, acidic, caustic, carbonate environments	Rated in chloride; May be susceptible in halide, ammonia, nitrogen, acidic, caustic, carbonate environments	Rated in chloride; May be susceptible in halide, ammonia, nitrogen, acidic, caustic, carbonate environments	Rated in chloride; May be susceptible in halide, ammonia, nitrogen, acidic, caustic, carbonate environments	Rated in chloride; Other susceptible environments: Halide, water	Rated in chloride; Other susceptible environments: Halide, water	Rated in chloride; Other susceptible environments: Halide, water	Rated in chloride; Other susceptible environments: Halide, water	Rated in chloride; Other susceptible environments: Halide, water
Intergranular (weld line) corrosion resistance	Restricted	Restricted												
Inorganic acids	Restricted	Restricted												
Organic acids	Restricted	Restricted												
Alkalis	Moderate	Moderate												
Humidity / water	Moderate	Moderate												
Sea water	Restricted	Restricted												
Sour oil and gas	Restricted	Restricted												
Primary production energy, CO2 and water														
Embodied energy, primary production (MJ/kg)	64.7 - 71.3	64.7 - 71.3	30.8 - 33.9	30.8 - 33.9	30.8 - 33.9	53 - 58.5	73.4 - 81	30.8 - 33.9	30.8 - 33.9	189 - 208	189 - 208	193 - 213	190 - 210	187 - 206
CO2 footprint, primary production (kg/kg)	5.23 - 5.77	5.23 - 5.77	2.26 - 2.49	2.26 - 2.49	2.26 - 2.49	3.99 - 4.4	5.34 - 5.89	2.26 - 2.49	2.26 - 2.49	12.4 - 13.7	12.5 - 13.8	13 - 14.4	12.6 - 13.9	12.4 - 13.7
Water usage (l/kg)	95.4 - 105	95.4 - 105	43.1 - 47.7	43.1 - 47.7	43.1 - 47.7	85.6 - 94.7	117 - 129	46.1 - 50.9	42 - 46.4	1120 - 1240	1120 - 1240	1130 - 1250	1130 - 1250	1100 - 1210
Processing energy, CO2 footprint & water														
Casting energy (MJ/kg)			11 - 12.2	11 - 12.2	11 - 12.2	10.2 - 11.2	10.2 - 11.2	10.1 - 11.1	10 - 11.1					
Casting CO2 (kg/kg)			0.826 - 0.913	0.826 - 0.913	0.826 - 0.913	0.763 - 0.843	0.763 - 0.843	0.755 - 0.835	0.751 - 0.83					
Casting water (l/kg)			20.9 - 31.3	20.9 - 31.3	20.9 - 31.3	19.3 - 28.9	19.3 - 28.9	19.1 - 28.6	19 - 28.4					
Roll forming, forging energy (MJ/kg)	5.06 - 5.59	3.46 - 3.83	2.65 - 2.93	2.93 - 3.24	2.94 - 3.25					3.32 - 3.67	1.73 - 1.92	5.08 - 5.61	6.03 - 6.67	7.91 - 8.74
Roll forming, forging CO2 (kg/kg)	0.379 - 0.419	0.26 - 0.287	0.199 - 0.22	0.22 - 0.243	0.221 - 0.244					0.249 - 0.275	0.13 - 0.144	0.381 - 0.421	0.452 - 0.5	0.593 - 0.655
Roll forming, forging water (l/kg)	3.71 - 5.57	3.03 - 4.55	2.69 - 4.03	2.81 - 4.21	2.81 - 4.21					2.97 - 4.46	2.29 - 3.44	3.72 - 5.58	4.13 - 6.2	4.93 - 7.4
Extrusion, foil rolling energy (MJ/kg)	9.83 - 10.9	6.64 - 7.34	5.02 - 5.55	5.58 - 6.17	5.6 - 6.19					6.36 - 7.03	3.18 - 3.52	9.87 - 10.9	11.8 - 13	15.5 - 17.2
Extrusion, foil rolling CO2 (kg/kg)	0.737 - 0.815	0.498 - 0.551	0.377 - 0.416	0.418 - 0.463	0.42 - 0.464					0.477 - 0.527	0.239 - 0.264	0.74 - 0.818	0.884 - 0.977	1.16 - 1.29
Extrusion, foil rolling water (l/kg)	5.75 - 8.63	4.39 - 6.59	3.7 - 5.55	3.94 - 5.91	3.95 - 5.92					4.27 - 6.41	2.91 - 4.37	5.77 - 8.66	6.59 - 9.88	8.19 - 12.3
Wire drawing energy (MJ/kg)	36.1 - 39.9	24.1 - 26.7	18 - 19.9	20.1 - 22.3	20.2 - 22.3					23.1 - 25.5	11.1 - 12.3	36.2 - 40.1	43.4 - 48	57.5 - 63.5
Wire drawing CO2 (kg/kg)	2.71 - 2.99	1.81 - 2	1.35 - 1.5	1.51 - 1.67	1.52 - 1.68					1.73 - 1.91	0.83 - 0.92	2.72 - 3	3.25 - 3.6	4.31 - 4.76
Wire drawing water (l/kg)	13.6 - 20.4	9.09 - 13.6	6.8 - 10.2	7.59 - 11.4	7.62 - 11.4					8.7 - 13.1	4.19 - 6.28	13.7 - 20.5	16.4 - 24.5	21.6 - 32.5
Metal powder forming energy (MJ/kg)	38.6 - 42.6	38.6 - 42.6	38.9 - 42.8	38.9 - 42.8	38.9 - 42.8						5.31 - 5.87	24.1 - 26.6	22.2 - 24.6	22.5 - 24.9
Metal powder forming CO2 (kg/kg)	3.09 - 3.4	3.09 - 3.4	3.11 - 3.43	3.11 - 3.43	3.11 - 3.43						0.4 - 0.44	1.93 - 2.13	1.78 - 1.96	1.8 - 1.99
Metal powder forming water	42.1 - 63.1	42.1 - 63.1	42.3 - 63.5	42.3 - 63.5	42.3 - 63.5						5.79 - 8.69	26.3 - 39.4	24.2 - 36.3	24.6 - 36.9

## Selection Report

(l/kg)														
Vaporization energy (MJ/kg)	10900 - 12000	10900 - 12000	10900 - 12000	10900 - 12000	10900 - 12000	10900 - 12000	10900 - 12000	10900 - 12000	10900 - 12000	15500 - 17100	15500 - 17100	15500 - 17100	15500 - 17100	15500 - 17100
Vaporization CO2 (kg/kg)	815 - 900	815 - 900	815 - 901	815 - 901	815 - 901	815 - 901	815 - 901	815 - 901	815 - 901	1160 - 1290	1160 - 1290	1160 - 1280	1160 - 1280	1160 - 1280
Vaporization water (l/kg)	4530 - 6790	4530 - 6790	4530 - 6800	4530 - 6800	4530 - 6800	4530 - 6800	4530 - 6800	4530 - 6800	4530 - 6800	6460 - 9690	6460 - 9690	6460 - 9690	6460 - 9690	6460 - 9690
Coarse machining energy (per unit wt removed) (MJ/kg)	1.19 - 1.32	0.952 - 1.05	0.83 - 0.918	0.872 - 0.964	0.874 - 0.966	0.79 - 0.873	0.804 - 0.888	1.03 - 1.14	0.841 - 0.93	0.931 - 1.03	0.692 - 0.765	1.19 - 1.32	1.34 - 1.48	1.62 - 1.79
Coarse machining CO2 (per unit wt removed) (kg/kg)	0.0893 - 0.0987	0.0714 - 0.0789	0.0623 - 0.0688	0.0654 - 0.0723	0.0655 - 0.0724	0.0592 - 0.0654	0.0603 - 0.0666	0.0773 - 0.0854	0.0631 - 0.0697	0.0698 - 0.0772	0.0519 - 0.0574	0.0896 - 0.099	0.1 - 0.111	0.121 - 0.134
Fine machining energy (per unit wt removed) (MJ/kg)	7.63 - 8.44	5.24 - 5.79	4.03 - 4.45	4.45 - 4.91	4.46 - 4.93	3.62 - 4	3.76 - 4.16	6.03 - 6.66	4.14 - 4.57	5.03 - 5.56	2.65 - 2.93	7.67 - 8.47	9.1 - 10.1	11.9 - 13.2
Fine machining CO2 (per unit wt removed) (kg/kg)	0.573 - 0.633	0.393 - 0.435	0.302 - 0.334	0.333 - 0.369	0.335 - 0.37	0.272 - 0.3	0.282 - 0.312	0.452 - 0.499	0.31 - 0.343	0.377 - 0.417	0.199 - 0.22	0.575 - 0.635	0.682 - 0.754	0.893 - 0.987
Grinding energy (per unit wt removed) (MJ/kg)	14.8 - 16.3	10 - 11.1	7.58 - 8.38	8.42 - 9.3	8.45 - 9.34	6.77 - 7.48	7.05 - 7.79	11.6 - 12.8	7.8 - 8.62	9.12 - 10.1	4.35 - 4.8	14.9 - 16.4	17.7 - 19.6	23.3 - 25.8
Grinding CO2 (per unit wt removed) (kg/kg)	1.11 - 1.23	0.751 - 0.83	0.568 - 0.628	0.631 - 0.698	0.634 - 0.7	0.507 - 0.561	0.528 - 0.584	0.868 - 0.96	0.585 - 0.646	0.684 - 0.756	0.326 - 0.36	1.11 - 1.23	1.33 - 1.47	1.75 - 1.93
Non-conventional machining energy (per unit wt removed) (MJ/kg)	109 - 120	109 - 120	109 - 120	109 - 120	109 - 120	109 - 120	109 - 120	109 - 120	109 - 120	155 - 171	155 - 171	155 - 171	155 - 171	155 - 171
Non-conventional machining CO2 (per unit wt removed) (kg/kg)	8.15 - 9	8.15 - 9	8.15 - 9.01	8.15 - 9.01	8.15 - 9.01	8.15 - 9.01	8.15 - 9.01	8.15 - 9.01	8.15 - 9.01	12 - 13	12 - 13	11.6 - 12.8	11.6 - 12.8	11.6 - 12.8
Recycling and end of life														
Recycle	Yes	Yes	Yes	Yes										
Embodied energy, recycling (MJ/kg)	14.3 - 15.8	14.3 - 15.8	8.1 - 8.96	8.1 - 8.96	8.1 - 8.96	12.3 - 13.5	15.7 - 17.3	8.1 - 8.96	8.1 - 8.96	32.2 - 35.6	32.2 - 35.6	32.7 - 36.2	32.4 - 35.8	31.9 - 35.3
CO2 footprint, recycling (kg/kg)	1.12 - 1.24	1.12 - 1.24	0.636 - 0.703	0.636 - 0.703	0.636 - 0.703	0.962 - 1.06	1.23 - 1.36	0.636 - 0.703	0.636 - 0.703	2.53 - 2.79	2.53 - 2.79	2.57 - 2.84	2.54 - 2.81	2.51 - 2.77
Recycle fraction in current supply (%)	35.5 - 39.3	35.5 - 39.3	39.9 - 44	39.9 - 44	39.9 - 44	0.1	0.1	65.8 - 72.7	65.8 - 72.7	40.5 - 44.7	40.5 - 44.7	40.5 - 44.7	40.5 - 44.7	40.5 - 44.7
Downcycle	Yes	Yes	Yes	Yes										
Combust for energy recovery	No	No	No	No										
Landfill	Yes	Yes	Yes	Yes										
Biodegrade	No	No	No	No										
Geo-economic data for principal component														
Principal component	Iron	Aluminum	Aluminum	Aluminum	Aluminum	Aluminum								
Typical exploited ore grade (%)	45.1 - 49.9	45.1 - 49.9	45.1 - 49.9	45.1 - 49.9	45.1 - 49.9	45.1 - 49.9	45.1 - 49.9	45.1 - 49.9	45.1 - 49.9	30.4 - 33.6	30.4 - 33.6	30.4 - 33.6	30.4 - 33.6	30.4 - 33.6
Minimum economic ore grade (%)	25 - 70	25 - 70	25 - 70	25 - 70	25 - 70	25 - 70	25 - 70	25 - 70	25 - 70	25 - 39	25 - 39	25 - 39	25 - 39	25 - 39
Abundance in Earth's crust (ppm)	41000 - 63000	41000 - 63000	41000 - 63000	41000 - 63000	41000 - 63000	41000 - 63000	41000 - 63000	41000 - 63000	41000 - 63000	82300 - 84100	82300 - 84100	82300 - 84100	82300 - 84100	82300 - 84100
Abundance in seawater (ppm)	0.0025 - 0.003	0.0025 - 0.003	0.0025 - 0.003	0.0025 - 0.003	0.0025 - 0.003	0.0025 - 0.003	0.0025 - 0.003	0.0025 - 0.003	0.0025 - 0.003	0.0005 - 0.005	0.0005 - 0.005	0.0005 - 0.005	0.0005 - 0.005	0.0005 - 0.005
Annual world production, principal component (tonne/yr)	3.87e9	4.73e7	4.73e7	4.73e7	4.73e7	4.73e7								
Reserves, principal component (tonne)	8.1e10	2.8e10	2.8e10	2.8e10	2.8e10	2.8e10								
Links														
ProcessUniverse	125	125	124	124	124	85	85	86	86	108	107	107	107	107

## Selection Report

Producers	35	35	21	21	21	7	7	7	7	12	12	12	14	12
Reference	44	43	25	25	25	35	35	37	37	17	21	24	25	24
Shape	24	24	24	24	24	24	24	24	24	0	24	24	24	24
Full Datasheet														

<b># Functional Parameters</b>	
Temperature (°C)	23
Stress Ratio	-1
Number of Cycles (cycles)	1e7

 Federação das Indústrias do Estado da Bahia	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 1 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**RELATÓRIO DETALHADO:**  
**PROJETO DE UM *DOCKING CART* PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS**

**Salvador  
 2019**

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 2 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## SUMÁRIO

<b>1 OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 REVISANDO OS REQUISITOS .....</b>	<b>3</b>
<b>3 O DOCKING CART E SEUS COMPONENTES .....</b>	<b>4</b>
<b>4 MATERIAIS .....</b>	<b>7</b>
<b>5 ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES .....</b>	<b>7</b>
<b>5.1 PARAFUSOS.....</b>	<b>7</b>
<b>5.2 RODÍZIOS.....</b>	<b>7</b>
<b>5.3 TOMADA MULTIPOLAR .....</b>	<b>9</b>
<b>6 ANÁLISE DE VIABILIDADE .....</b>	<b>10</b>
<b>6.1 VIABILIDADE TÉCNICA .....</b>	<b>10</b>
<b>6.1.1 ANÁLISE DOS REQUISITOS .....</b>	<b>10</b>
<b>6.1.2 ANÁLISE ESTRUTURAL ESTÁTICA.....</b>	<b>11</b>
<b>6.2 VIABILIDADE FINANCEIRA .....</b>	<b>20</b>
<b>6.2.1 CENÁRIO 1 .....</b>	<b>21</b>
<b>6.2.2 CENÁRIO 2 .....</b>	<b>22</b>
<b>6.2.3 CENÁRIO 3 .....</b>	<b>22</b>
<b>7 COMENTÁRIOS FINAIS .....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>24</b>
<b>APÊNDICE A – DESENHOS 2D .....</b>	<b>25</b>
<b>APÊNDICE B – MANUAL DE OPERAÇÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>APÊNDICE C – MANUAL DE MONTAGEM .....</b>	<b>27</b>
<b>APÊNDICE D – DIAGRAMA ELÉTRICO TOMADA MULTIPOLAR.....</b>	<b>28</b>
<b>ANEXO A – RELATÓRIO DA ANÁLISE ESTRUTURAL ANSYS .....</b>	<b>29</b>
<b>ANEXO B – ORÇAMENTO METALURGIA VALENTE .....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXO C – ORÇAMENTO METAL SOLUTION .....</b>	<b>31</b>

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.:	RELATÓRIO DETALHADO	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## 1 OBJETIVO

Este relatório da etapa detalhada objetiva apresentar os resultados obtidos durante o projeto detalhado do *docking cart*.

Aqui são apresentados os desenhos com detalhes construtivos para fabricação e montagem, materiais e equipamentos, diagrama elétrico, manual de operação, memorial de cálculo da análise estrutural e mapeamento do custo de fabricação.

## 2 REVISANDO OS REQUISITOS

Com o intuito de analisar os resultados obtidos com o projeto, abaixo serão retomados os requisitos priorizados na etapa informacional e seus respectivos objetivos, definidos com o intuito de atender as necessidades do cliente.

1. Tempo de setup interno

Objetivo: Máximo de 132 minutos

2. Número de operações

Objetivo: Reduzir o número de operações dentro da sala

3. Número de dispositivos de instrumentação no *Docking Cart*

Objetivo: Facilitar e reduzir o tempo de setup interno

4. Adaptável a diferentes motores

Objetivo: Docking cart utilizável para as 5 famílias de motores

5. Custo de fabricação

Objetivo: Custo vantajoso em relação ao valor de sala

6. Distância do periférico ao conector na sala-prova-motor (SPM)

Objetivo: Distância reduzida, otimizando o uso de material

7. Conexões *Poka Yoke*

Objetivo: 100% das conexões com base na técnica

8. Ajuste de posicionamento

Objetivo: Permitir alinhamento vertical para todos os motores

9. Compatibilidade com as dimensões das SPM

Objetivo: Docking cart utilizável em todas as SPM

 Federação das Indústrias do Estado da Bahia	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 4 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

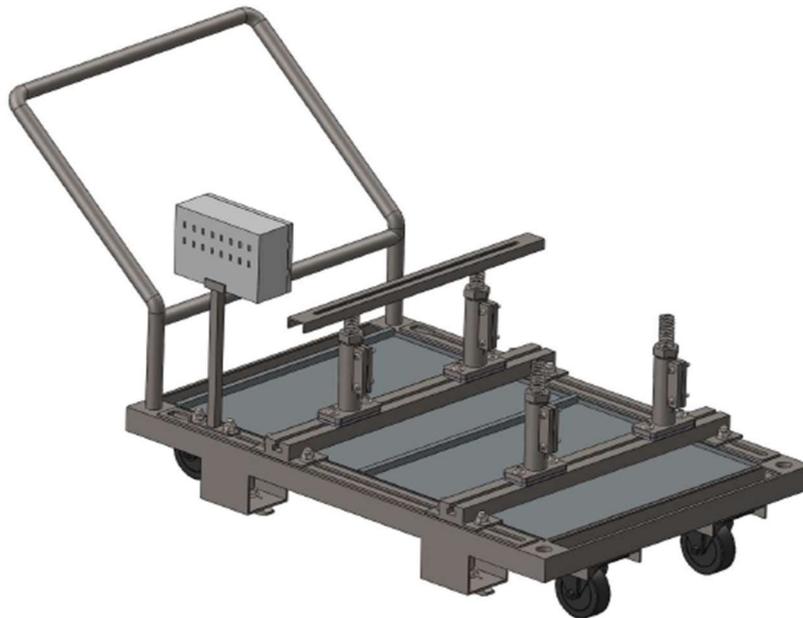
10. Peso

Objetivo: Massa total do docking cart de no máximo 200kg

### 3 O DOCKING CART E SEUS COMPONENTES

O *docking cart*, figura 3.1, foi modelado utilizando o Solidworks versão 2017 a partir das definições e dimensões obtidas através dos projetos conceitual e básico. Para isso, foram estudados os projetos da empresa cliente e do Núcleo Automotivo do SENAI CIMATEC. Com aquele, buscou-se compreender a interação entre o produto e meio no qual está inserido e as dimensões necessárias a serem seguidas.

**Figura 3.1** - Modelo 3D do *Docking Cart*



**Fonte:** Autoria Própria

O produto desenvolvido conta com 4 fusos roscados em aço SAE 1045 que conferem liberdade para ajuste e alinhamento vertical. Cada um dos dois fusos frontais recebe um coxim e se movem de forma independente sobre um trilho, enquanto que os fusos traseiros são conectados por uma peça que serve de suporte para fixação do coxim traseiro do motor e se movem similarmente em outro trilho; estes dois trilhos se movem ainda em trilhos laterais; os trilhos contam ainda com marcações referentes ao posicionamento necessário para cada família de motor, acelerando o pré-

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 5 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

alinhamento. Esses componentes permitem, portanto, o ajuste de posicionamento nos três eixos, e conseqüente alinhamento do motor, de forma mais rápida, além de tornar o *docking cart* flexível para diversas famílias de motores.

Outro problema sanado pelo novo método de alinhamento é a ergonomia. O projeto antigo da empresa cliente possuía chapas calibradas para regular a altura e, quando colocadas equivocadamente, o motor precisava ser novamente suspenso para a troca das chapas, o que, em algumas ocasiões, era feito pelos próprios operadores sem auxílio de equipamentos para içamento.

Para evitar o desgaste dos aços usados nos trilhos e suportes (aço SAE 1045), há uma placa de nylon entre estes componentes que servirá como peça de sacrifício.

A barra de manuseio em aço SAE 1045, projetada de forma ergonômica, pode ser posicionada nas duas extremidades do produto, aumentando assim a sua dirigibilidade. Além disso, pode ser removida durante o período de testes, facilitando a circulação interna dos operadores e o setup.

A caixa de conexão na lateral do carrinho, feita em PVC rígido, comporta os 16 termopares e 6 sensores PT100, contando com uma tomada 64 contatos, isso permitirá que os sensores sejam instalados já no setup externo e que apenas uma conexão para os mesmos, entre a tomada da caixa e a boom box da sala-prova-motor, seja necessária no setup interno, reduzindo o número de operações internas e eliminando o tempo de 30 minutos que era anteriormente necessário para a conexão dos termopares.

Além disso, como o suporte da caixa é projetado para ser fixado nos próprios trilhos do carrinho, a caixa pode ser situada tanto na esquerda quanto direita, adequando o produto então às diferentes salas-prova-motor e reduzindo a distância entre periférico e conector da SPM. Indicações referentes aos termopares devem ser realizadas junto aos conectores fêmea na caixa, reduzindo o risco de falhas humanas, com base na técnica Poka-yoke, e tempo de setup causado por retrabalho.

O *docking cart* conta com 4 bandejas reservatórias em aço inoxidável AISI 420 que se situam abaixo do motor para o caso de eventuais vazamentos de fluídos deste, mantendo o ambiente de trabalho das salas-prova-motor limpo. As bandejas são

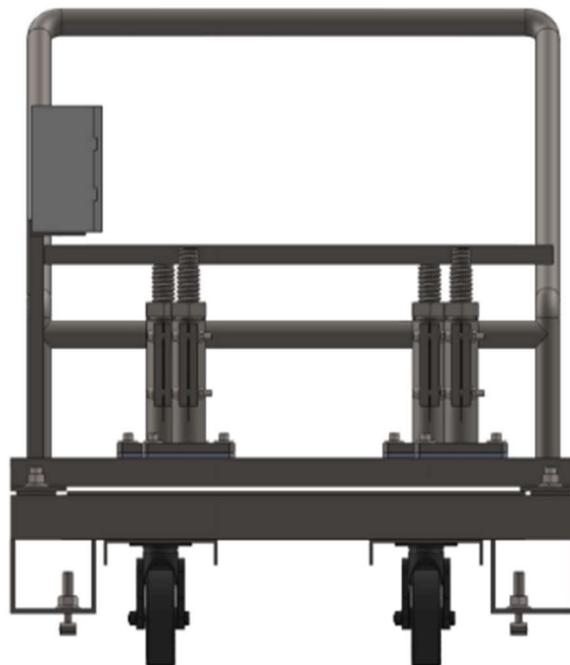
 Federação das Indústrias do Estado da Bahia	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 6 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

posicionadas e removidas de forma similar a um sistema de gavetas, sendo deslizadas por baixo dos trilhos quando estes estão fixados.

Abaixo da estrutura encontram-se os rodízios, estes foram selecionados com base nas dimensões dos trilhos situados na *base plate* do cliente e com base na carga que devem suportar. Os rodízios escolhidos são do tipo giratórios e com freio, permitindo maior mobilidade e segurança à operação. Encontram-se nessa parte também os pinos que servem de guia do docking cart quando este é instalado sobre os trilhos, mais facilmente identificado na figura 3.2.

As dimensões do docking cart foram definidas com base nas informações fornecidas pelo cliente, de forma a ser totalmente utilizável nas salas prova motor, permitindo o encaixe correto nos trilhos, e mantendo o espaço para circulação e posicionamento dos demais periféricos, visto que ocupa apenas a área definida pela *base plate*.

**Figura 3.2 - Vista frontal**



**Fonte:** Autoria Própria

Durante o projeto básico, observou-se que o projeto poderia ser alterado de forma a reduzir suas dimensões, visto que, após as análises estruturais preliminares,

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 7 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

o projeto demonstrou-se superdimensionado. Após o redimensionamento, a massa total do produto obtida foi de 250,40 kg.

Os desenhos 2D dos componentes projetados encontram-se individualmente no apêndice A deste documento, bem como a montagem dos mesmos. Além disso, encontram-se, também em apêndice, os manuais de operação (apêndice B) e montagem (apêndice C) do *docking cart* descrito acima.

#### 4 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados estão listados junto aos componentes em seus desenhos 2D que se encontram no apêndice A.

Os materiais selecionados no projeto básico e confirmados após às análises financeiras e técnicas foram o aço SAE 1045, nylon e PVC rígido.

#### 5 ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES

Para alguns dos componentes do projeto é mais interessante a especificação e compra junto à fornecedores do que a fabricação, são estes: parafusos, porcas e arruelas; rodízios e tomada multipolar.

##### 5.1 PARAFUSOS

Os parafusos a serem utilizados são M10, M12 e M20, de preferência todos do tipo *allen*, reduzindo a necessidade de troca de ferramentas durante a operação; as porcas e arruelas compatíveis com estes parafusos. Mais informações podem ser encontradas no arquivo de desenho 2D da montagem encontrada como apêndice.

##### 5.2 RODÍZIOS

Os rodízios, giratórios e com freios, devem possuir 196 mm de altura. Recomenda-se o uso do modelo GS 62 NTE FP (figura 5.1) ou o GS 62 UPN FP, (figura 5.2) ambos da fabricante Schioppa que possuem as seguintes especificações técnicas:

 Federação das Indústrias do Estado da Bahia	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 8 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**Tabela 5.1 - Especificações rodízios**

<b>Especificação</b>	<b>GS 62 NTE FP</b>	<b>GS 62 UPN FP</b>
Material da roda	NT: Nylon Técnico	UP: Poliuretano Termoplástico
Cor da roda	Branca	Laranja
Diâmetro da Roda	6" (150 mm)	6" (150 mm)
Largura da Roda	50 mm	50 mm
Diâmetro do eixo	1/2"	1/2"
Altura	196 mm	196 mm
Raio de Giro	121 mm	121 mm
Capacidade de Carga	600 Kg	400 kg
Tipo de fixação	GS: Placa Giratória C/freio	GS: Placa Giratória C/freio
Espessura do garfo	4,75 mm	4,75 mm
Material do Garfo	Aço SAE 1010/1020	Aço SAE 1010/1020
Tipo de rolamento	Esfera	Esfera

**Fonte:** Autoria Própria

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.:	RELATÓRIO DETALHADO	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**Figura 5.1** - Modelo Schioppa GS 62 NTE FP



**Fonte:** Mult-rodas

**Figura 5.2** - Modelo Schioppa GS 62 UPN FP



**Fonte:** Mult-rodas

### 5.3 TOMADA MULTIPOLAR

A tomada a ser utilizada para a conexão rápida dos termopares e sensores PT100 é de 64 contatos para comportar todos os sensores. Recomenda-se o uso da tomada multipolar do fabricante Harting, modelo 64 D. A figura 5.3 ilustra este modelo de tomada.

**Figura 5.3** - Tomada Modelo Han 64 D



**Fonte:** Conexel

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 10 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

O diagrama elétrico para conexão da tomada encontra-se no apêndice D.

## 6 ANÁLISE DE VIABILIDADE

### 6.1 VIABILIDADE TÉCNICA

#### 6.1.1 ANÁLISE DOS REQUISITOS

A descrição das soluções utilizadas para atender as necessidades do cliente foram abordadas no tópico 3. Sendo assim, abaixo segue uma tabela compilando os resultados.

**Tabela 6.1 – Análise dos resultados**

#	Requisito	Status	Justificativa/comentários
1	Tempo de Setup interno	Atendido*	*Redução estimada em 26%. Não foi possível atingir os 40%, pois algumas das soluções idealizadas foram implementadas pelo próprio cliente no decorrer do projeto.
2	Nº de operações	Atendido	
3	Nº de dispositivos de instrumentação no <i>docking cart</i>	Atendido	Não se instrumentou com os transdutores de pressão, pois não seria vantajoso financeiramente.
4	Adaptável a diferentes motores	Atendido	
5	Custo de fabricação	Atendido	
6	Distância do periférico ao conector na SPM	Atendido	
7	Conexões Poka Yoke	Atendido parcialmente	Apenas não se implementou essa técnica para os sensores de pressão, pois prejudicaria a qualidade dos dados adquiridos.
8	Ajuste de posicionamento	Atendido	
9	Compatibilidade com as dimensões das SPM	Atendido	
10	Peso	Não atendido	Atingiu-se a massa de 250,4kg. Sacrificou-se este requisito em prol de outros mais relevantes (#1, #3 e #4).
11	Acessibilidade	Atendido	
12	Contenção de vazamento	Atendido	
13	Nº de componentes	Atendido	Redução de 254 para 121
14	Vida útil	-	Não foi possível analisar a durabilidade do produto
15	Materiais sustentáveis	Não atendido	Não foi foco do projeto o descarte do produto após sua vida útil.

**Fonte:** Autoria Própria

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 11 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

A redução esperada do tempo de setup interno em 26% (90 minutos) citada na tabela acima foi estimada com base no processo da empresa cliente e nos laboratórios do SENAI CIMATEC que utilizam algumas soluções similares. Com o uso da caixa de conexões é possível eliminar os 30 minutos antes necessários para a conexão dos termopares dentro da sala prova motor, e, com a nova solução para alinhamento do motor, estima-se um tempo similar ao realizado nos laboratórios do SENAI CIMATEC, aproximadamente 60 minutos em cenários de testes como os da empresa cliente. Sendo assim, estima-se uma redução de 120 minutos para 60 minutos no tempo de alinhamento, totalizando 90 minutos de redução.

Quanto aos transdutores de pressão, citados também na tabela acima, estes custam entre R\$7.000,00 e R\$8.000,00, então incorporá-los à estrutura do *docking cart* não seria vantajoso financeiramente. Além disso, a qualidade dos dados obtidos seria prejudicada por perda de carga nas conexões e também devido ao efeito sifão que ocorreria

### 6.1.2 ANÁLISE ESTRUTURAL ESTÁTICA

Para a verificação da viabilidade técnica, foram feitas novas análises do *docking cart*, submetendo-o aos esforços e condições provenientes da operação do motor durante os testes, em simulação CAE (*Computer Aided Engineering*). Essa simulação possibilita melhorias nas peças e conjunto antes de sua fabricação, redução de custo e tempo no desenvolvimento do projeto e redução da probabilidade de falha de componentes.

Essa análise é utilizada para calcular os efeitos de carregamentos na estrutura em questão, podendo-se obter resultados de tensões, deformações e deslocamentos de superfícies específicas. A análise estrutural estática ignora os efeitos da inércia e do amortecimento, porém permite incluir cargas de inércia estáticas, como aceleração gravitacional.

Para avaliar a estrutura projetada e o material na qual a mesma será fabricada, iniciou-se a simulação estrutural com base no modelo 3D obtido através do software *Solidworks*. O modelo do *docking cart* foi importado em formato *Solidworks Part*

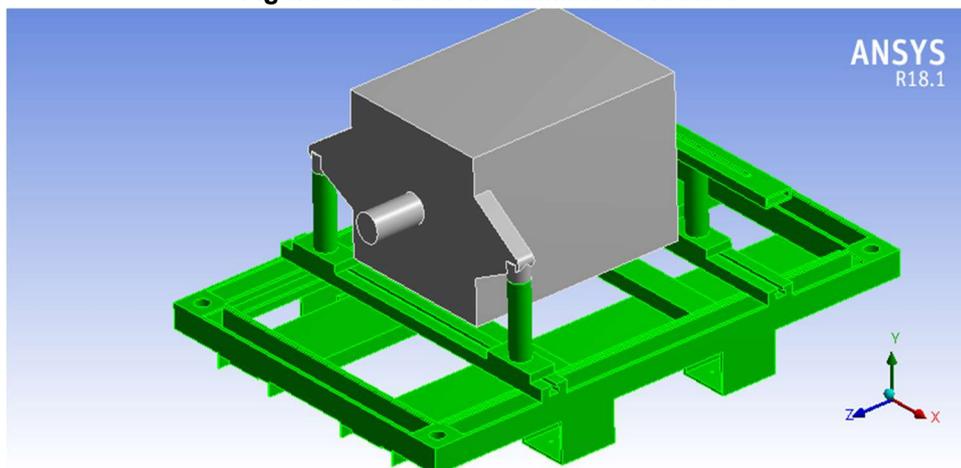
	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 12 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

*Document*, incluindo o material adotado na construção do 3D e suas respectivas propriedades. Além disso, modelou-se um motor para aplicá-lo na simulação.

#### 6.1.2.1 Carga

Para representar o carregamento, utilizou-se um bloco de alumínio. Visto que o *docking cart* suportará diferentes motores, o motor mais pesado foi utilizado como referência, possuindo 167 kg. Esse motor modelado foi colocado apoiado nos suportes para que os efeitos do carregamento na estrutura pudessem ser avaliados.

**Figura 6.1** - Bloco de alumínio e estrutura



Fonte: Autoria própria

#### 6.1.2.2 Malha

O método de elementos finitos utiliza a divisão de um domínio de um problema em pequenas partes para determinar soluções. O conjunto dessas pequenas partes, também chamadas de elementos finitos, dá origem a malha. A malha pode ser gerada a partir de parâmetros globais ou locais, e cada projeto tem suas particularidades.

O primeiro parâmetro que foi manipulado chama-se relevância e refere-se à qualidade da malha, possuindo uma faixa de -100 a +100, ou seja, grosseira a fina. Posteriormente, foi habilitado o recurso de dimensionamento e, através dele, pode-se configurar o centro de relevância, centro do ângulo de expansão, suavização e transição. Além desses aspectos gerais da malha, outros aspectos podem ser manipulados; é possível, por exemplo, alterar parâmetros em regiões específicas e

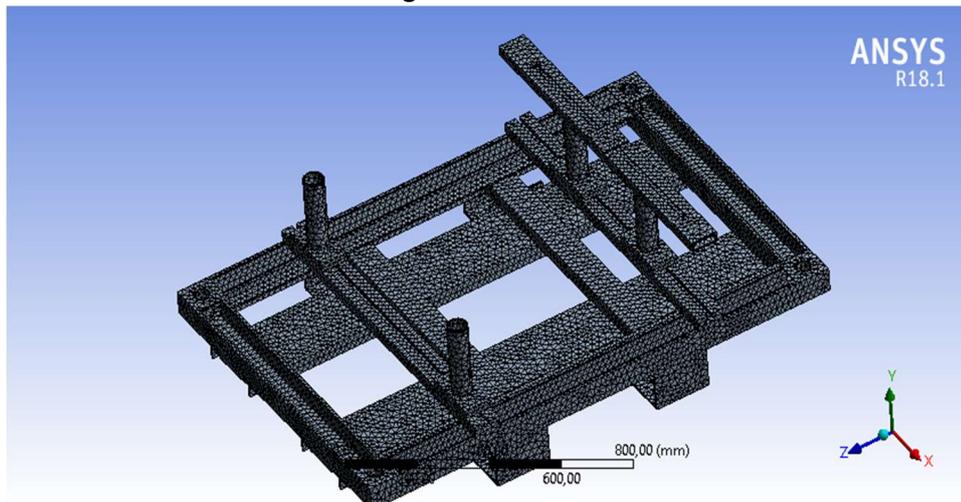
	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

adequar à necessidade local. Os principais parâmetros alterados estão especificados abaixo.

- **Method:** Nessa etapa define-se a formação da malha, no modo automático, gerando uma varredura da peça e promovendo um formato adequado dos elementos;
- **Sizing:** Utiliza-se a função *Element Sizing* para definir o tamanho dos corpos, faces e arestas;
- **Contact Sizing:** Busca-se, nessa etapa, igualar os tamanhos dos elementos que apresentavam proximidade e/ou contato.
- **Refinement:** Apesar do refinamento da malha tornar a simulação mais lenta devido ao aumento do tempo de processamento, essa opção possibilita uma melhora na convergência dos resultados.

Abaixo encontra-se a estrutura do *docking cart* e sua malha.

**Figura 6.2** - Malha



**Fonte:** Autoria própria

### 6.1.2.3 Condições de Contorno

Em uma simulação, as restrições, cargas de corpos, carregamentos, tipos de contatos e as demais características presentes nessa perspectiva denominam-se condições de contorno. Essas condições são, segundo Barkanov (2001), necessárias para realizar uma análise CAE e são divididas em principal (geométrica) ou natural (forças). As geométricas são as restrições dos graus de liberdade da estrutura, e as naturais são os carregamentos que atuam sobre a mesma. Para a obtenção de resultados coerentes é necessário um estudo do conjunto e da forma que os

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

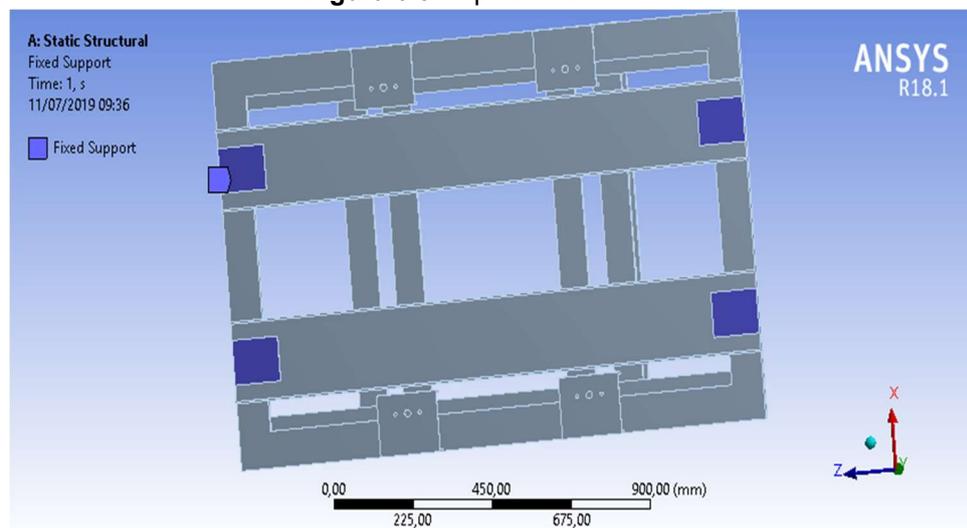
componentes interagem com o mesmo. Quanto mais próximas ou exatas forem as condições de contorno, mais confiáveis são os resultados obtidos.

#### 6.1.2.4 Apoio fixo

Na simulação utilizou-se o recurso dos apoios fixos (*Fixed Support*) para travar a estrutura, de forma que ela não possua movimentação em nenhum eixo, semelhante ao apoio de engastamento tratado na disciplina de Resistência dos Materiais. Essa consideração foi adotada devido ao fato do *docking cart* estar preso sobre os trilhos e com seus rodízios travados. Sendo assim, no momento dos testes dos motores, que é condição crítica, o conjunto apresenta essa configuração.

Para viabilizar a idealização, utilizou-se chapas que nos locais dos rodízios e, dessa forma, aplicou-se os apoios fixos. Na figura abaixo é possível visualizar o recurso mencionado.

**Figura 6.3 - Apoio Fixo**



**Fonte:** Autoria própria

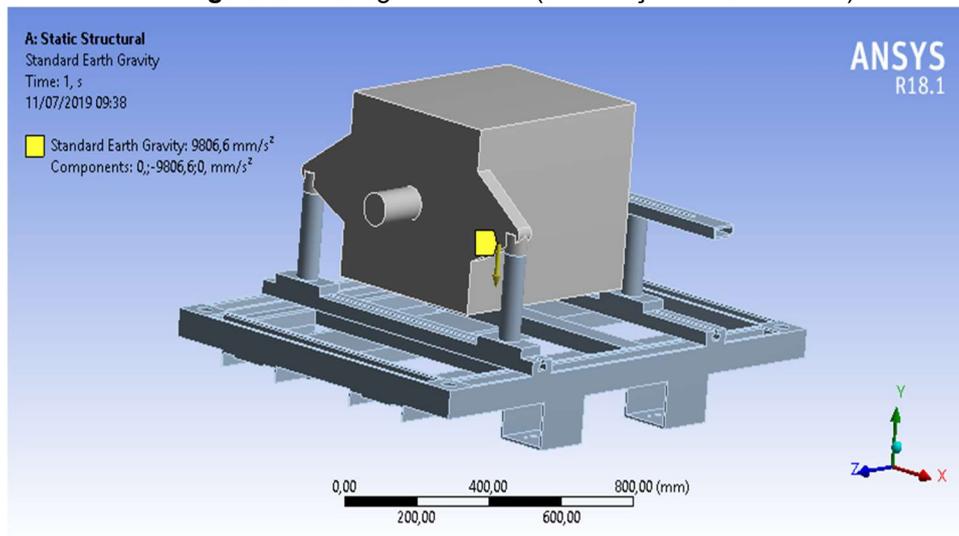
#### 6.1.2.5 Cargas Inerciais

Nessa etapa, utilizou-se do recurso de cargas inerciais, que são cargas que obedecem às leis de Newton e são aplicadas em toda a superfície. Foi considerada a aceleração da gravidade (*Standard Earth Gravity*) no eixo Y, com sentido para baixo (-Y). Adotou-se esse recurso para se obter os efeitos do bloco de alumínio que

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

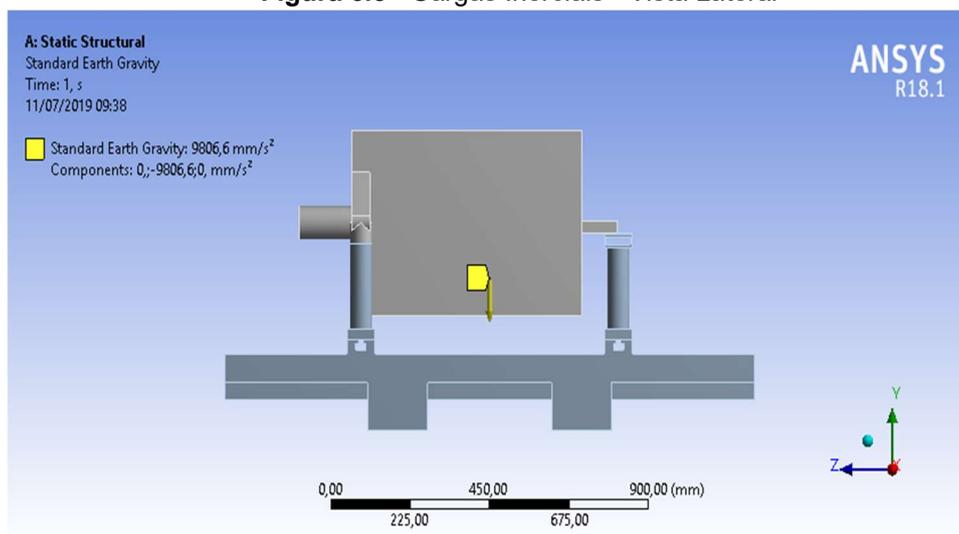
representa o motor, visto que este está apoiado sobre a estrutura do *docking cart*, ou seja, o maior carregamento é o próprio peso do motor.

**Figura 6.4 - Cargas Inerciais (Aceleração da Gravidade)**



Fonte: Autoria própria

**Figura 6.5 - Cargas Inerciais - Vista Lateral**



Fonte: Autoria própria

#### 6.1.2.6 Momento

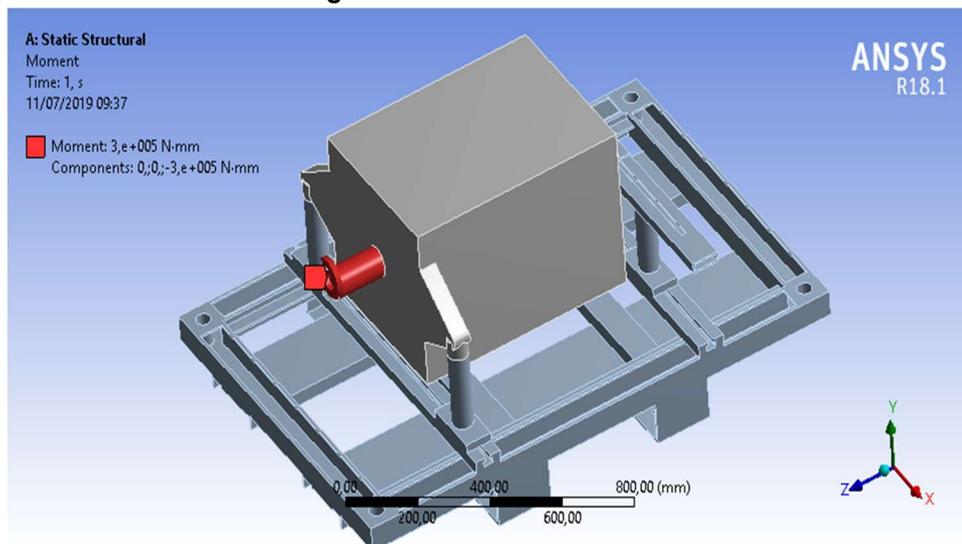
Nessa etapa, considerou-se o maior torque das famílias de motores a serem atendidas, segundo a ficha técnica divulgada pela fabricante esse torque é equivalente

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.:	RELATÓRIO DETALHADO	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

a 243 N.m. No entanto, durante os testes existe a possibilidade de ocorrerem paradas bruscas, quando acontece, por exemplo, um aquecimento excessivo ou elevação de pressão e o próprio sistema interrompe o teste para proteção do motor e segurança.

Nestas situações, a estrutura sofre um pico de torque e, de acordo com profissionais do Laboratório de Ensaio Automotivos do SENAI CIMATEC, deve-se considerar para este efeito um acréscimo de 50 a 80 N.m. Sendo assim, foi considerado para as simulações um torque de 300 N.m a ser aplicado. Nota-se que, mesmo considerando esse cenário crítico, tem-se um resultado aceitável, estando a estrutura apta para o uso nos testes da empresa cliente.

**Figura 6.6 - Momento do motor**



Fonte: Autoria própria

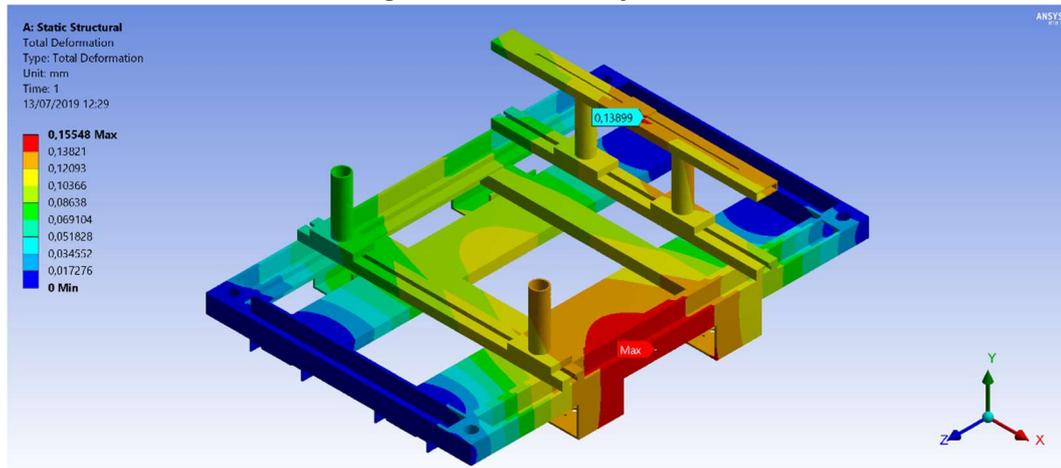
#### 6.1.2.7 Solution

Nesta etapa escolhe-se os resultados que devem ser ressaltados pelo software. No *solution* é possível se obter Tensão Von Mises, Deformação Total, Tensão Máxima de Cisalhamento, Pontos de Máximo e Mínimo, entre outros. Gráficos e tabelas também podem ser gerados.

Na simulação do sistema tratado neste relatório, foi selecionado como resultado do *solution* a Tensão Von Mises e a Deformação Total. Esses dois valores foram utilizados para validar a estrutura e comparar com o material adotado e os requisitos propostos no início do projeto.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

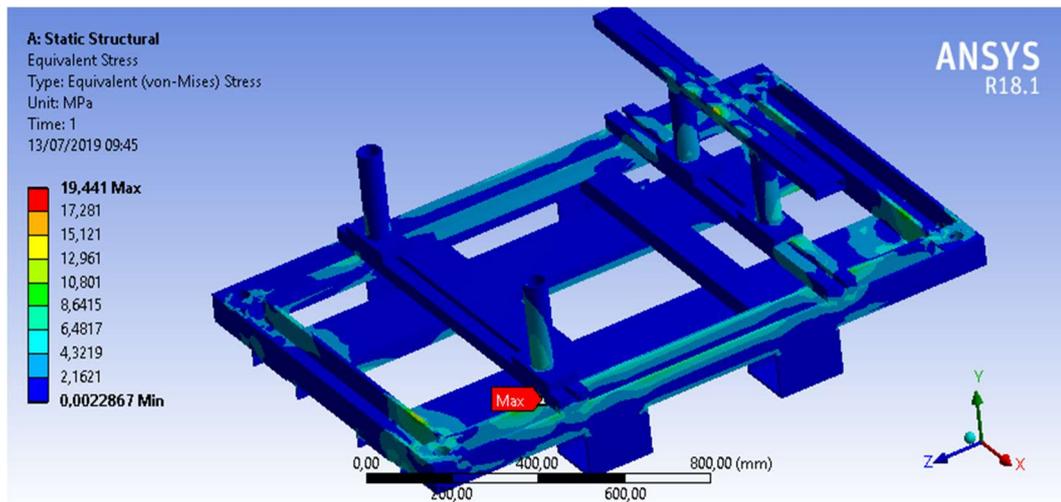
**Figura 6.7 – Deformação total**



Fonte: Autoria própria

A deformação máxima foi de 0,15 mm e no suporte do coxim, que é um ponto crítico, a deformação foi de 0,14 mm, ambos valores aceitáveis, visto que em Laboratórios de Ensaio Automotivos do SENAI CIMATEC encontra-se uma deformação de até 2 mm. Vale ressaltar, ainda, que parte da deformação no suporte do coxim será absorvida pelo próprio coxim que não pode ser adicionado à simulação.

**Figura 6.8 - Tensão Von - Misses**



Fonte: Autoria própria

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

### 6.1.2.8 Análise dos resultados

Para analisar a tensão obtida, definiu-se os coeficientes de segurança, estes representam uma medida razoável de incerteza do projeto. Através da figura 6.9, que apresenta uma forma para determinação de fatores de segurança, foi possível determinar um fator de segurança ( $F_S$ ) adequado ao projeto. Os materiais dúcteis sob carregamento estático são projetados pelo limite de escoamento ( $\sigma_{esc}$ ) e apresentam a seguinte forma de consideração dos fatores:

$$N_{dúctil} = MAX (F1;F2;F3)$$

Onde F1, F2 e F3 são os fatores descritos na figura 6.9.

**Figura 6.9 - Fatores de Segurança**

Informações	Qualidade das informações	Fator
Dados das propriedades dos materiais disponíveis a partir de testes	O material realmente utilizado foi testado	<b>F1</b> 1,3
	Dados representativos de testes do material estão disponíveis	2
	Dados razoavelmente representativos de testes do material estão disponíveis	3
	Dados insuficientemente representativos de testes do material estão disponíveis	5+
Condições ambientais nas quais será utilizado	São idênticas às condições dos testes de materiais	<b>F2</b> 1,3
	Essencialmente igual ao ambiente de um laboratório comum	2
	Ambiente moderadamente desafiador	3
	Ambiente extremamente desafiador	5+
Modelos analíticos para forças e tensões	Os modelos foram testados em experimentos	<b>F3</b> 1,3
	Os modelos representam precisamente o sistema	2
	Os modelos representam aproximadamente o sistema	3
	Os modelos são aproximações grosseiras	5+

**Fonte:** Norton

De acordo com essa metodologia, o fator de Segurança que deve ser adotado é o maior dos três fatores. Após análise, realizada conforme o cenário e características do projeto, o fator definido foi de 3. Com esse coeficiente obteve-se a Tensão Admissível ( $\sigma_{adm}$ ) conforme equação abaixo:

$$F_s = \frac{\sigma_{esc}}{\sigma_{adm}}$$

$$3 = \frac{530}{\sigma_{adm}}$$

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.:	RELATÓRIO DETALHADO	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

$$\sigma_{adm} = 177 \text{ Mpa}$$

Resumindo, tem-se a seguinte tabela:

**Tabela 6.2** – Análise Estrutural

Tensão Von - Misses (MPa)	19,441
Deformação total (mm)	0,15546
Limite de Escoamento do aço 1045 (MPa)	530
Fator de Segurança de Projeto	3
Tensão Admissível (MPa)	177

Fonte: Autoria Própria

Visto que a tensão máxima obtida, 19,44 Mpa, foi inferior a tensão admissível, a estrutura suportará os esforços que serão aplicados. Além disso, observando as imagens e comparando com os resultados obtidos no relatório Básico, percebe-se que, após o redimensionamento da estrutura, o ponto de máxima tensão e deformação deixou de ser na peça que serve de suporte para o coxim do motor, e passou a ser e uma das vigas da estrutura.

Apesar do redimensionamento realizado entre o projeto básico e detalhado, o *docking cart* continua com um coeficiente de segurança elevado e uma massa superior à 200kg desejada pelo cliente. Isso se deve ao fato de que a análise estrutural realizada foi estática, sem análise dinâmica, e se projetou o carrinho para suportar cargas acima das aplicadas no cenário atual com os seguintes objetivos:

- Aumentar a sua durabilidade, visto que o cliente tem como necessidade uma vida útil do produto de 15 anos;
- Possibilitar o uso deste mesmo *docking cart* para novas famílias de motores;
- Possibilitar o uso deste mesmo *docking cart* para outras aplicações, visto que o cliente possui em suas salas-prova-motor dinamômetros com torque máximo de 610 N.m, capaz de realizar testes em motores mais robustos.

	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 20 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

Além disso, algumas das soluções desenvolvidas para atender aos requisitos do cliente também promoveram um acréscimo de massa da estrutura. Foram elas: o painel para conexão dos sensores com aproximadamente 3,2 kg; quatro bases com pórticos e fusos totalizando 31,56 kg; dois trilhos de movimentação dos pórticos totalizando 38,32 kg e as quatro bandejas para contenção de vazamentos totalizando 22kg. Somadas, as massas desses componentes totalizam 95,05 kg, sem estes o *docking cart* teria aproximadamente 158 kg.

Possibilidades de redimensionamento e de atividades futuras para reduzir a massa da estrutura serão discutidas nos comentários finais.

Um relatório mais detalhado da simulação realizada encontra-se no anexo A.

## 6.2 VIABILIDADE FINANCEIRA

Para realizar a análise de viabilidade financeira do projeto, comparou-se os custos do mesmo com o retorno estimado, tendo como base a redução de tempo de setup interno estimada e custo da hora da sala-prova-motor parada.

Essa análise foi realizada com três cenários. No primeiro cenário calculou-se o *payback* simples utilizando os custos que foram levantados dos materiais a serem utilizados para fabricar o *docking cart* e componentes de prateleira, para isso buscou-se os preços dos materiais nas empresas Hiperferro, Bahiaferro, Metafer, Intersteel e DWGA. No segundo cenário calculou-se o *payback* simples utilizando o orçamento da empresa Metalúrgica Valente, localizada em Lauro de Freitas, Bahia, a qual orçou a fabricação de uma unidade do *docking cart*. No terceiro cenário calculou-se o *payback* simples utilizando o orçamento da empresa Metal Solution, localizada em Camaçari, Bahia, a qual orçou a fabricação de 25 unidades do *docking cart*.

Demais parâmetros utilizados para o cálculo de *payback* simples, inclusive os que foram fornecidos pela empresa cliente encontram-se na tabela abaixo.

**Tabela 6.3** – Parâmetro para cálculo de *payback* simples

Custo por hora parada da SPM	R\$123,00
Número médio de trocas de motor por mês	38
Tempo médio de troca	340 minutos
Tempo economizado com novo produto	90 minutos

**Fonte:** Autoria Própria

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 21 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

### 6.2.1 CENÁRIO 1

Primeiramente buscou-se o custo por material conforme sua forma de fornecimento, os valores obtidos encontram-se na tabela 6.4. Além disso, buscou-se os custos de componentes de prateleira, estes se encontram na tabela 6.5

**Tabela 6.4 – Custo por material**

MATERIAL	PREÇO UNITÁRIO	QUANTIDADE P/ 25 UNS	TOTAL
VIGA PERFIL U 90X90mm e=5mm	R\$312,50	50	R\$15265,00
VIGA PERFIL U 200X60mm e=5mm	R\$412,00	25	R\$10300,00
VIGA PERFIL U 150X116mm e=5mm	R\$480,20	25	R\$12005,00
BARRA CHATA 70 E=11,6mm	R\$260,81	25	R\$6520,25
BARRA CHATA 165X80mm	R\$353,66	25	R\$8841,50
METALON 60x50mm e=6,3mm	R\$205,98	25	R\$5149,50
TUBO REDONDO 100X18mm	R\$196,19	25	R\$4904,75
TUBO REDONDO 365X40mm	R\$404,78	25	R\$10119,50
CHAPA DE NYLON 1000X500X8mm	R\$284,47	3	R\$853,41
CHAPA DE AÇO INOX 810 X 345 X 4MM	R\$360,00	25	R\$9000,00
CHAPA DE PVC 200X300X50mm	R\$127,00	100	R\$12700,00
TUBO REDONDO 900 X 500mm X DIAM. 43mm	R\$70,63	150	R\$10593,75
<b>TOTAL/UNIDADE</b>			<b>R\$4.238,11</b>
<b>TOTAL P/ 25 UNIDADES</b>			<b>R\$105.952,66</b>

Fonte: Autoria Própria

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.:	RELATÓRIO DETALHADO	
	Folha:	22 de 31	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

**Tabela 6.5** – Custo de componentes de prateleira

COMPONENTE	PREÇO UNITÁRIO	QUANTIDADE/UN	TOTAL
Parafuso M10x60	R\$4,00	10	R\$40,00
Parafuso M12x45	R\$6,00	8	R\$48,00
Parafuso M20 x 90	R\$3,50	10	R\$35,00
Tomada	R\$400,00	1	R\$400,00
Rodízio Giratório c/ freio	R\$230,00	4	R\$920
<b>TOTAL/UNIDADE</b>			<b>R\$1.443,00</b>
<b>TOTAL PARA 25 UNIDADES</b>			<b>R\$36.075,00</b>

Fonte: Autoria Própria

Obteve-se um custo total para fabricação de 25 carrinhos de R\$142027,66 ou R\$5681,11 por carrinho. Com uma economia gerada de R\$7011,00 por mês (economia de 90 minutos por troca, em 38 trocas e com custo de R\$123,00 por hora), o *payback* simples do investimento para os 25 *docking carts* é de 20 meses.

### 6.2.2 CENÁRIO 2

Para esta análise, tomou-se como base o orçamento da empresa Metalurgia Valente (anexo 2), o qual não inclui os componentes de prateleira.

O orçamento foi de R\$10982,85, totalizando R\$12465,85 por unidade com os demais componentes. O *payback* simples para o investimento em 25 carrinhos é de 44 meses.

### 6.2.3 CENÁRIO 3

Para esta análise, tomou-se como base o orçamento da empresa Metal Solution (anexo 3), o qual não inclui os componentes de prateleira.

O orçamento foi de R\$5700,00 por unidade na compra das 25 unidades, totalizando R\$7183,00 por unidade com os demais componentes. O *payback* simples para o investimento em 25 carrinhos é de 25 meses.

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.:	RELATÓRIO DETALHADO	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## 7 COMENTÁRIOS FINAIS

Com o projeto desenvolvido, pode-se atender quase que a totalidade dos requisitos e necessidades do cliente e com um custo que traz um retorno em aproximadamente dois anos, o que, dentro da vida útil esperada de 15 anos do produto, é vantajoso. Visto a necessidade de cumprir o principal requisito de reduzir o tempo de setup interno, houve a necessidade de sacrificar o requisito de massa da estrutura, por esse ser de menor relevância e não afetar a funcionalidade do produto, nem o tempo na troca dos motores.

No entanto, como forma de atender ao requisito obrigatório de massa desejado pelo cliente, bem como reduzir o fator de segurança calculado no projeto, seria possível realizar uma redução nas espessuras dos componentes da estrutura. Para tal, seria necessário também uma nova análise estrutural do *docking cart*, o que se tornou inviável neste momento devido aos recursos disponíveis para o projeto, sendo esta uma atividade sugerida ao cliente a ser realizada futuramente.

As espessuras das peças brutas (vigas em U, vigas em I, chapas de alumínio, barras quadradas, barras chatas e tubos redondos) podem ser reduzidas para a confecção do projeto.

As vigas em U que estão com a espessura de 5 milímetros podem ser diminuídas para 4,32 mm, as barras chatas de 11,60 mm e 18 mm de espessura não teria como serem modificadas, visto que já são as menores de mercado, o tubo quadrado pode ser alterado de 5 mm para 2,65 mm e o tubo redondo seria projetado com 2,65 mm de espessura. Dessa forma, acredita-se que a massa e fator de segurança serão reduzidos, atendendo aos requisitos do cliente.

Além disso, poderão ser realizadas análises utilizando softwares de elementos finitos como o ANSYS para analisar a vida útil do produto, verificando, assim, se o *docking cart* suportará os 15 anos de operação desejados.

	Tipo Doc.:	RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.:	RELATÓRIO DETALHADO	
	Projeto:	Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## REFERÊNCIAS

BahiaFerro. **Produtos**. Disponível em: <[http://www.bahiaferro.com.br/?page\\_id=16](http://www.bahiaferro.com.br/?page_id=16)>. Acesso em: 03 jul. 2019.

BARKANOV, Evgeny. *Introduction o the finite element method*. Riga: s.n., 2001.

DWGA Soluções em Plásticos. **Nylon 6**. Disponível em: <<https://www.dwga.com.br/plasticos-de-engenharia/nylon-6-6>>. Acesso em: 05 jul. 2019.

Harting. **Han D® / Han DD®**. Disponível em: <[http://isotron.com.br/wp-content/uploads/2016/10/Industrial\\_Connectors\\_Han\\_D-DD.pdf](http://isotron.com.br/wp-content/uploads/2016/10/Industrial_Connectors_Han_D-DD.pdf)>. Acesso em: 09 jul. 2019.

Hiperferro. **Tubo Metalon**. Disponível em: <<http://www.hiperferro.com.br/chapas-tubos-perfilados/tubos-industriais-metalons/tubo-metalon/tubo-metalon>>. Acesso em: 03 jul. 2019.

Intersteel. **Produtos**. Disponível em: <<http://www.intersteel.com.br/produtos-servicos.php>>. Acesso em: 03 jul. 2019.

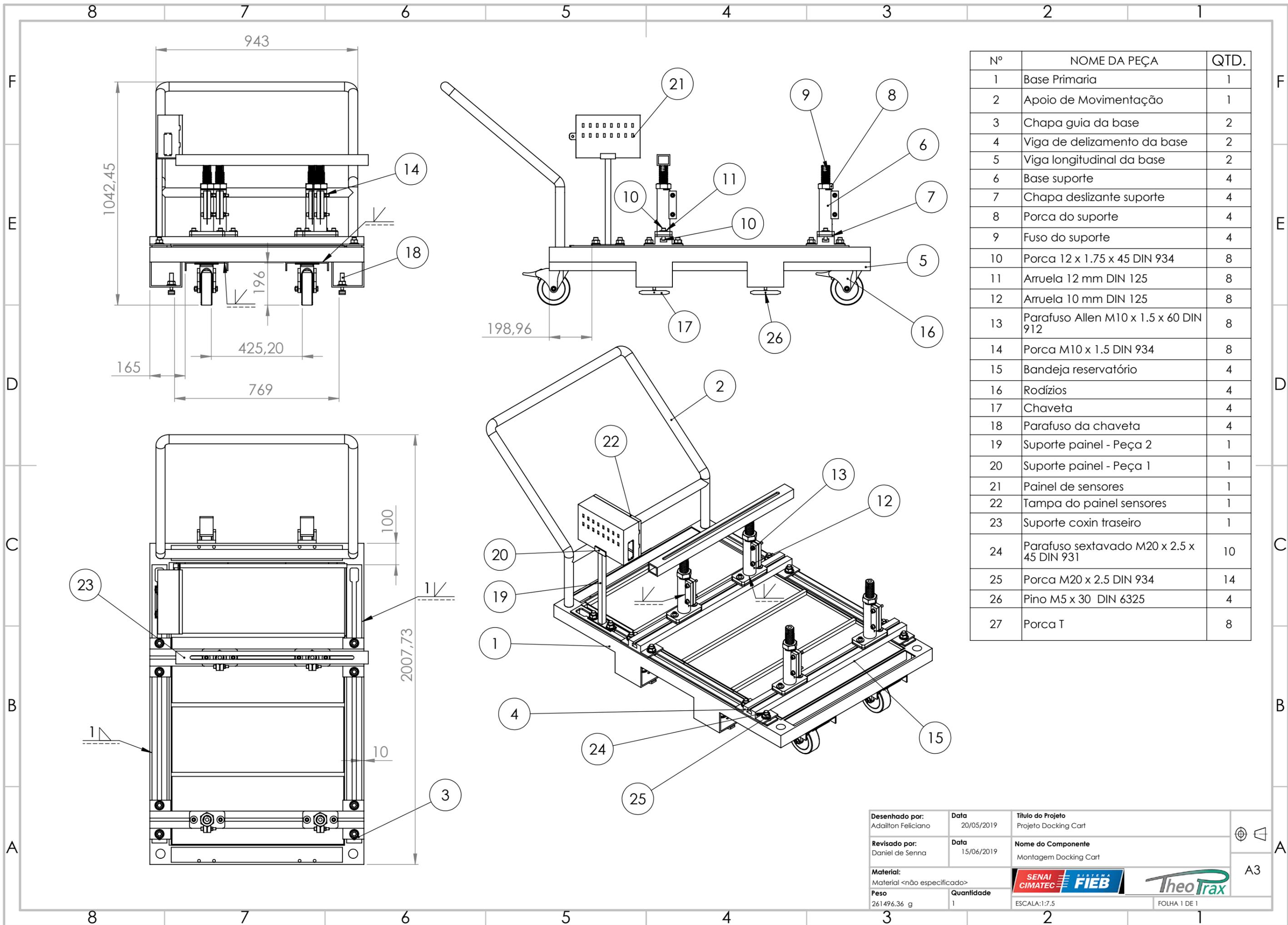
Mult-rodas. **GS 62 NTE FP**. Disponível em: <<https://www.multrodas.com/product-page/gs-62-nte-fp>>. Acesso em: 22 jun. 2019.

Mult-rodas. **GS 62 UPE FP**. Disponível em: <<https://www.multrodas.com/product-page/gs-62-upe-fp>>. Acesso em: 22 jun. 2019.

METAFER. **Vigas**. Disponível em: <<http://www.acosmetafer.com.br/vigas>>. Acesso em: 03 jul. 2019.

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 25 de 31
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## APÊNDICE A – DESENHOS 2D



Nº	NOME DA PEÇA	QTD.
1	Base Primária	1
2	Apoio de Movimentação	1
3	Chapa guia da base	2
4	Viga de deslizamento da base	2
5	Viga longitudinal da base	2
6	Base suporte	4
7	Chapa deslizante suporte	4
8	Porca do suporte	4
9	Fuso do suporte	4
10	Porca 12 x 1.75 x 45 DIN 934	8
11	Arruela 12 mm DIN 125	8
12	Arruela 10 mm DIN 125	8
13	Parafuso Allen M10 x 1.5 x 60 DIN 912	8
14	Porca M10 x 1.5 DIN 934	8
15	Bandeja reservatório	4
16	Rodízios	4
17	Chaveta	4
18	Parafuso da chaveta	4
19	Suporte painel - Peça 2	1
20	Suporte painel - Peça 1	1
21	Painel de sensores	1
22	Tampa do painel sensores	1
23	Suporte coxin traseiro	1
24	Parafuso sextavado M20 x 2.5 x 45 DIN 931	10
25	Porca M20 x 2.5 DIN 934	14
26	Pino M5 x 30 DIN 6325	4
27	Porca T	8

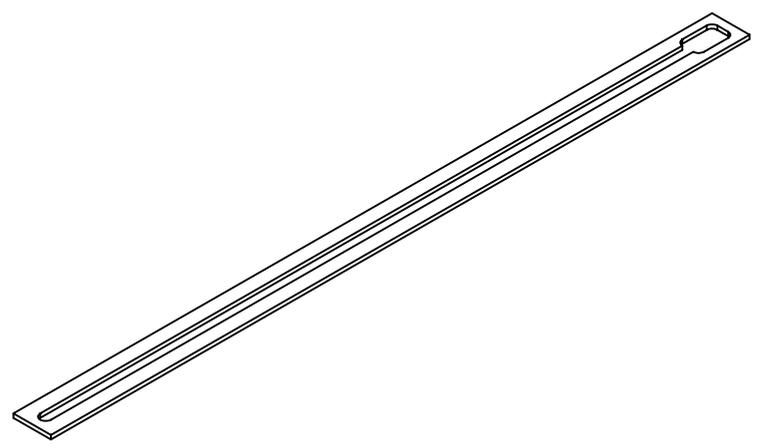
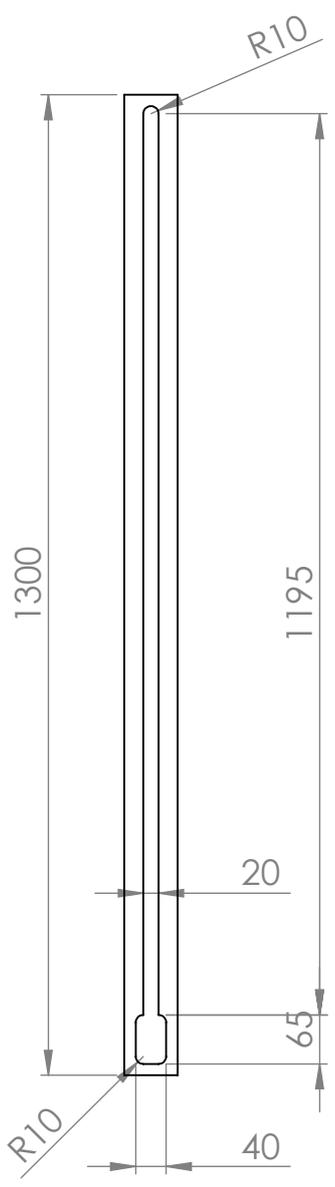
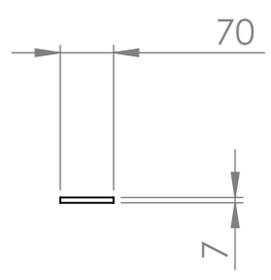
<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Montagem Docking Cart
<b>Material:</b> Material <não especificado>		
<b>Peso:</b> 261496.36 g	<b>Quantidade:</b> 1	
		ESCALA:1:7.5
		FOLHA 1 DE 1

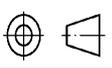
A3

4 3 2 1

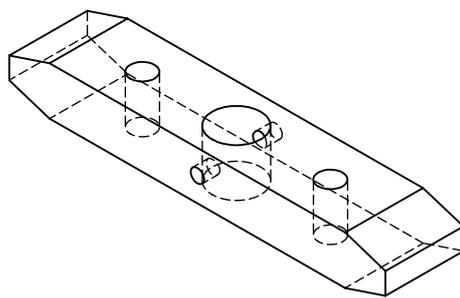
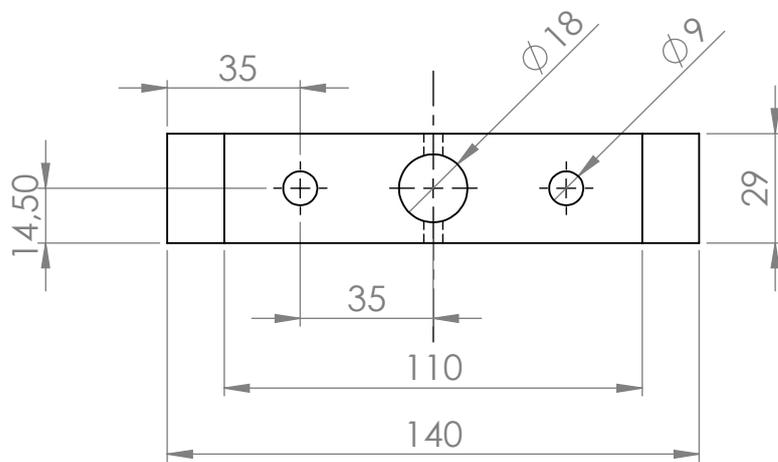
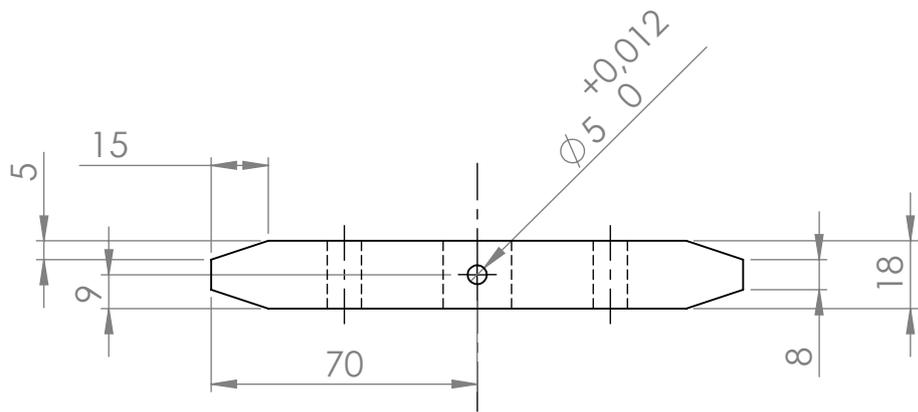
F  
E  
D  
C  
B  
A

F  
E  
D  
C  
B  
A

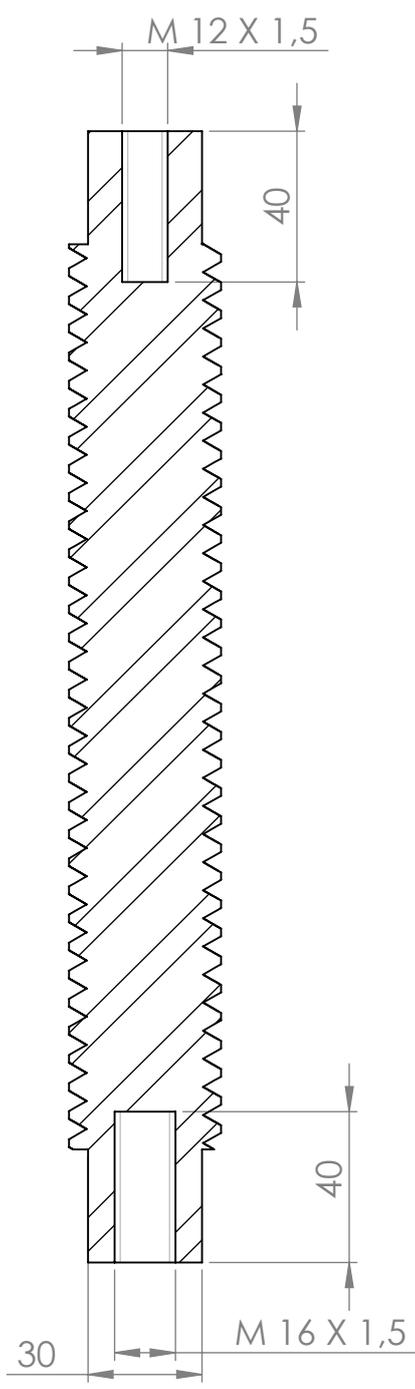
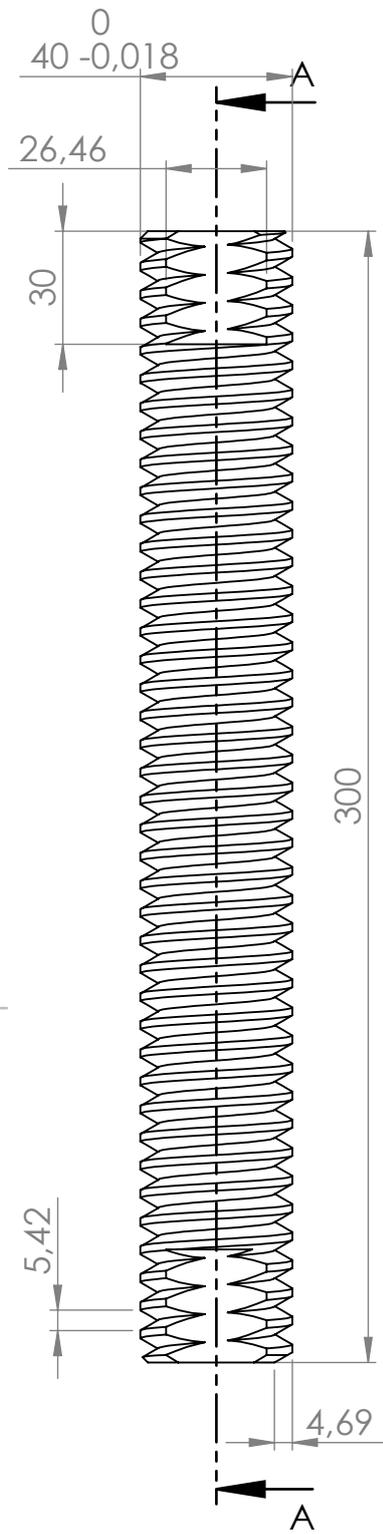


<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Chapa guia da base	
<b>Material:</b> AISI 1045 Aço, trefilado			A4
<b>Peso:</b> 3540.36 g	<b>Quantidade:</b> 2		

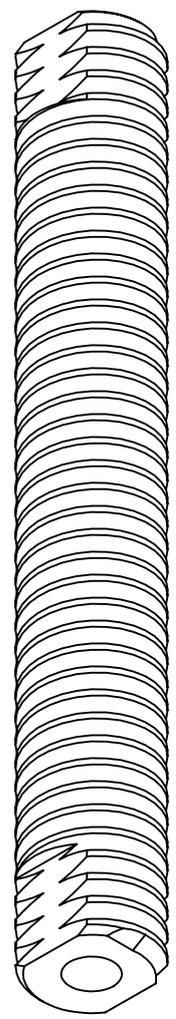
4 3 2 1



<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Chaveta	
<b>Material:</b> AISI 1045 Aço, trefilado		  	
<b>Peso:</b> 483.87 g	<b>Quantidade:</b> 4	ESCALA: 1:2	A4 FOLHA 1 DE 1

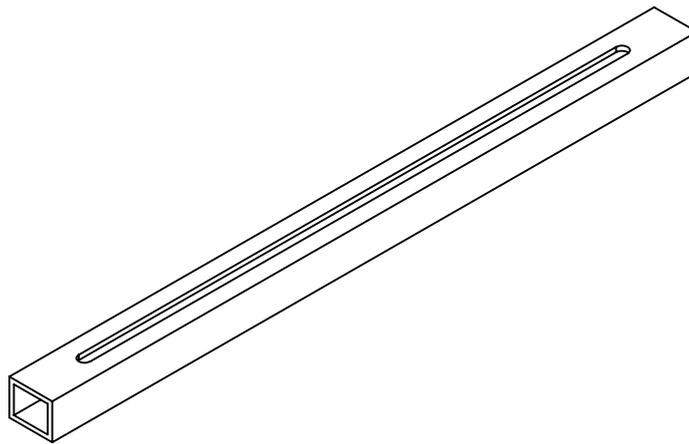
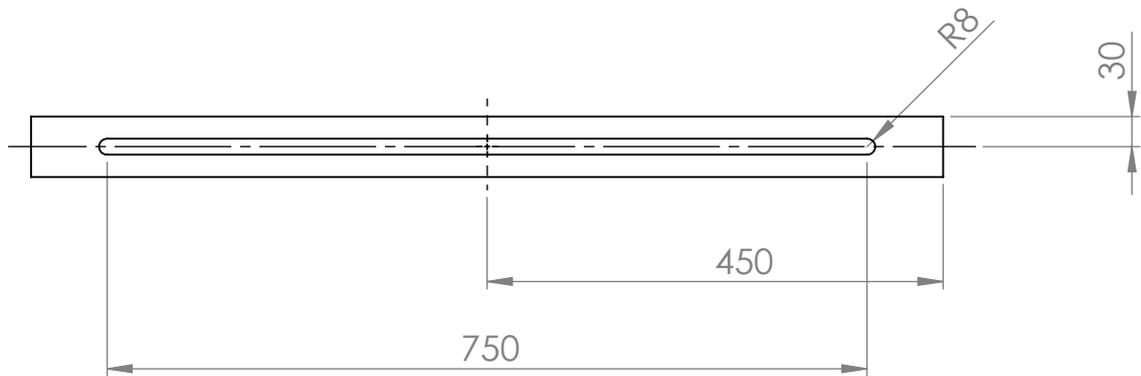
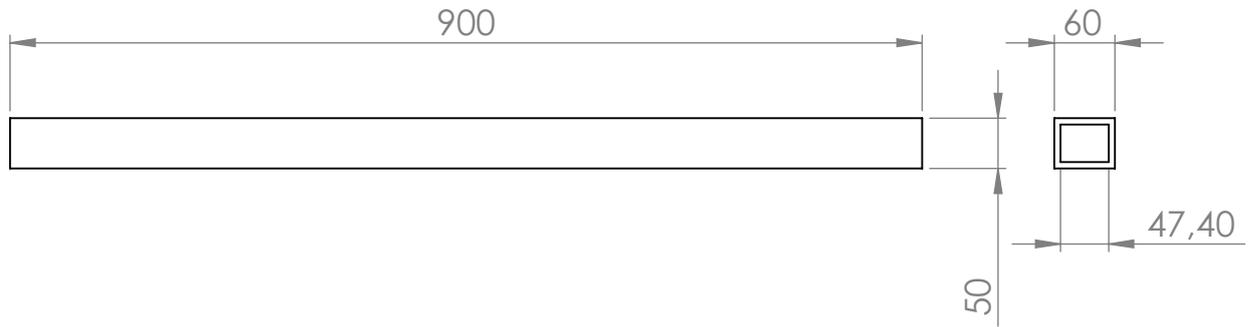


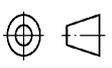
SEÇÃO A-A

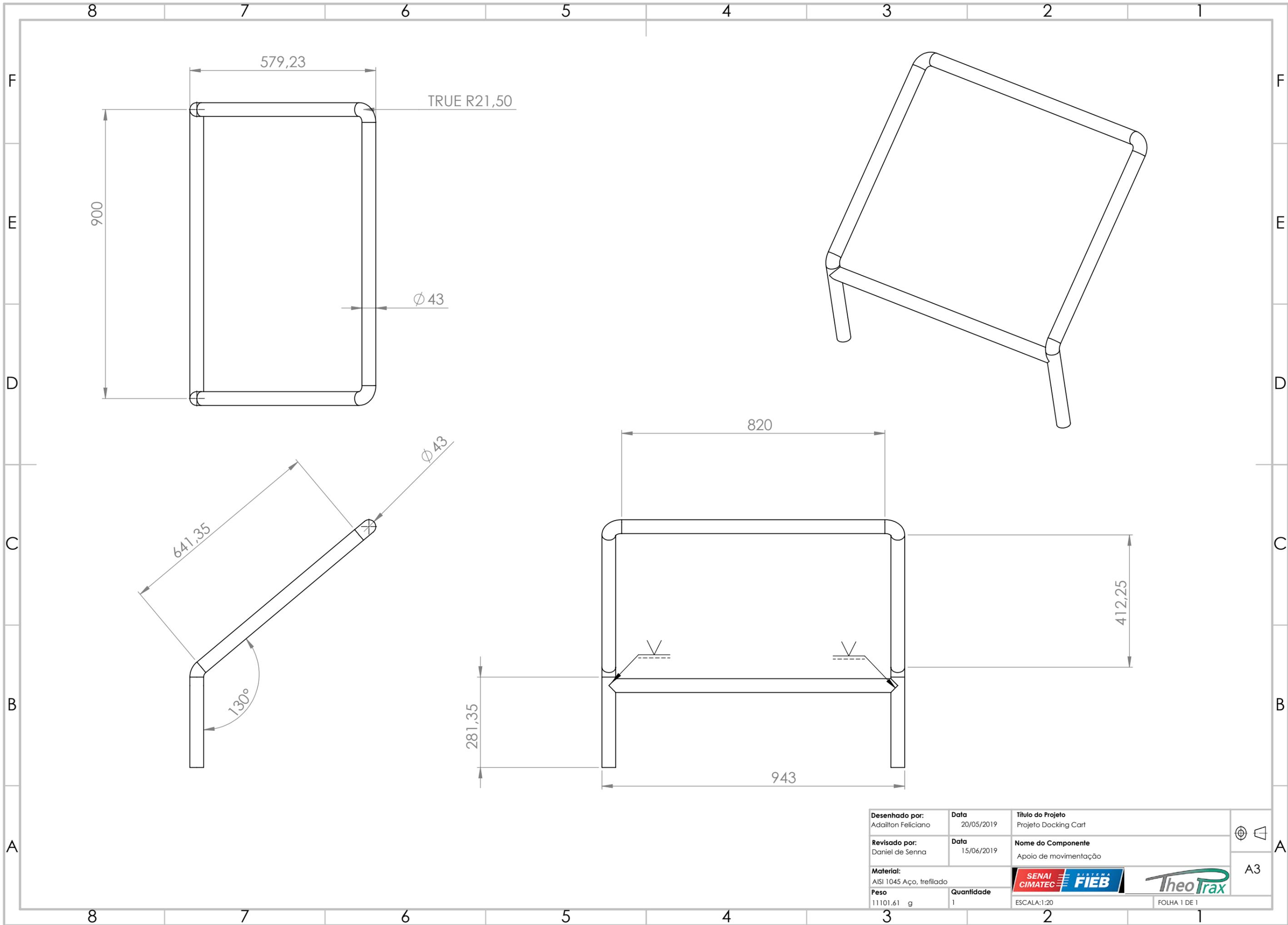


<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Fuso suporte	
<b>Material:</b> AISI 1045 Aço, trefilado			
<b>Peso:</b> 2350.32 g	<b>Quantidade:</b> 4	<b>ESCALA:</b> 1:2	<b>FOLHA:</b> 1 DE 1

A4



<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Suporte do coxim traseiro	
<b>Material:</b> AISI 1045 Aço, trefilado			
<b>Peso:</b> 7463.64 g	<b>Quantidade:</b> 1	ESCALA: 1:10	A4 FOLHA 1 DE 1

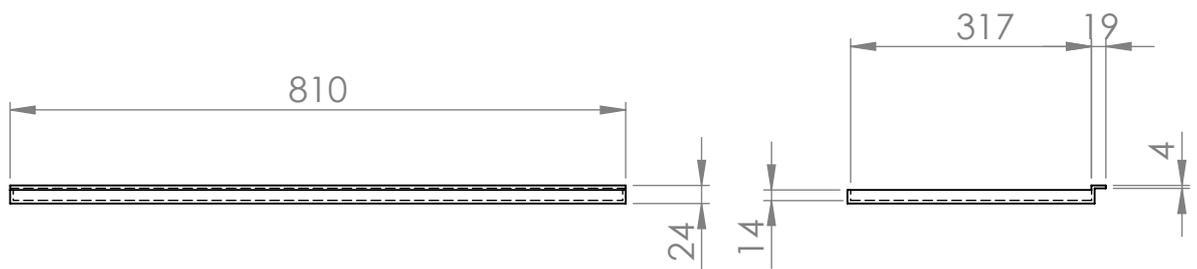


<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	  <b>A3</b>
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Apoio de movimentação	
<b>MATERIAL:</b> AISI 1045 Aço, trefilado		  	
<b>Peso:</b> 11101,61 g	<b>Quantidade:</b> 1	ESCALA:1:20	FOLHA 1 DE 1

4 3 2 1

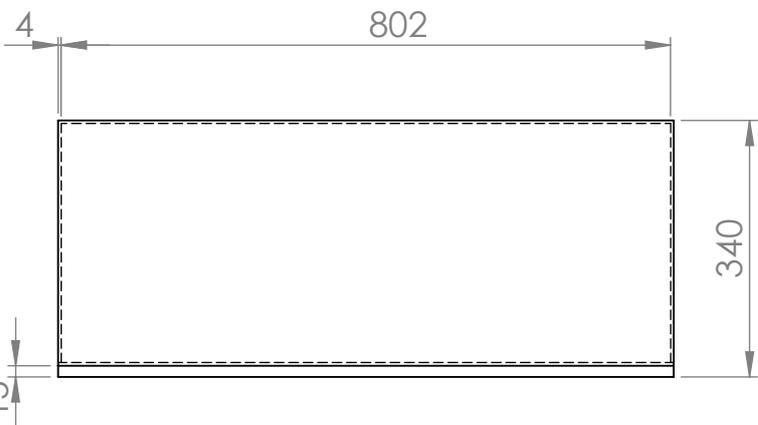
F

F



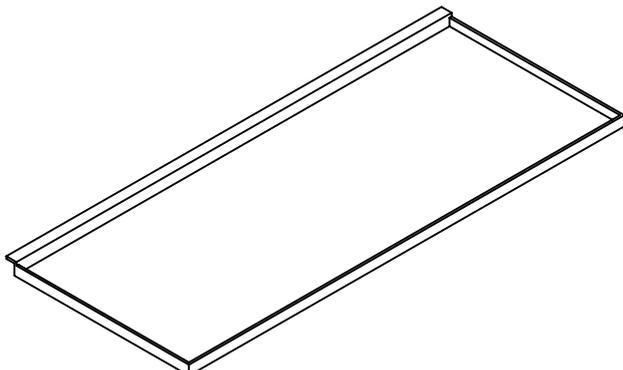
E

E



D

D



C

C

B

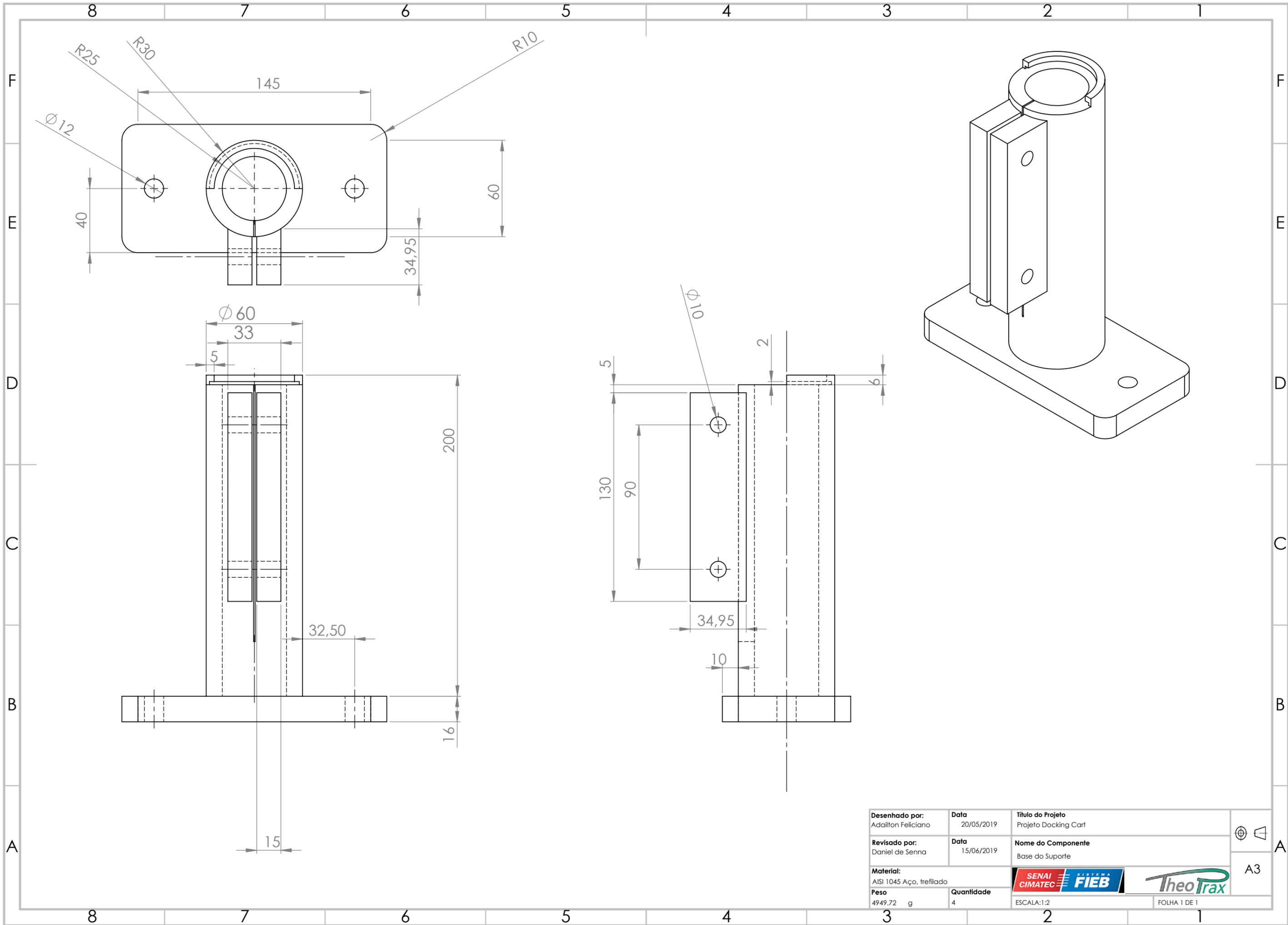
B

A

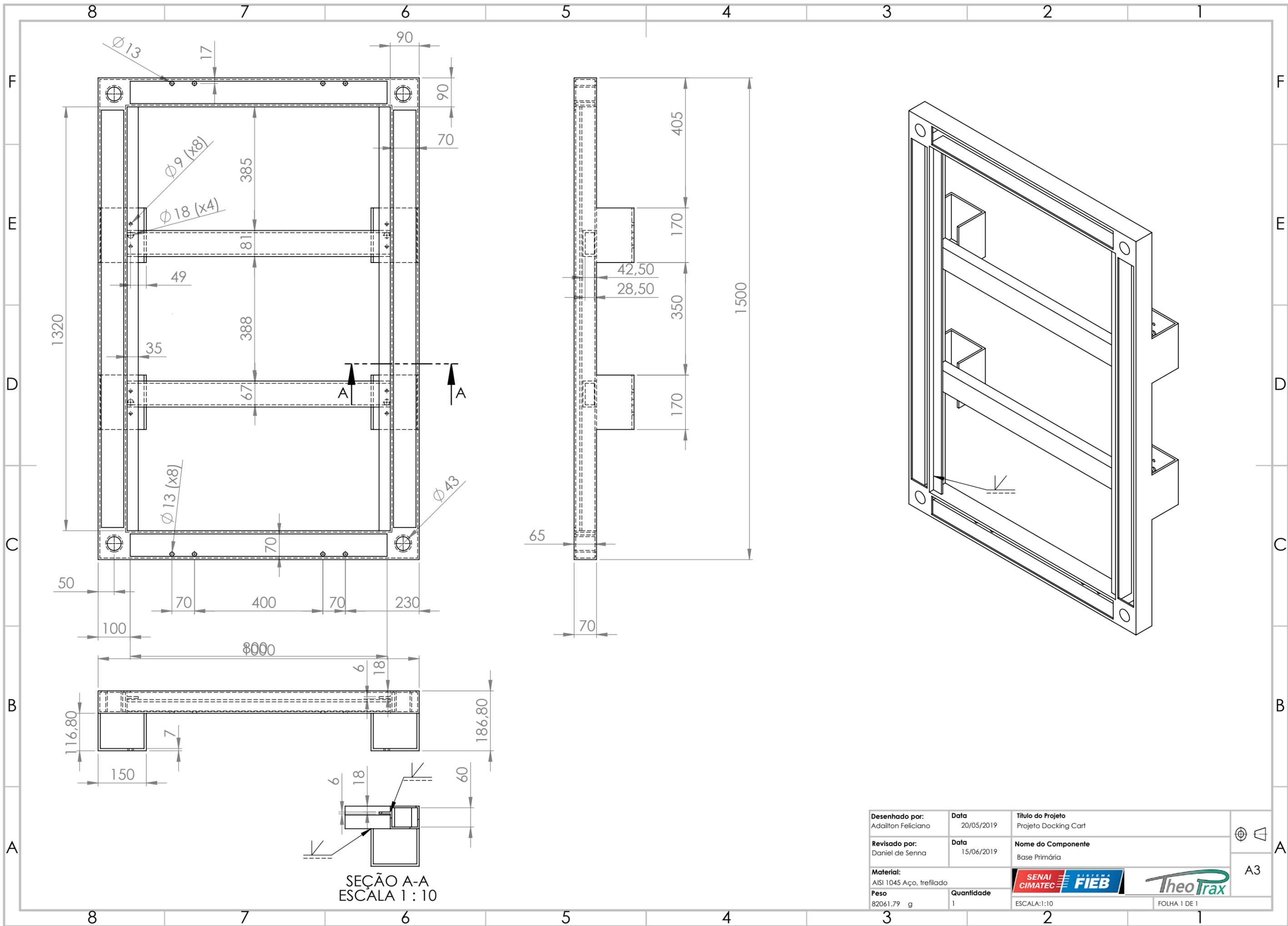
A

<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	 
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Bandeja Reservatório	
<b>Material:</b> Aço cromo inoxidável		  	A4
<b>Peso:</b> 9728.66 g	<b>Quantidade:</b> 4		
			FOLHA 1 DE 1

4 3 2 1



<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	 
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Base do Suporte	
<b>Material:</b> AISI 1045 Aço, trefilado		  	A3
<b>Peso:</b> 4949.72 g	<b>Quantidade:</b> 4		ESCALA:1:2



<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	  <b>A3</b>
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Base Primária	
<b>MATERIAL:</b> AISI 1045 Aço, trefilado		  	
<b>Peso:</b> 82061.79 g	<b>Quantidade:</b> 1	<b>ESCALA:</b> 1:10	<b>FOLHA:</b> 1 DE 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

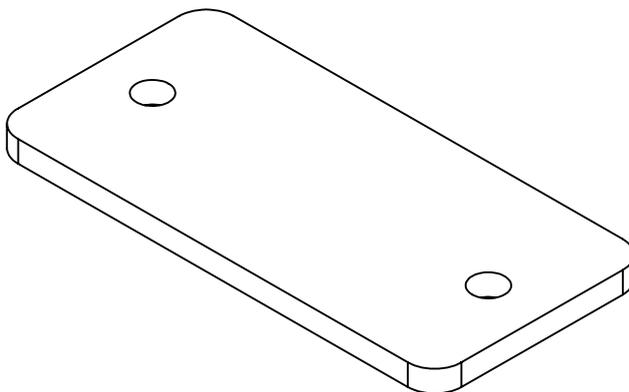
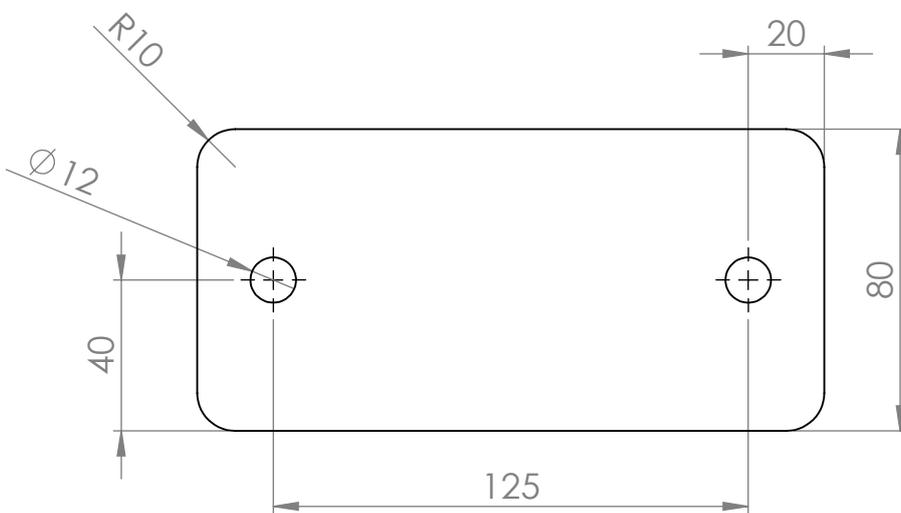
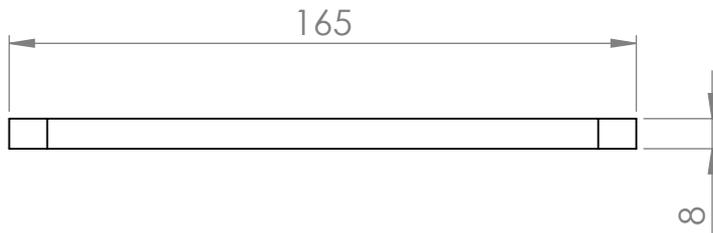
C

B

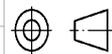
B

A

A

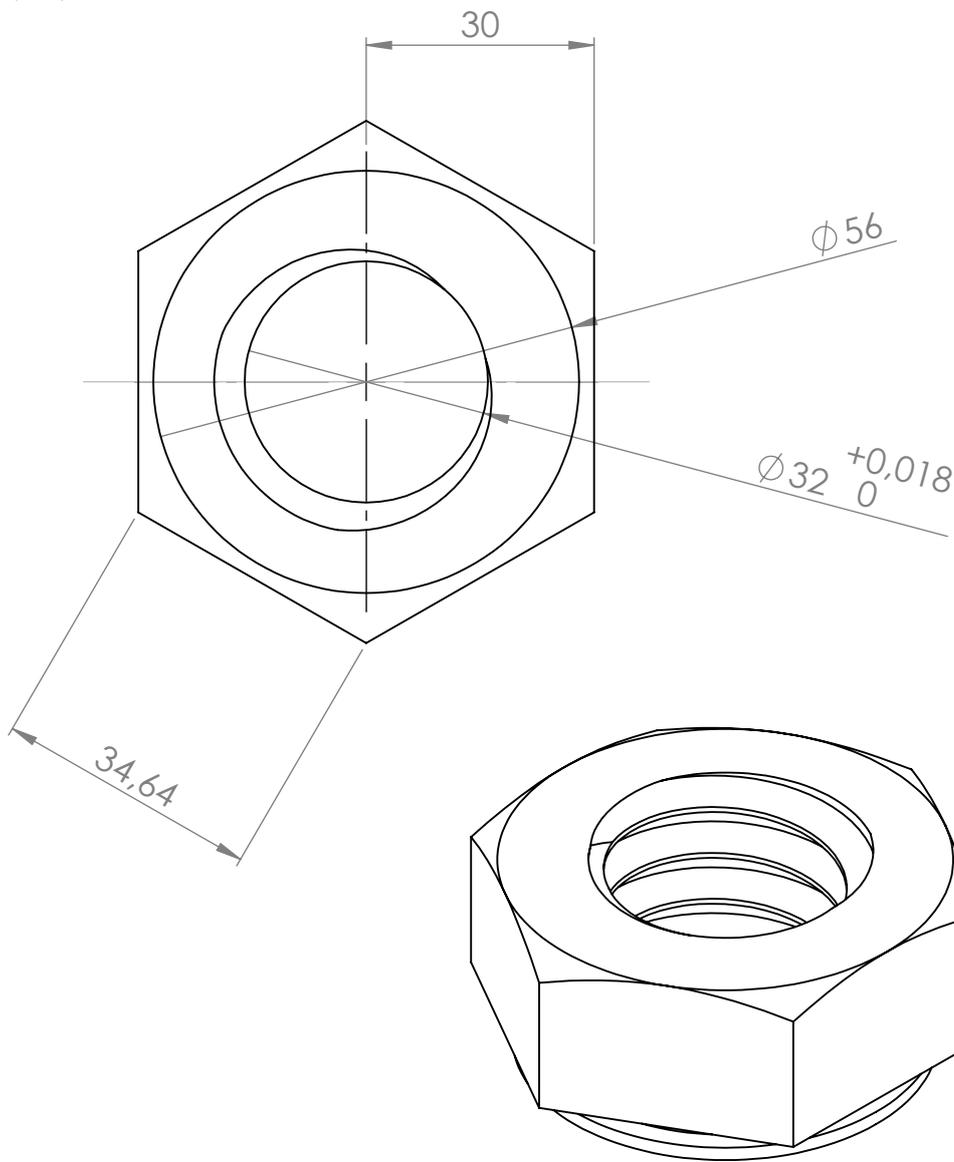
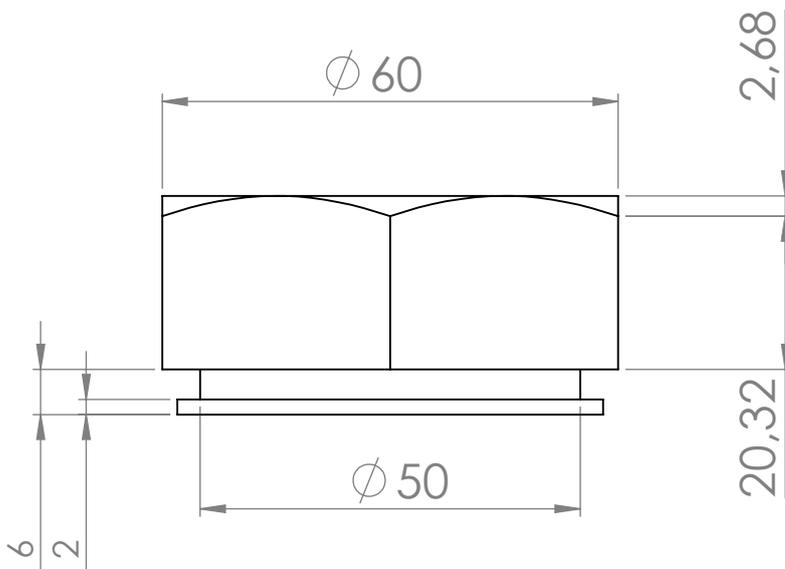


<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Chapa deslizante do suporte
<b>Material:</b> Náilon 101		
<b>Peso:</b> 118.57 g	<b>Quantidade:</b> 4	
ESCALA: 1:5		FOLHA 1 DE 1

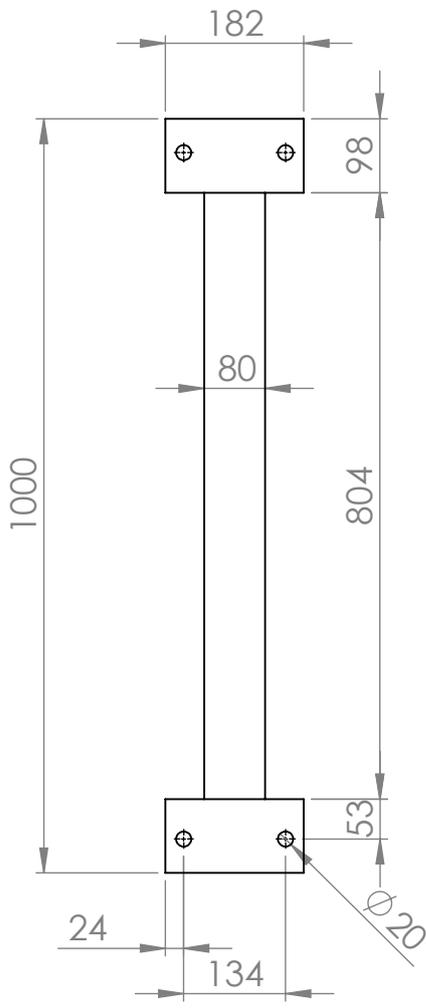
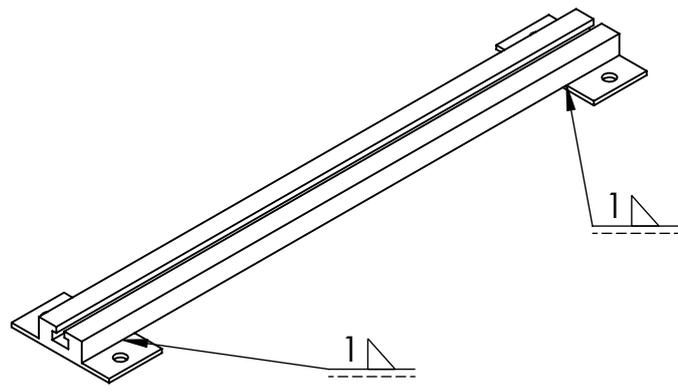
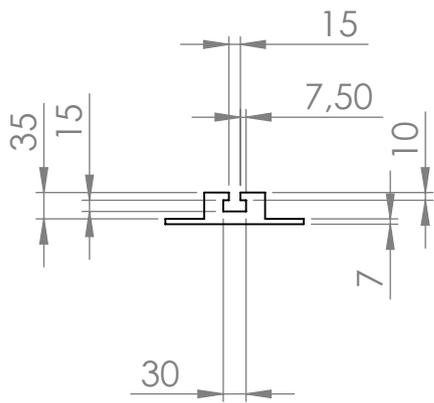


A4

4 3 2 1

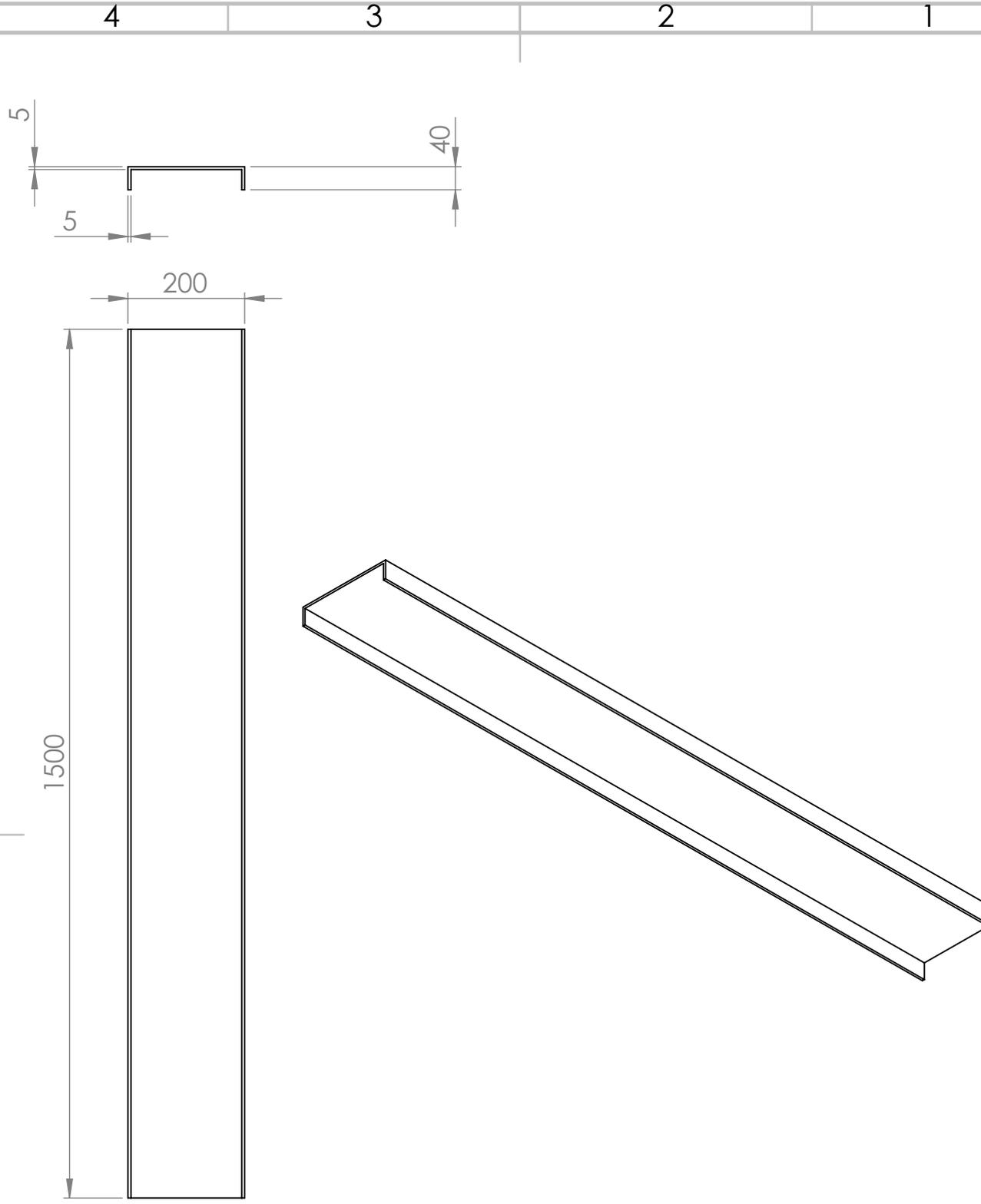


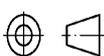
<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Porca do suporte	
<b>Material:</b> AISI 1045 Aço, trefilado			A4
<b>Peso:</b> 419,22 g	<b>Quantidade:</b> 4		

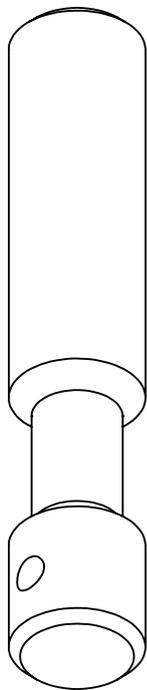
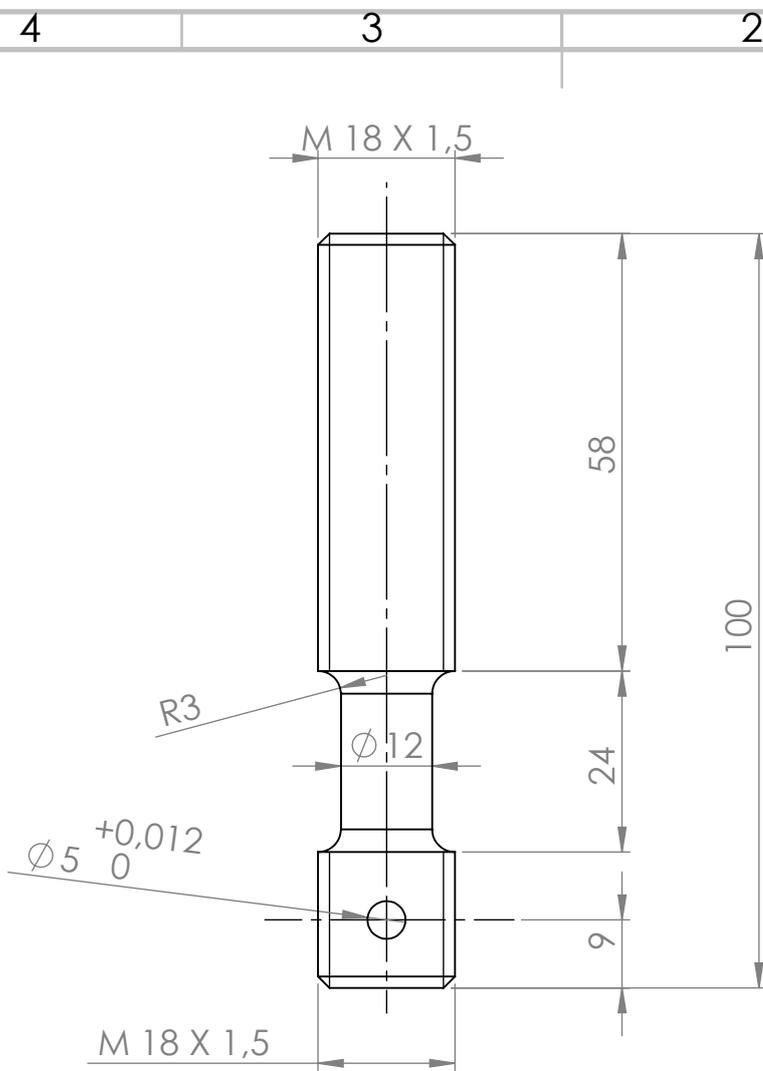


<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Viga de deslizamento da base	
<b>Material:</b> AISI 1045 Aço, trefilado			
<b>Peso:</b> 19161.12 g	<b>Quantidade:</b> 2	ESCALA: 1:10	FOLHA 1 DE 1

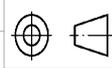
A4



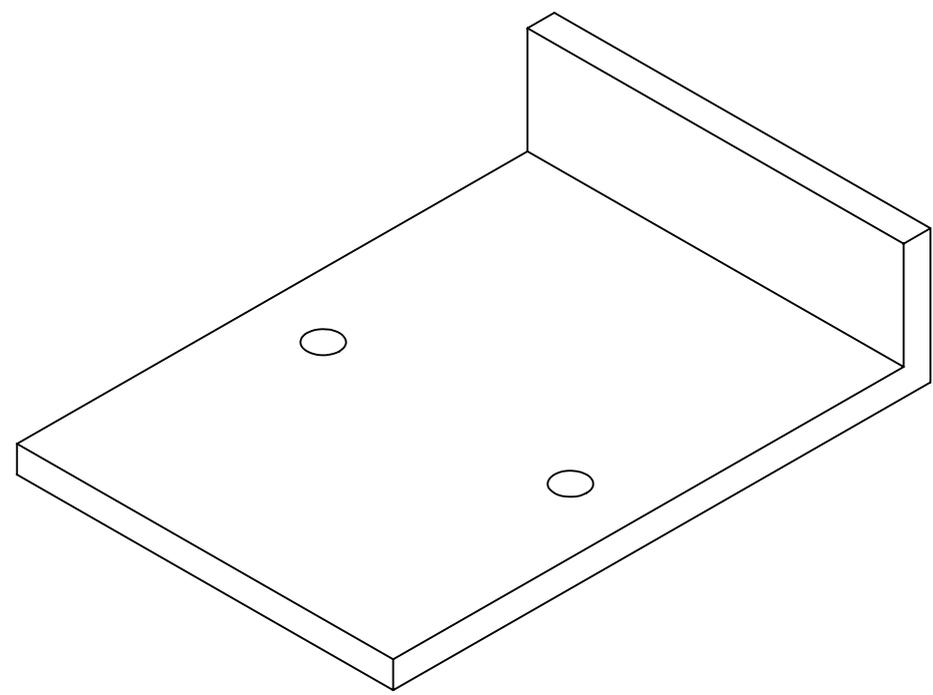
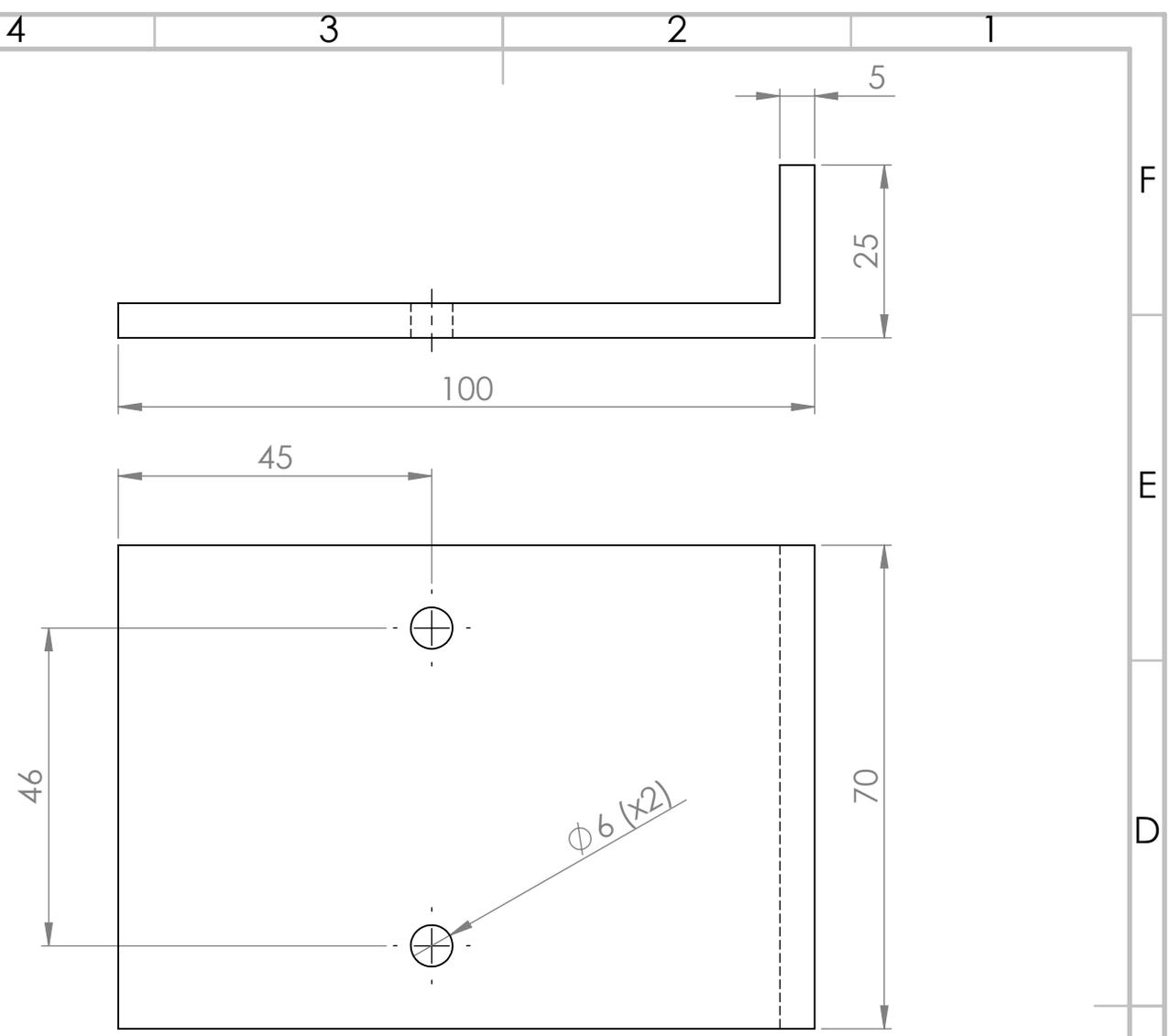
<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Viga longitudinal da base	
<b>Material:</b> AISI 1045 Aço, trefilado			A4
<b>Peso:</b> 15896.25 g	<b>Quantidade:</b> 2		

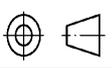


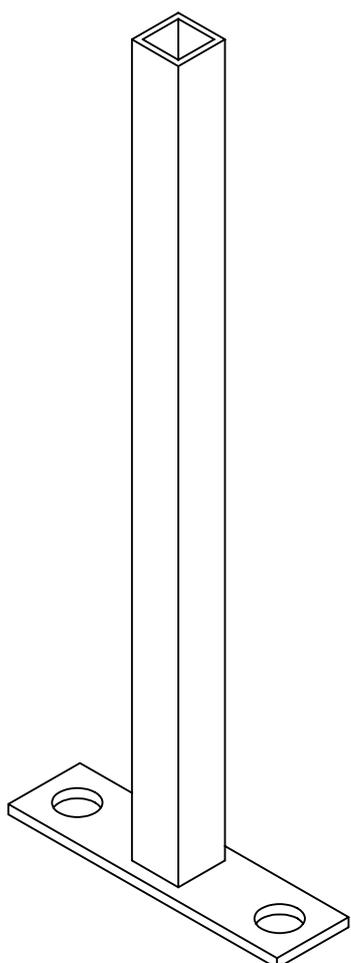
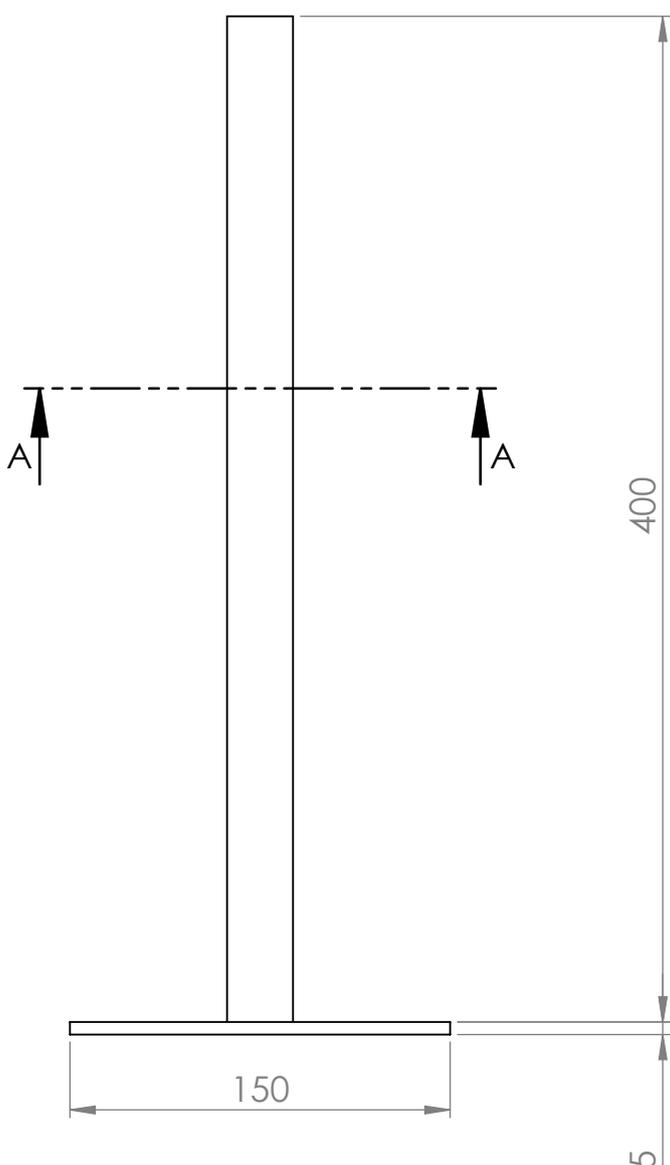
<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Parafuso da chaveta
<b>Material:</b> AISI 1045 Aço, trefilado		
<b>Peso:</b> 170.70 g	<b>Quantidade:</b> 4	
ESCALA: 1:1		FOLHA 1 DE 1



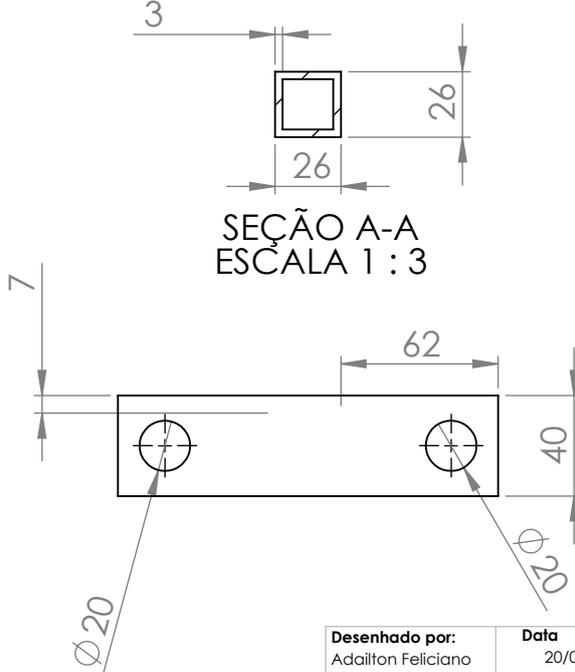
A4



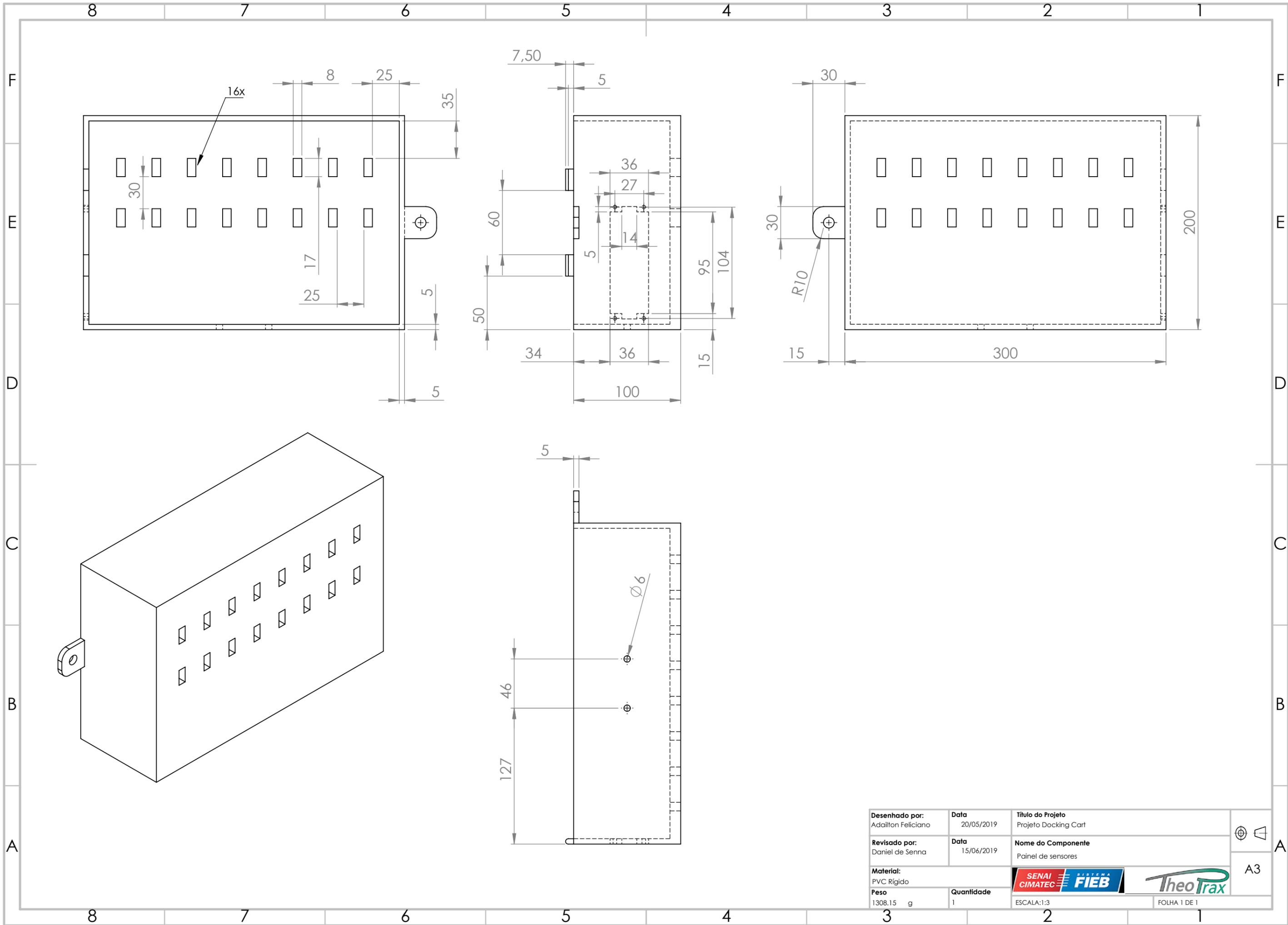
<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Suporte do painel - Peça 1	
<b>Material:</b> AISI 1045 Aço, trefilado			
<b>Peso:</b> 327.48 g	<b>Quantidade:</b> 1	ESCALA: 1:1	A4
		FOLHA 1 DE 1	



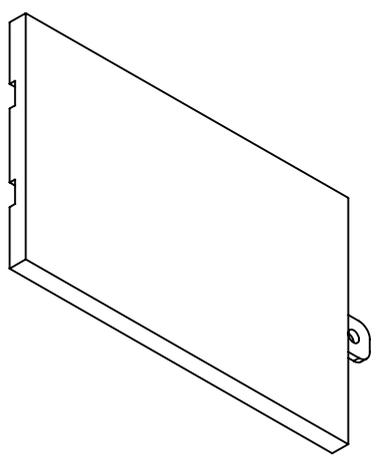
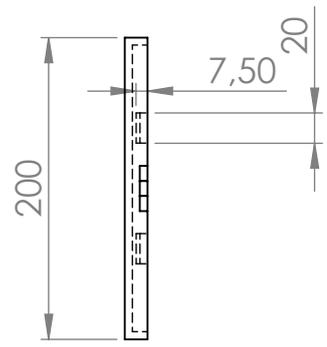
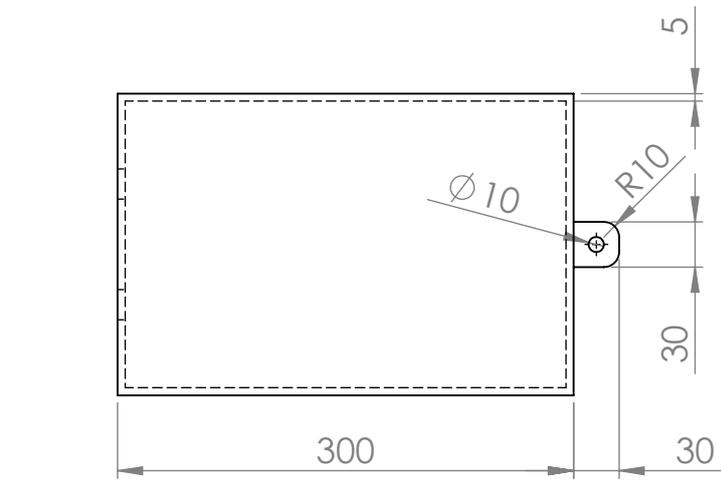
SEÇÃO A-A  
ESCALA 1 : 3

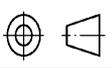


<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Suporte do painel - Peça 2	
<b>Material:</b> AISI 1045 Aço, trefilado			A4
<b>Peso:</b> 1077.48 g	<b>Quantidade:</b> 1		



<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	 
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Painel de sensores	
<b>Material:</b> PVC Rígido		  	
<b>Peso:</b> 1308.15 g	<b>Quantidade:</b> 1	ESCALA:1:3	A3 FOLHA 1 DE 1



<b>Desenhado por:</b> Adailton Feliciano	<b>Data:</b> 20/05/2019	<b>Título do Projeto:</b> Projeto Docking Cart	
<b>Revisado por:</b> Daniel de Senna	<b>Data:</b> 15/06/2019	<b>Nome do Componente:</b> Tampa painel de sensores	
<b>Material:</b> PVC Rígido		  	
<b>Peso:</b> 456.95 g	<b>Quantidade:</b> 1	ESCALA: 1:5	A4
		FOLHA 1 DE 1	

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 25 de 30
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## APÊNDICE B – MANUAL DE OPERAÇÃO

	Tipo Doc.: MANUAL DE OPERAÇÃO	Código MO-001 ENG
	Título Doc.: OPERAÇÃO DO <i>DOCKING CART</i> PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS	

## 1 OBJETIVO

Padronizar e orientar as atividades de operação industrial na área de processos automotivos para a obtenção de informações a partir dos testes dinamométricos dos motores.

## 2 ABRANGÊNCIA

Este padrão gerencial aplica-se ao laboratório automotivo da empresa cliente.

## 3 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

### 3.1 BASE

Corresponde à parte principal de sustentação e conexão entre os sistemas do carrinho. Responsável por suportar as cargas e as distribuir pela estrutura.

### 3.2 SUPORTE

Responsável por receber o motor e fixá-lo. Suporta os esforços do motor e distribuem as cargas trabalhando em conjunto com a estrutura de base. Responsável também por amenizar os efeitos das vibrações produzidas pelo motor, por meio dos coxins de fixação.

### 3.3 MOVIMENTAÇÃO

Engloba os componentes para deslocamento do carrinho, contemplando rodízios e estruturas utilizadas para empurrá-lo até o local desejado.

### 3.4 ACESSÓRIOS

Abrange a caixa de conexão dos sensores e bandeja coletora de óleo vazado.

APROVAÇÃO	DATA	EMISSÃO	DATA
-----------	------	---------	------

	Tipo Doc.: MANUAL DE OPERAÇÃO	Código MO-001 ENG
	Título Doc.: OPERAÇÃO DO <i>DOCKING CART</i> PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS	

## 4 DIRETRIZES

### 4.1 SEGURANÇA E PRECAUÇÃO

1. A limpeza do carrinho e dos seus componentes deverá ser efetuada com as conexões desengatadas, motor desacoplado ao carrinho e os sensores desligados. O operador deverá estar fazendo uso dos equipamentos de proteção para realizar a limpeza. A limpeza deverá ser feita com pano úmido e um pano seco;
2. Ao operar o equipamento utilizar protetor auricular, óculos de proteção, luva de proteção, bota de segurança e jaleco adequado, ou seja, todos os Epi's e Epc's necessários, conforme NR- 6;
3. Antes de acoplar um novo motor, verificar se não há conexões e sensores de um outro modelo de motor de teste;
4. Deixar separado em local adequado as conexões, engates rápidos e sensores que serão usados no motor de teste a ser fixado;
5. Verificar se o combustível a ser utilizado já está disponível e pronto para ser usado;
6. Verificar os instrumentos de calibração indicados estão disponíveis e com o número e versão atualizados conforme o modelo usado;
7. Verificar se os equipamentos: transdutores, termopares, balança, *blowby*, dinamômetro, eixo cardan, regulador de pressão de combustível e sensor de giro estão adequados e separados conforme o motor a ser fixado no carrinho.

APROVAÇÃO	DATA	EMISSÃO	DATA
-----------	------	---------	------

	Tipo Doc.: MANUAL DE OPERAÇÃO	Código MO-001 ENG
	Título Doc.: OPERAÇÃO DO <i>DOCKING CART</i> PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS	

## 5 RESPONSABILIDADES

É atribuição dos responsáveis pelos processos de operacionalização do *docking cart*.

1. Anotar no diário de bordo o nome do operador que está fazendo uso;
2. Manter a máquina em condições de operação;
3. Se capacitar para operar e conhecer o equipamento;
4. Indicar o uso e o motor a ser usado;
5. Guardar todos os instrumentos após o uso em seus devidos locais;
6. Fazer uso durante todo procedimento dos Epi's e Epc's.

## 6 PROCEDIMENTOS

### 6.1 PROCEDIMENTOS DE PRÉ - SETUP

1. Verificar rodízios e barra de movimento e seus estados;
2. Verificar estado dos coxins de fixação e lubrificação campana;
3. Verificar fixação dos fusos guias;
4. Verificar borracha, flanges de manobra e separação do cardan;
5. Verificar sistema de aspiração;
6. Verificar sistema de ventilação e sensores de pressão;
7. Verificar sensores de pressão e temperatura do óleo;
8. Verificar estanqueidade e/ou se há vazamento de óleo;
9. Verificar se há óleo já utilizado na bandeja e no sistema;
10. Verificar sensores do sistema de arrefecimento

APROVAÇÃO	DATA	EMISSÃO	DATA
-----------	------	---------	------

	Tipo Doc.: MANUAL DE OPERAÇÃO	Código MO-001 ENG
	Título Doc.: OPERAÇÃO DO <i>DOCKING CART</i> PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS	Folha: 4 de 6

11. Verificar se os sensores são os adequados para o motor a ser fixado;
12. Verificar estado dos cabos e conexões elétricas;
13. Verificar caixa de conexão dos engates e suas entradas;
14. Verificar fixação da caixa de conexão no carrinho.

## 6.2 PROCEDIMENTOS DE SETUP

1. Verificar nos pré-sets as coordenadas do motor a ser alinhado;
2. Alinhar os fusos de acordo com as demarcações de cada família de motor;
3. Acionar os freios do rodizio para permitir maior segurança durante o alinhamento;
4. Montar sistema de arrefecimento do motor;
5. Montar o sistema de lubrificação do motor;
  - 5.2 Remover tampa do cárter;
  - 5.3 Conectar dreno do óleo lubrificante;
  - 5.4 Verificar estanqueidade da mangueira.
6. Montar sistema de admissão do motor;
  - 6.2 Verificar se há vazamento do ar de admissão.
7. Destruar o rodizio e movimentar o carrinho até o trilho da Cella;
8. Encaixar o rodizio no trilho corretamente;
9. Travar o rodizio, após colocar o carrinho ajustado no trilho da Cella;
10. Alinhar motor com os fusos para estar pronto para testes;

APROVAÇÃO	DATA	EMISSÃO	DATA
-----------	------	---------	------

	Tipo Doc.: MANUAL DE OPERAÇÃO	Código MO-001 ENG
	Título Doc.: OPERAÇÃO DO <i>DOCKING CART</i> PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS	

11. Verificar bandeja de coleta de óleo;

11.2 Verificar se há óleo já utilizado na bandeja;

11.3 Verificar se há óleo vazado na bandeja;

11.4 Caso haja óleo na bandeja, retirar a bandeja e fazer o descarte desse óleo existente.

12. Conectar mangueiras de arrefecimento do óleo;

13. Conectar linha de combustível;

14. Fixar as mangueiras de arrefecimento e de combustível de maneira que não fique suspensas na Cella;

15. Verificar sensores de temperatura (termopares) e pressão que estão na caixa de conexões;

15.2 Verificar se estão fixas corretamente na caixa de conexão.

16. Conectar a caixa de conexões à Cella.

16.2 Verificar o estado do cabeamento da caixa até a sala de testes

17. Conectar escape do motor.

APROVAÇÃO	DATA	EMISSÃO	DATA
-----------	------	---------	------



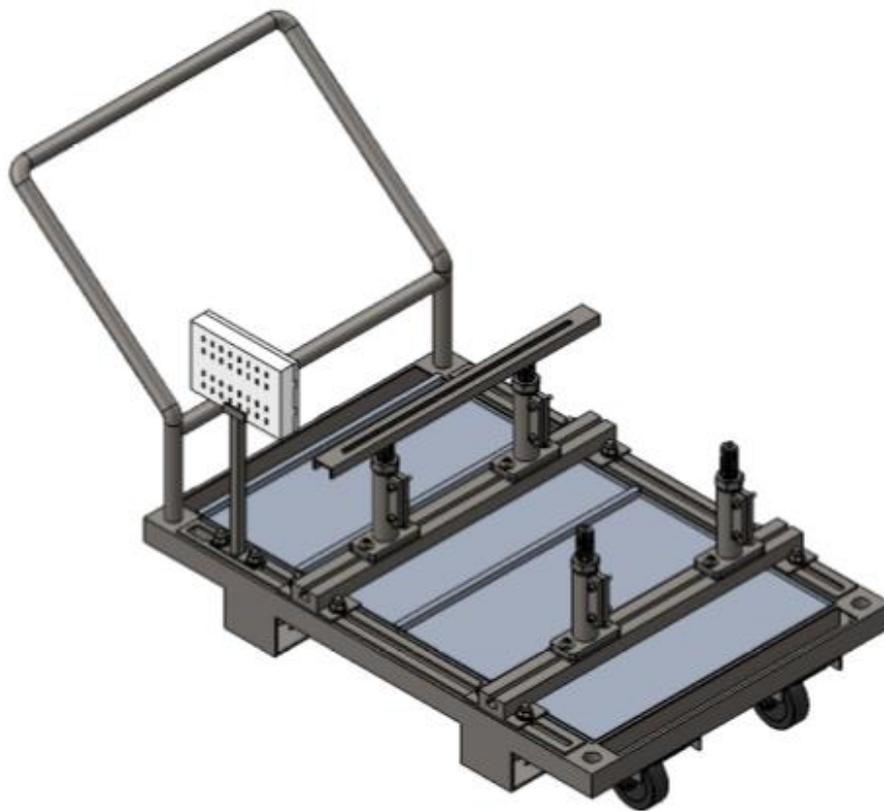
 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 26 de 30
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## APÊNDICE C – MANUAL DE MONTAGEM

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo MANUAL DE MONTAGEM	Código 001/2019
	Título Doc.:  MANUAL DE MONTAGEM DO <i>DOCKING CART</i> PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS	
		

# MANUAL DE MONTAGEM

## *DOCKING CART* 001/2019



Salvador

2019

	Tipo: MANUAL DE MONTAGEM Doc.:	Código: 001/2019
	Título: Doc.:	
MANUAL DE MONTAGEM DO <i>DOCKING CART</i> PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS		

### 1) Lista de componentes:

Nº	NOME DA PEÇA	QTD.
1	Base Primária	1
2	Apoio de Movimentação	1
3	Chapa guia da base	2
4	Viga de deslizamento da base	2
5	Viga longitudinal da base	2
6	Base suporte	4
7	Chapa deslizante suporte	4
8	Porca do suporte	4
9	Fuso do suporte	4
10	Porca 12 x 1.75 x 45 DIN 934	8
11	Aruela 12 mm DIN 125	8
12	Aruela 10 mm DIN 125	8
13	Parafuso Allen M10 x 1.5 x 60 DIN 912	8
14	Porca M10 x 1.5 DIN 934	8
15	Bandeja reservatório	4
16	Rodízios	4
17	Chaveta	4
18	Parafuso da chaveta	4
19	Suporte painel - Peça 2	1
20	Suporte painel - Peça 1	1
21	Painel de sensores	1
22	Tampa do painel sensores	1
23	Suporte coxín traseiro	1
24	Parafuso sextavado M20 x 2.5 x 45 DIN 931	10
25	Porca M20 x 2.5 DIN 934	14
26	Pino M5 x 30 DIN 6325	4
27	Porca T	8

### Recomendações:

- Examinar se todas as peças do *Docking Cart* estão completas e em bom estado;
- É recomendável a montagem do mesmo seguindo os passos deste manual;
- É recomendável realizar esta montagem com auxílio, devido a elevada massa deste carrinho;
- Verificar se os componentes de fixação estão devidamente rosqueados e fixos;
- Antes de iniciar o processo, verificar as ferramentas necessárias para realização do mesmo;
- Verificar se o espaço disponível para a montagem é suficiente.

	Tipo: MANUAL DE MONTAGEM Doc.:	Código: 001/2019
	Título: Doc.: <p style="text-align: center;">MANUAL DE MONTAGEM DO <i>DOCKING CART</i> PARA          ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS</p>	
		

## 2) Ferramentas necessárias:

a. Chaves allen nº 10;



b. Jogo de Chaves Fixa nº 12, 18, 20;



c. Chave de fenda nº 6 e 12;



d. Martelo de Borracha.



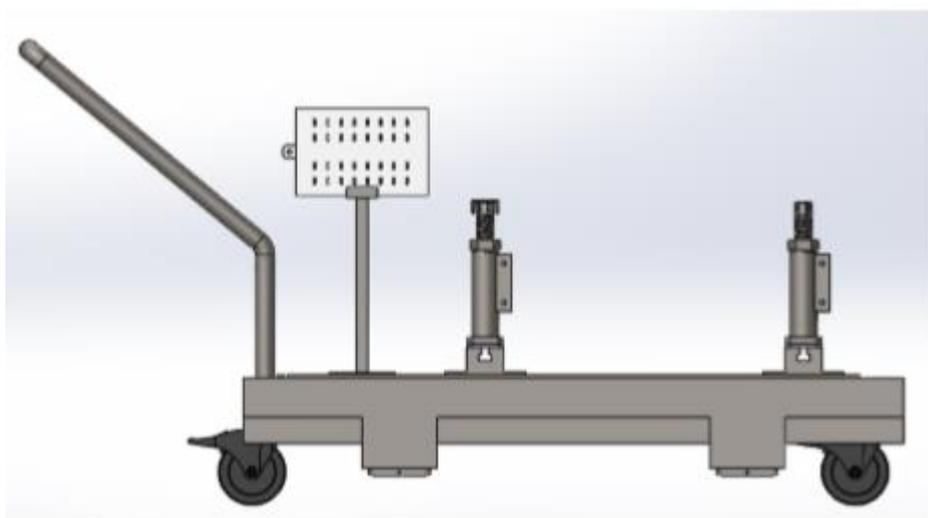
	Tipo Doc.: MANUAL DE MONTAGEM	Código 001/2019
	Título Doc.: MANUAL DE MONTAGEM DO <i>DOCKING CART</i> PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS	



### Advertências:

- Não utilize e não monte caso algum componente que se apresente com defeitos ou esteja em falta;
- Não realizar a montagem sem um auxílio.

Antes de montar seu *Docking Cart (DC)*, leia com cuidado e atenção esse manual, e o mantenha para futuras consultas acerca da montagem dos componentes.



	Tipo MANUAL DE MONTAGEM Doc.:	Código 001/2019
	Título Doc.: <p style="text-align: center;">MANUAL DE MONTAGEM DO <i>DOCKING CART</i> PARA          ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS</p>	

## 1º Passo:

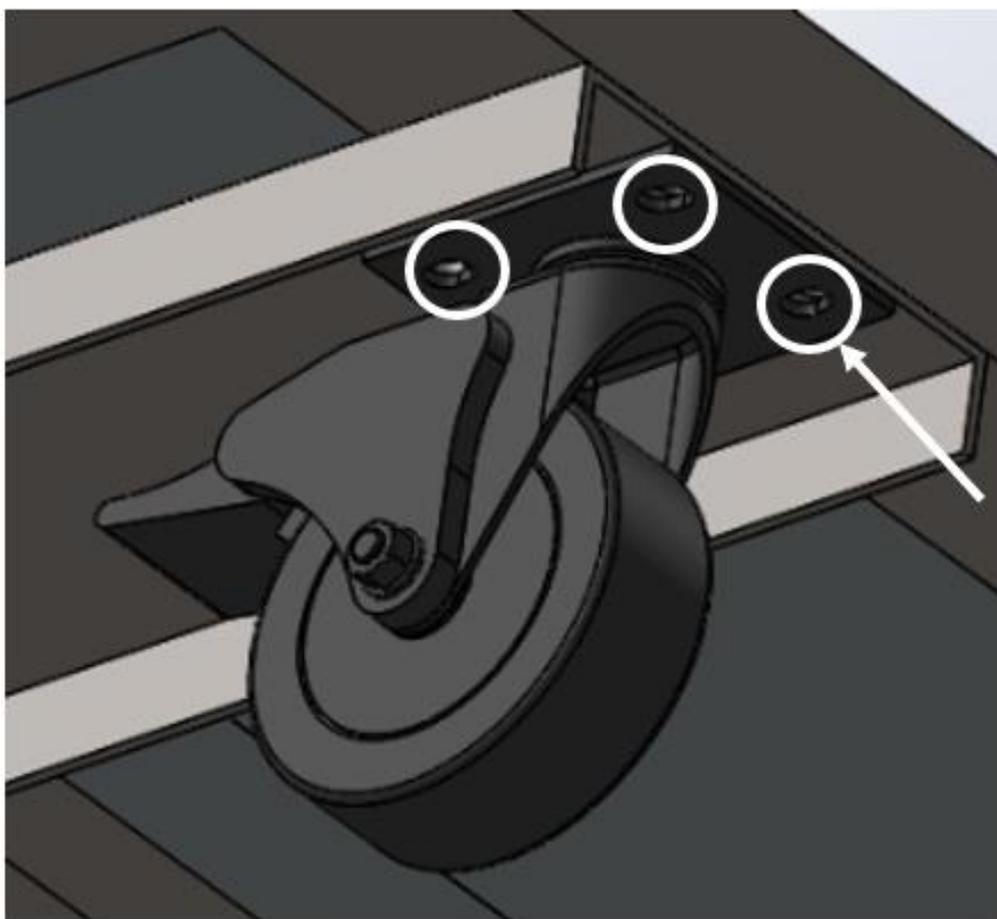
- Utilizando um pórtico (ou um guincho) e uma cinta de amarração, levantar o carrinho de forma a facilitar o acesso para instalação dos rodízios e a fixação do mesmo no equipamento. (Fotos meramente ilustrativas)



	Tipo MANUAL DE MONTAGEM Doc.:	Código 001/2019
	Título Doc.: <p style="text-align: center;">MANUAL DE MONTAGEM DO <i>DOCKING CART</i> PARA          ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS</p>	

## 2º Passo:

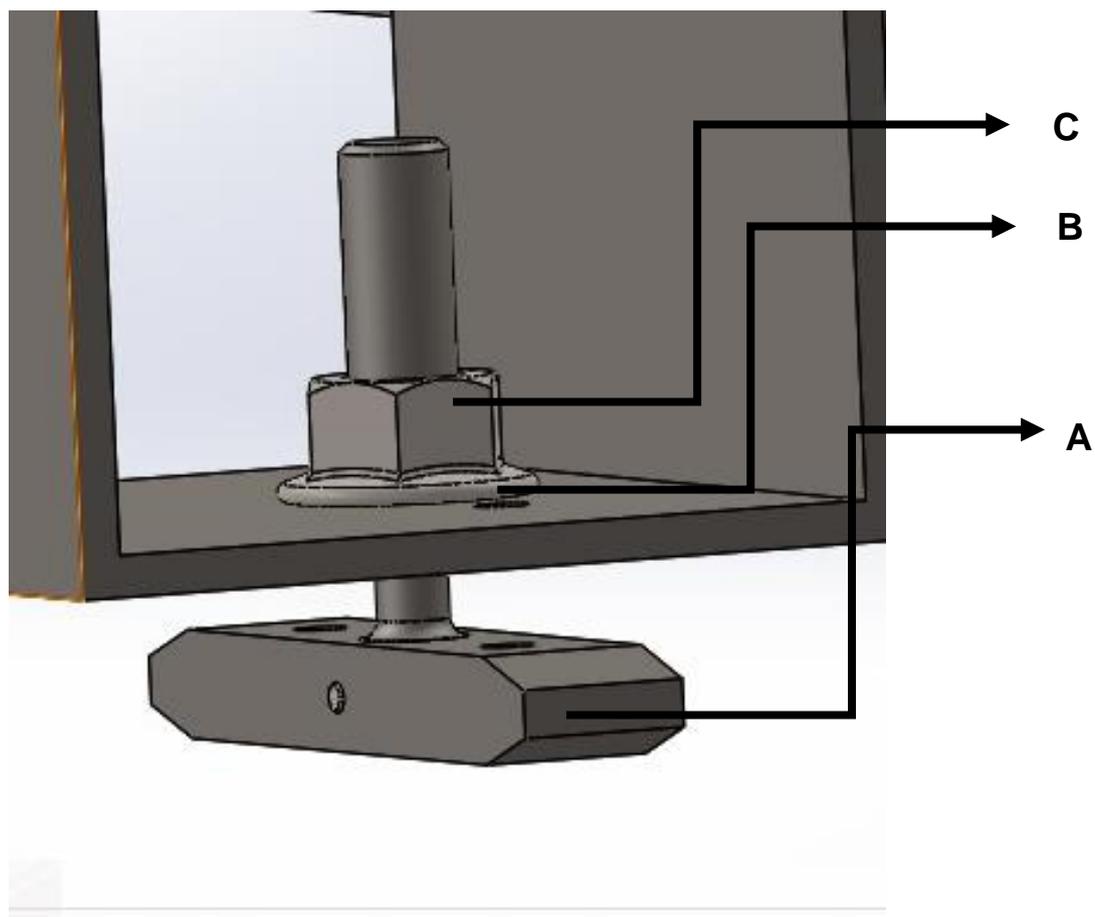
- Com o *docking cart* suspenso, com a chave de fenda nº 12, fixar os 4 (quatro) rodízios (nos pontos demonstrados a seguir) no equipamento, como mostra a figura. Verificar se estão fixados corretamente.



	Tipo MANUAL DE MONTAGEM Doc.:	Código 001/2019
	Título Doc.:	MANUAL DE MONTAGEM DO <i>DOCKING CART</i> PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS
		Folha:  7 de 11

### 3º Passo:

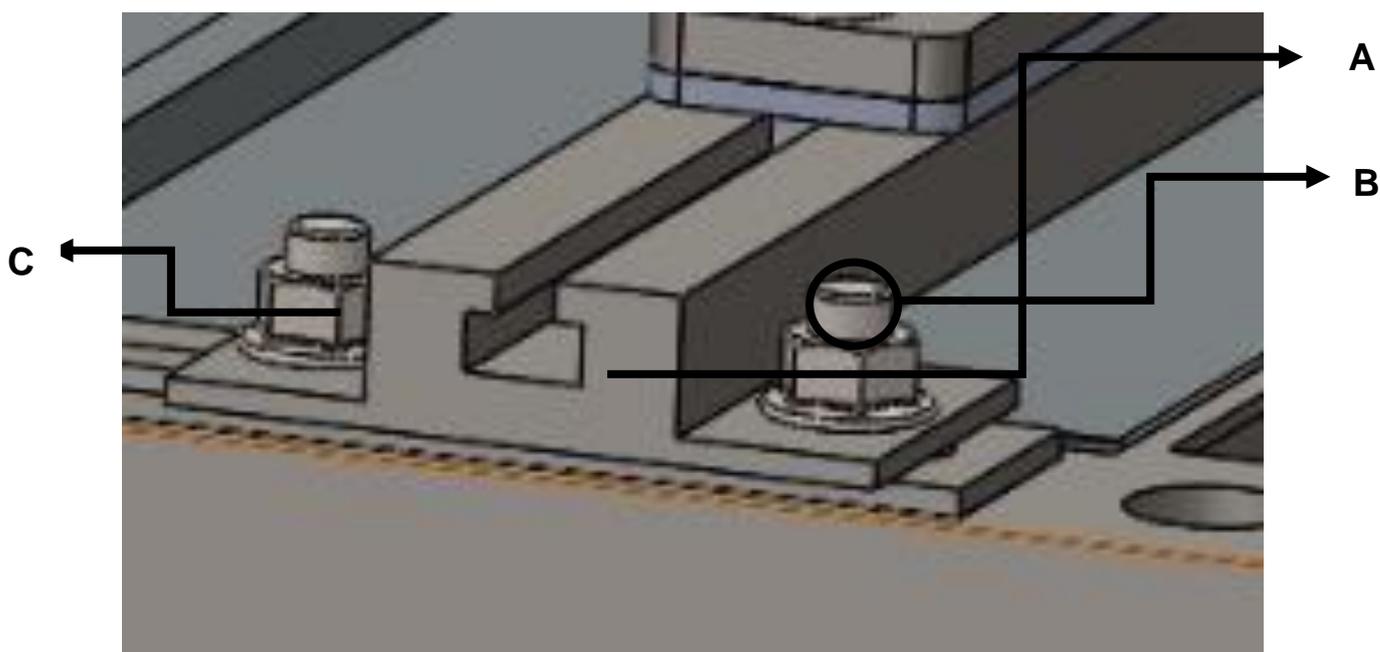
- Ainda com o *docking cart* suspenso, fixar as 4 (quatro) chavetas na base com os pinos M5 x 30 DIN 6325.
  - a) Posicionar primeiramente a chaveta no local de fixação;
  - b) Colocar a arruela correta na chaveta;
  - c) Roscar a porca na chaveta de forma a fixar a mesma na base.



	Tipo MANUAL DE MONTAGEM Doc.:	Código 001/2019
	Título Doc.: <p style="text-align: center;">MANUAL DE MONTAGEM DO <i>DOCKING CART</i> PARA          ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS</p>	

## 4º Passo:

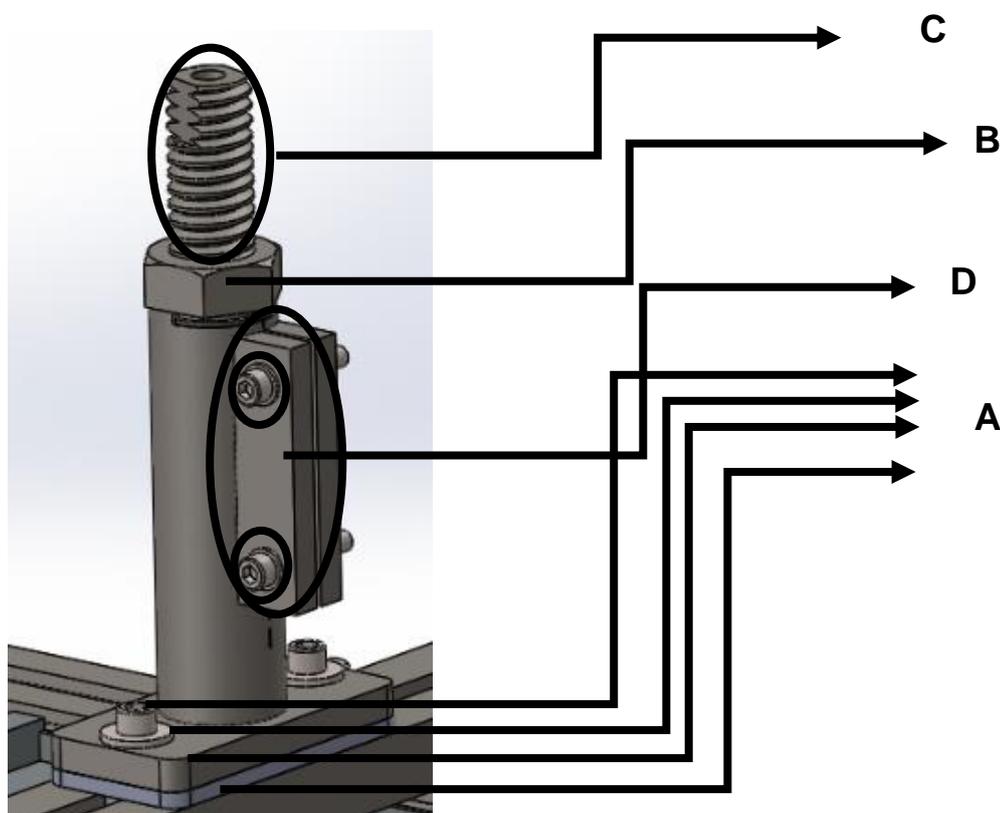
- Após concluir o 3º passo, descer o *docking cart* ao solo, de forma a continuar a sua montagem e suas fixações. Realizar fixação da viga de deslizamento da base.
  - a) Posicionar e apoiar a viga de deslizamento apoiada na base corretamente;
  - b) Fixar o parafuso sextavado M20 x 2,5 x 45 DIN 931;
  - c) Fixar a porca M20 x 2,5 x DIN 934.



	Tipo MANUAL DE MONTAGEM Código 001/2019 Doc.:	Folha:  9 de 11
	Título Doc.:  MANUAL DE MONTAGEM DO <i>DOCKING CART</i> PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS	

## 5º Passo:

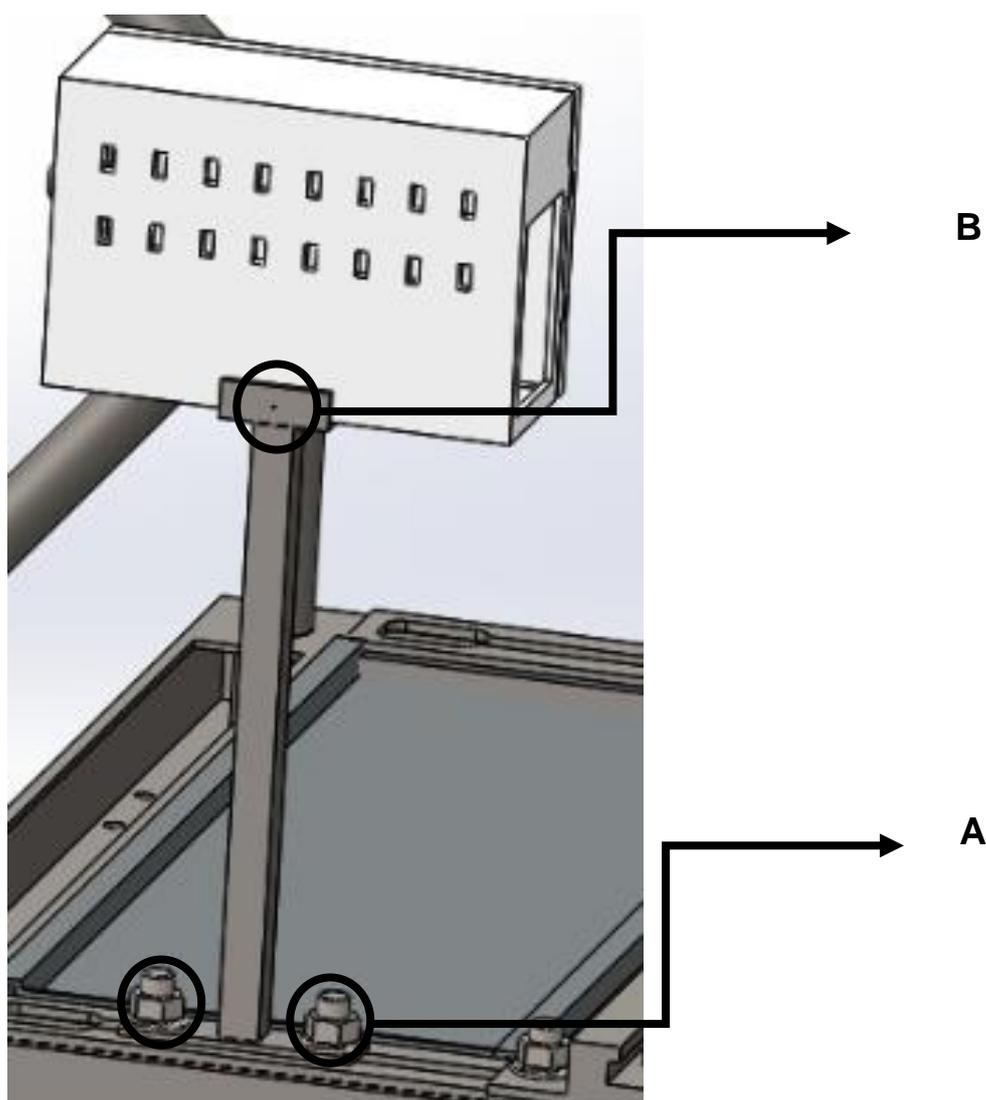
- Montar e fixar o fuso, além de fixar a placa de nylon no fuso, para melhorar o deslizamento deste na viga, bem como facilitar o alinhamento do motor no *docking cart*.
  - a) Fixar a placa de nylon na base do fuso com a arruela 12 mm DIN 125 e porca 12 x 1,75 x 45 DIN 934;
  - b) Fixar e rosca a porca do suporte;
  - c) Fixar e rosca o fuso do suporte de maneira que ele fique alinhando e fixo;
  - d) Colocar a arruela 10 mm DIN 125 e apertar o parafuso allen M10 x 1,5 x 60 DIN 912 de maneira que a aba do pórtico fique firme e fixa.



	Tipo: MANUAL DE MONTAGEM Doc.:	Código: 001/2019
	Título: Doc.: MANUAL DE MONTAGEM DO <i>DOCKING CART</i> PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS	

## 6º Passo:

- Fixar o caixa de sensores em seus respectivos suportes e na base do carrinho.
  - a) Fixar o suporte da caixa – peça 2 (lista de componentes) no carrinho com os parafusos M20 x 2,5 DIN 934 e rosca a porca M20 x 2,5 DIN 6325 de forma correta;
  - b) Fixar o suporte da caixa – peça 1 (lista de componentes) na caixa de sensores de forma que a caixa fique fixa e firme no suporte, com o parafuso M6.



	Tipo Doc.:	MANUAL DE MONTAGEM	Código 001/2019
	Título Doc.:	MANUAL DE MONTAGEM DO <i>DOCKING CART</i> PARA ENSAIOS DE MOTORES EM SALAS DE DINAMÔMETROS	

### Observações finais:

Após realizar a montagem desses componentes em seus respectivos lugares, é necessário verificar se todos os que fazem parte da fixação estão corretamente rosqueados e/ou apertados, para que não ocorram problemas futuros, consequência das vibrações que surgirão.

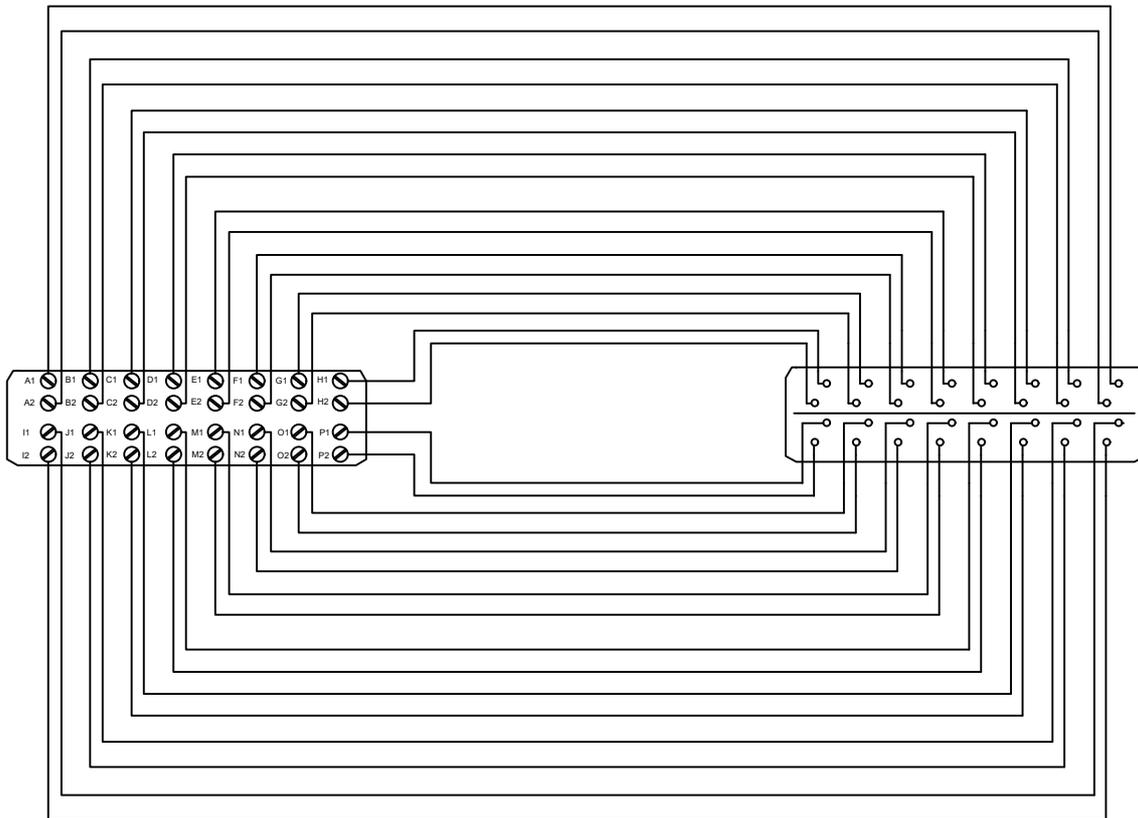
Realizar testes com os rodízios, para verificar se eles estão deslizando corretamente no piso e se podem ser direcionados sem dificuldade.

Qualquer problema como falta de componentes e/ou componentes com defeitos, contatar o fabricante deste *Docking Cart*.

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 27 de 30
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## APÊNDICE D – DIAGRAMA ELÉTRICO TOMADA MULTIPOLAR

Ligações terminais fêmea termopares tipo k



TOMADA MULTIPOLAR

**COMPONENTES:**

Tomada Multipolar:  
32 polos  
Travas laterais

Conector fêmea termopar tipo k:  
Correntes de 4 a 20 mA

DESENHADO POR:  
Adailton Henrique M. Feliciano

VERIFICADO POR:

APROVADO POR:

REVISADO POR:



TÍTULO DO PROJETO:  
Projeto Docking Cart

UNIDADE:

-

ESCALA:

-

DESENHO:

Diagrama elétrico conexão sensores

N° DESENHO:

REV.

0

Rev.	Descrição	Data
0	Desenhado	27/06/19

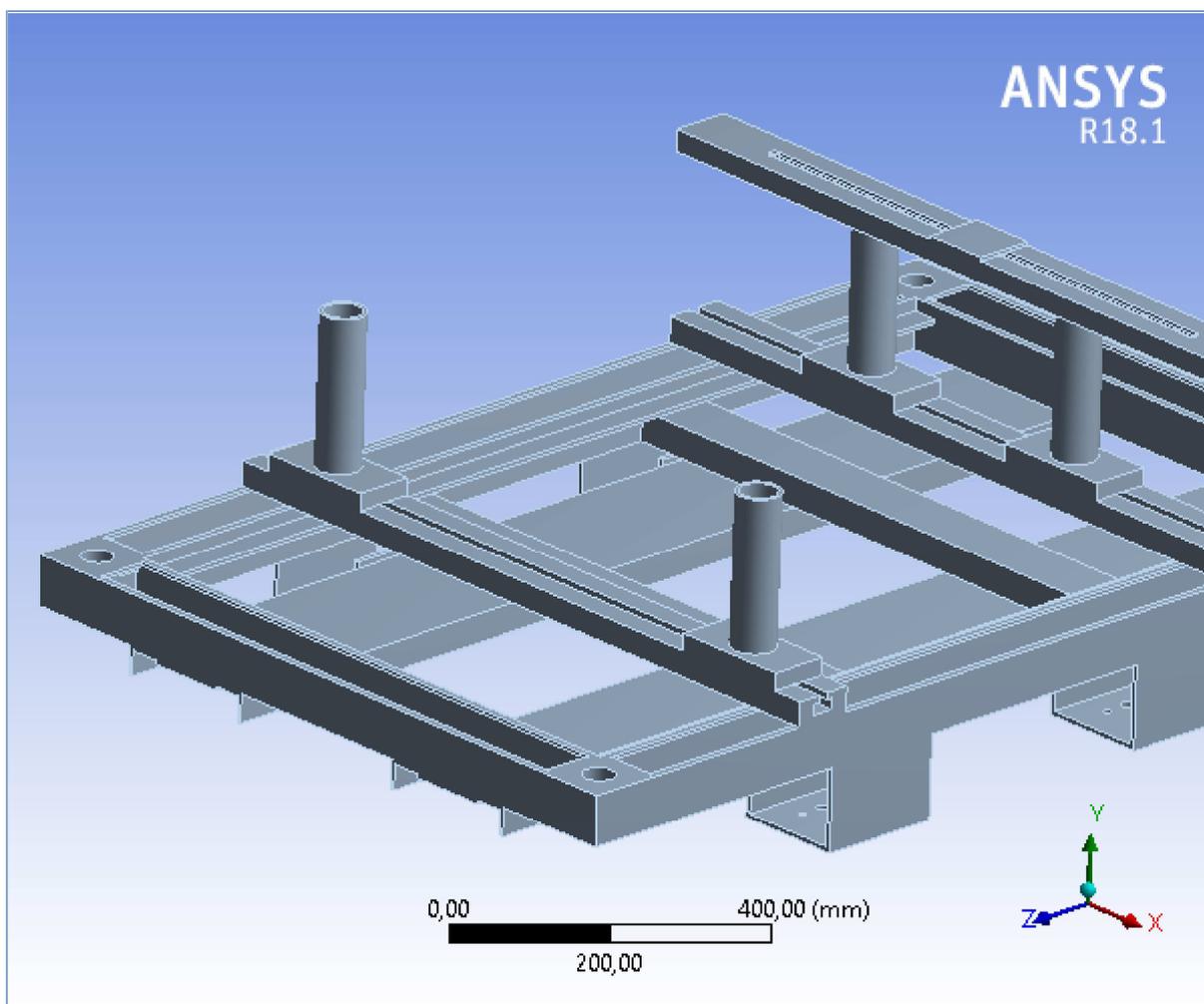
 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 28 de 30
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## ANEXO A – RELATÓRIO DA ANÁLISE ESTRUTURAL ANSYS



## Project

First Saved	Thursday, July 11, 2019
Last Saved	Thursday, July 11, 2019
Product Version	18.1 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



## Contents

- [Units](#)
- [Model \(A4\)](#)
  - [Geometry](#)
    - [Parts](#)
  - [Coordinate Systems](#)
  - [Connections](#)
    - [Contacts](#)
      - [Bonded - Base Primaria 2-1 To MOTOR-1](#)
  - [Mesh](#)
    - [Mesh Controls](#)
  - [Static Structural \(A5\)](#)
    - [Analysis Settings](#)
    - [Standard Earth Gravity](#)
    - [Loads](#)
    - [Solution \(A6\)](#)
      - [Solution Information](#)
      - [Results](#)
- [Material Data](#)
  - [Liga 1060](#)
  - [AISI 1045 Aço, trefilado](#)

## Report Not Finalized

**Not all objects described below are in a finalized state.** As a result, data may be incomplete, obsolete or in error. View first state problem. To finalize this report, edit objects as needed and solve the analyses.

## Units

**TABLE 1**

Unit System	Metric (mm, kg, N, s, mV, mA) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

## Model (A4)

### Geometry

**TABLE 2**  
**Model (A4) > Geometry**

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
<b>Definition</b>	
Source	C:\Users\luizfilipegomes\Desktop\desenho 1107 com espessura alterada\DESENHO DOCKING CART\Montagem_motor.SLDASM
Type	SolidWorks
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color

<b>Bounding Box</b>	
Length X	1000, mm
Length Y	730,8 mm
Length Z	1500, mm
<b>Properties</b>	
Volume	9,1602e+007 mm <sup>3</sup>
Mass	361,06 kg
Scale Factor Value	1,
<b>Statistics</b>	
Bodies	2
Active Bodies	2
Nodes	141149
Elements	70998
Mesh Metric	None
<b>Basic Geometry Options</b>	
Solid Bodies	Yes
Surface Bodies	Yes
Line Bodies	No
Parameters	Independent
Parameter Key	ANS;DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	Yes
<b>Advanced Geometry Options</b>	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	Yes
Compare Parts On Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\luizfilipegomes\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

**TABLE 3**  
**Model (A4) > Geometry > Parts**

Object Name	<i>MOTOR-1</i>	<i>Base_Primary_2-1</i>
State	Hidden	Meshed
<b>Graphics Properties</b>		
Visible	No	Yes
Transparency		1
<b>Definition</b>		
Suppressed	No	
Stiffness Behavior	Rigid	Flexible
Reference Temperature	By Environment	
Behavior	None	
Coordinate System	Default Coordinate System	
<b>Material</b>		

Assignment	Liga 1060	AISI 1045 Aço, trefilado
Nonlinear Effects		Yes
Thermal Strain Effects		Yes
<b>Bounding Box</b>		
Length X	804,9 mm	1000, mm
Length Y	450, mm	480,8 mm
Length Z	900, mm	1500, mm
<b>Properties</b>		
Volume	6,9517e+007 mm <sup>3</sup>	2,2085e+007 mm <sup>3</sup>
Mass	187,7 kg	173,36 kg
Centroid X	-196,85 mm	-196,9 mm
Centroid Y	354,11 mm	13,254 mm
Centroid Z	1576,6 mm	1485,2 mm
Moment of Inertia Ip1	1,3496e+007 kg·mm <sup>2</sup>	3,2352e+007 kg·mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip2	1,4363e+007 kg·mm <sup>2</sup>	4,92e+007 kg·mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip3	9,4935e+006 kg·mm <sup>2</sup>	1,9516e+007 kg·mm <sup>2</sup>
<b>Statistics</b>		
Nodes	331	140818
Elements	90	70908
Mesh Metric		None

## Coordinate Systems

**TABLE 4**  
**Model (A4) > Coordinate Systems > Coordinate System**

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
<b>Definition</b>	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0,
<b>Origin</b>	
Origin X	0, mm
Origin Y	0, mm
Origin Z	0, mm
<b>Directional Vectors</b>	
X Axis Data	[ 1, 0, 0, ]
Y Axis Data	[ 0, 1, 0, ]
Z Axis Data	[ 0, 0, 1, ]

## Connections

**TABLE 5**  
**Model (A4) > Connections**

Object Name	<i>Connections</i>
State	Fully Defined
<b>Auto Detection</b>	
Generate Automatic Connection On Refresh	Yes
<b>Transparency</b>	
Enabled	Yes

**TABLE 6**  
**Model (A4) > Connections > Contacts**

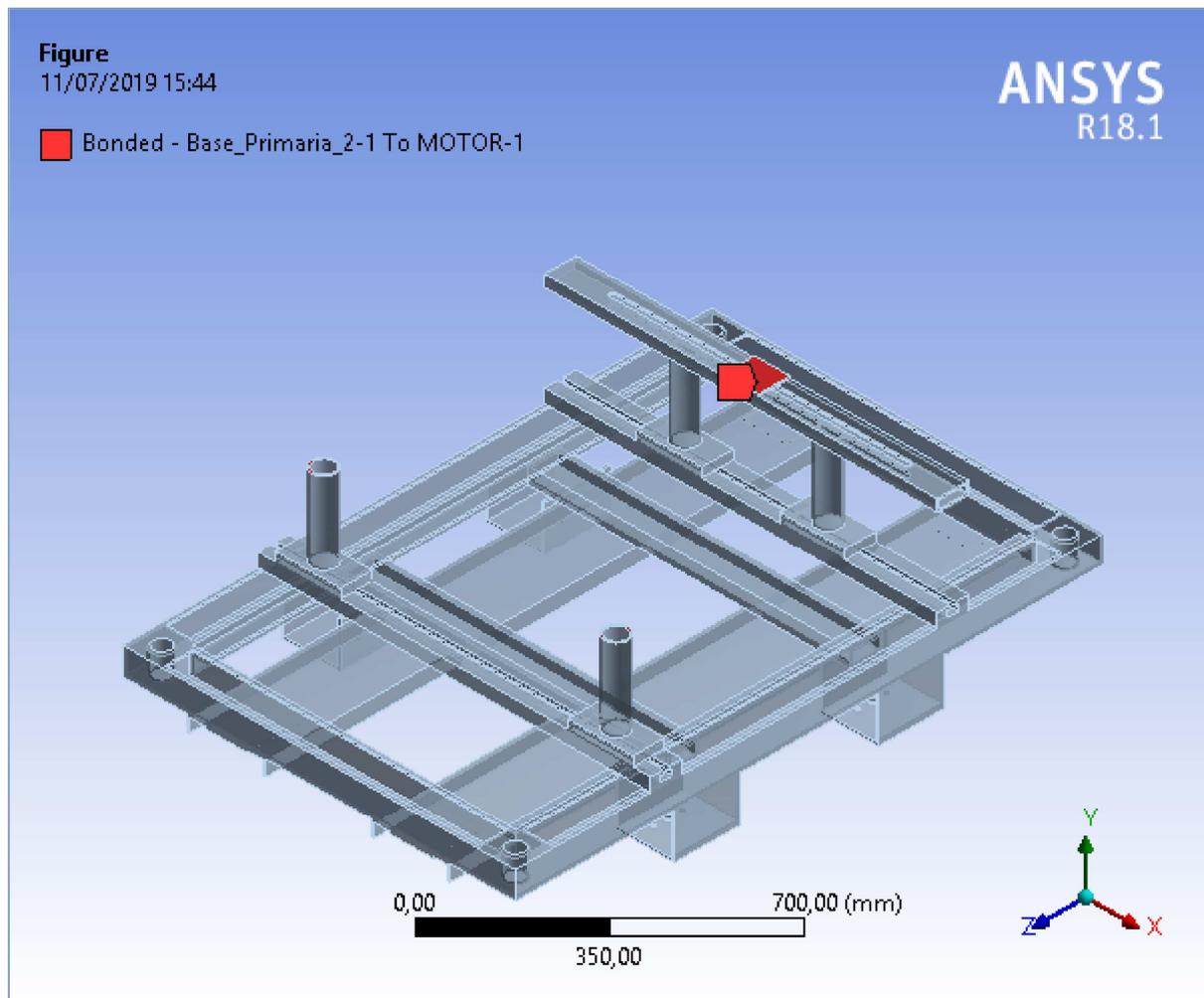
Object Name	<i>Contacts</i>	<i>Contacts 2</i>
State	Fully Defined	
<b>Definition</b>		
Connection Type	Contact	

<b>Scope</b>		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
<b>Auto Detection</b>		
Tolerance Type	Slider	
Tolerance Slider	0,	
Tolerance Value	4,8632 mm	
Use Range	No	
Face/Face	Yes	No
Face Overlap Tolerance	Off	
Cylindrical Faces	Include	
Face/Edge	No	
Edge/Edge	No	
Priority	Include All	
Group By	Bodies	
Search Across	Bodies	
<b>Statistics</b>		
Connections	0	1
Active Connections	0	1

**TABLE 7**  
**Model (A4) > Connections > Contacts 2 > Contact Regions**

Object Name	<i>Bonded - Base_Primary_2-1 To MOTOR-1</i>	
State	Fully Defined	
<b>Scope</b>		
Scoping Method	Geometry Selection	
Contact	3 Faces	
Target	3 Faces	
Contact Bodies	Base_Primary_2-1	
Target Bodies	MOTOR-1	
<b>Definition</b>		
Type	Bonded	
Scope Mode	Manual	
Behavior	Program Controlled	
Trim Contact	Program Controlled	
Suppressed	No	
<b>Advanced</b>		
Formulation	Program Controlled	
Detection Method	Program Controlled	
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled	
Normal Stiffness	Program Controlled	
Update Stiffness	Program Controlled	
Pinball Region	Program Controlled	
<b>Geometric Modification</b>		
Contact Geometry Correction	None	
Target Geometry Correction	None	

**FIGURE 1**  
**Model (A4) > Connections > Contacts 2 > Bonded - Base\_Primary\_2-1 To MOTOR-1 > Figure**



## Mesh

**TABLE 8**  
**Model (A4) > Mesh**

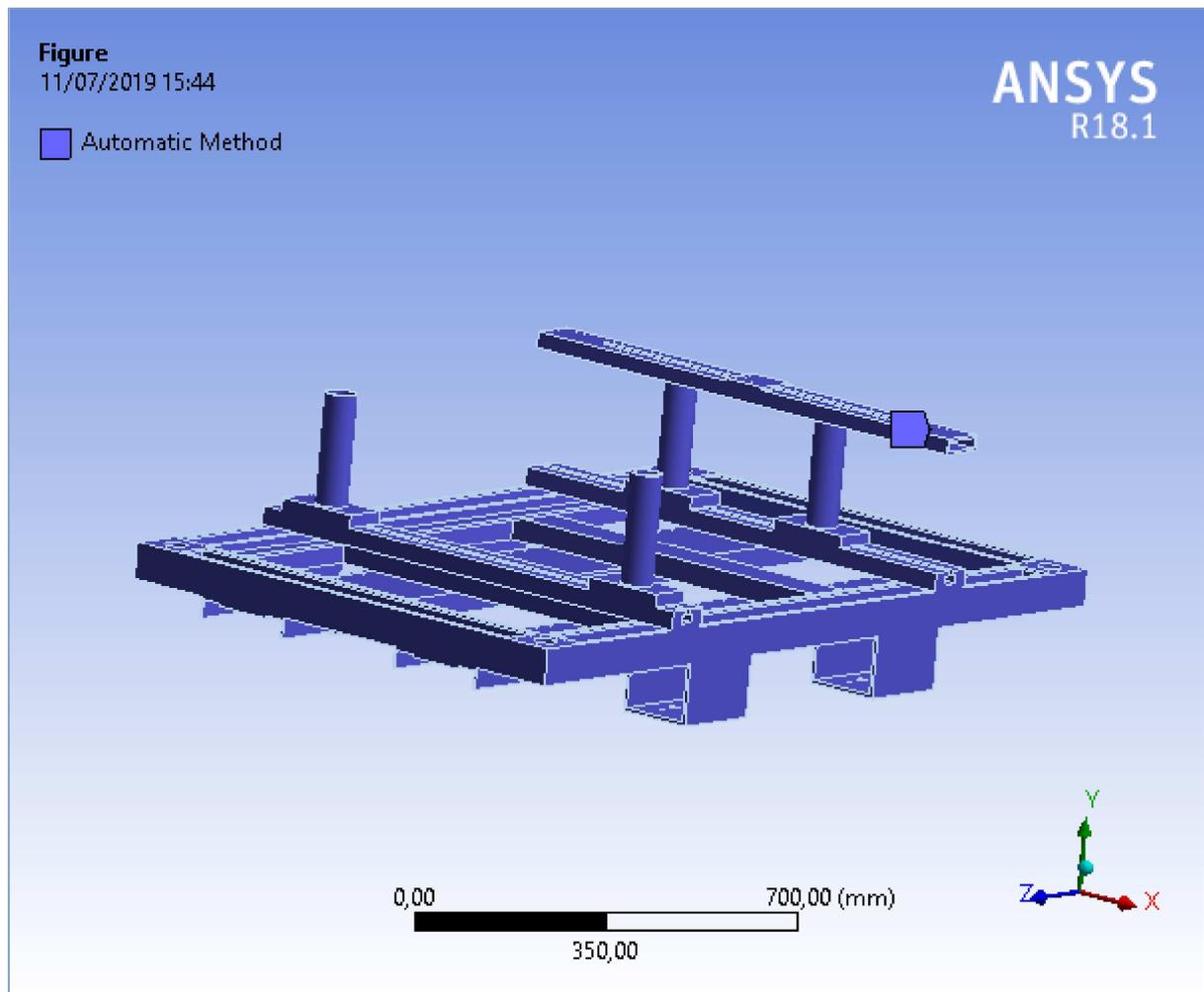
Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
<b>Display</b>	
Display Style	Body Color
<b>Defaults</b>	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	80
Element Order	Program Controlled
<b>Sizing</b>	
Size Function	Adaptive
Relevance Center	Fine
Element Size	Default
Initial Size Seed	Assembly
Transition	Fast
Span Angle Center	Medium
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeature Size	Default
Minimum Edge Length	1,6480 mm
<b>Quality</b>	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Standard Mechanical
Target Quality	Default (0.050000)

Smoothing	Medium
Mesh Metric	None
<b>Inflation</b>	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
<b>Advanced</b>	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Rigid Face Mesh Type	Quad/Tri
Mesh Morphing	Disabled
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Topology Checking	No
Pinch Tolerance	Please Define
Generate Pinch on Refresh	No
<b>Statistics</b>	
Nodes	141149
Elements	70998

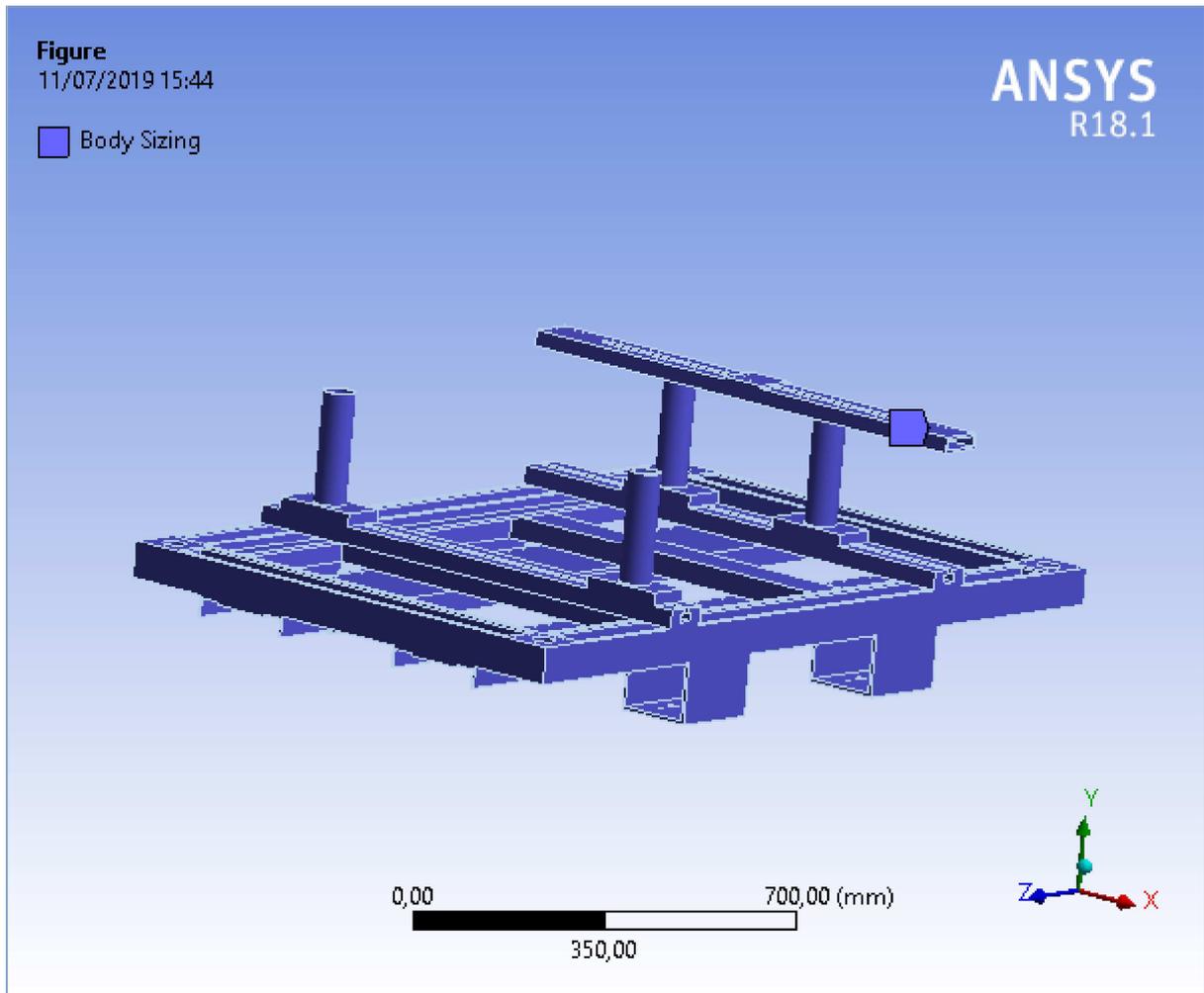
**TABLE 9**  
**Model (A4) > Mesh > Mesh Controls**

Object Name	<i>Automatic Method</i>	<i>Body Sizing</i>
State	Fully Defined	
<b>Scope</b>		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	1 Body	
<b>Definition</b>		
Suppressed	No	
Method	Automatic	
Element Order	Use Global Setting	
Type		Element Size
Element Size		19, mm
<b>Advanced</b>		
Defeature Size		Default
Behavior		Soft

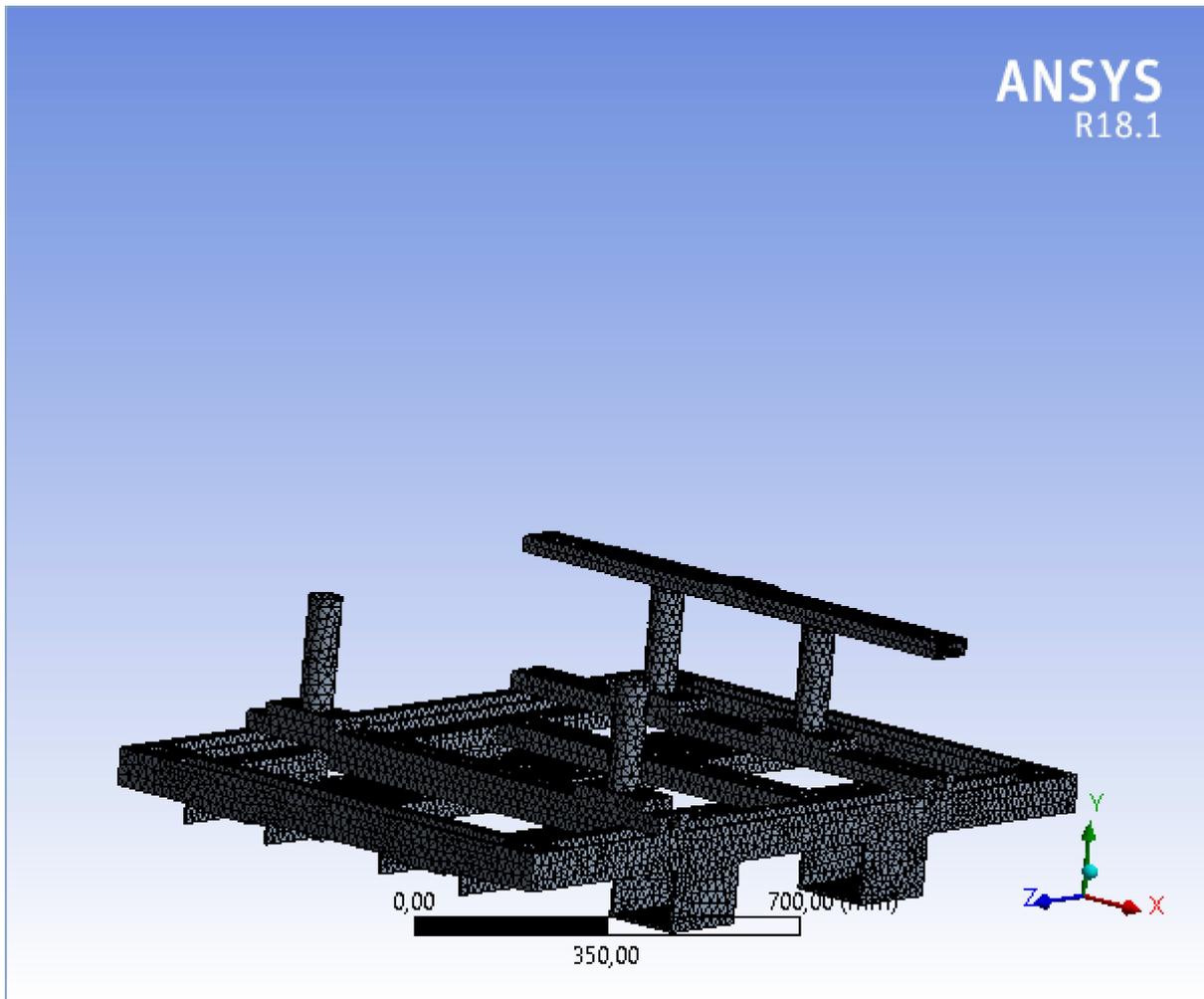
**FIGURE 2**  
**Model (A4) > Mesh > Automatic Method > Figure**



**FIGURE 3**  
Model (A4) > Mesh > Body Sizing > Figure



**FIGURE 4**  
Model (A4) > Mesh > Figure



## Static Structural (A5)

**TABLE 10**  
**Model (A4) > Analysis**

Object Name	<i>Static Structural (A5)</i>
State	Solved
<b>Definition</b>	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
<b>Options</b>	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

**TABLE 11**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Analysis Settings**

Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
<b>Step Controls</b>	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
<b>Solver Controls</b>	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Off

Solver Pivot Checking	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
<b>Rotordynamics Controls</b>	
Coriolis Effect	Off
<b>Restart Controls</b>	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
Combined Restart Files	Program Controlled
<b>Nonlinear Controls</b>	
Newton-Raphson Option	Program Controlled
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Off
<b>Output Controls</b>	
Stress	Yes
Strain	Yes
Nodal Forces	No
Contact Miscellaneous	No
General Miscellaneous	No
Store Results At	All Time Points
<b>Analysis Data Management</b>	
Solver Files Directory	C:\Users\luizfilipegomes\Documents\Simulação 1107_files\dp0\SYS\MECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	nmm

**TABLE 12**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Accelerations**

Object Name	<i>Standard Earth Gravity</i>
State	Fully Defined
<b>Scope</b>	
Geometry	All Bodies
<b>Definition</b>	
Coordinate System	Global Coordinate System
X Component	0, mm/s <sup>2</sup> (ramped)
Y Component	-9806,6 mm/s <sup>2</sup> (ramped)
Z Component	0, mm/s <sup>2</sup> (ramped)
Suppressed	No
Direction	-Y Direction

**FIGURE 5**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Standard Earth Gravity**

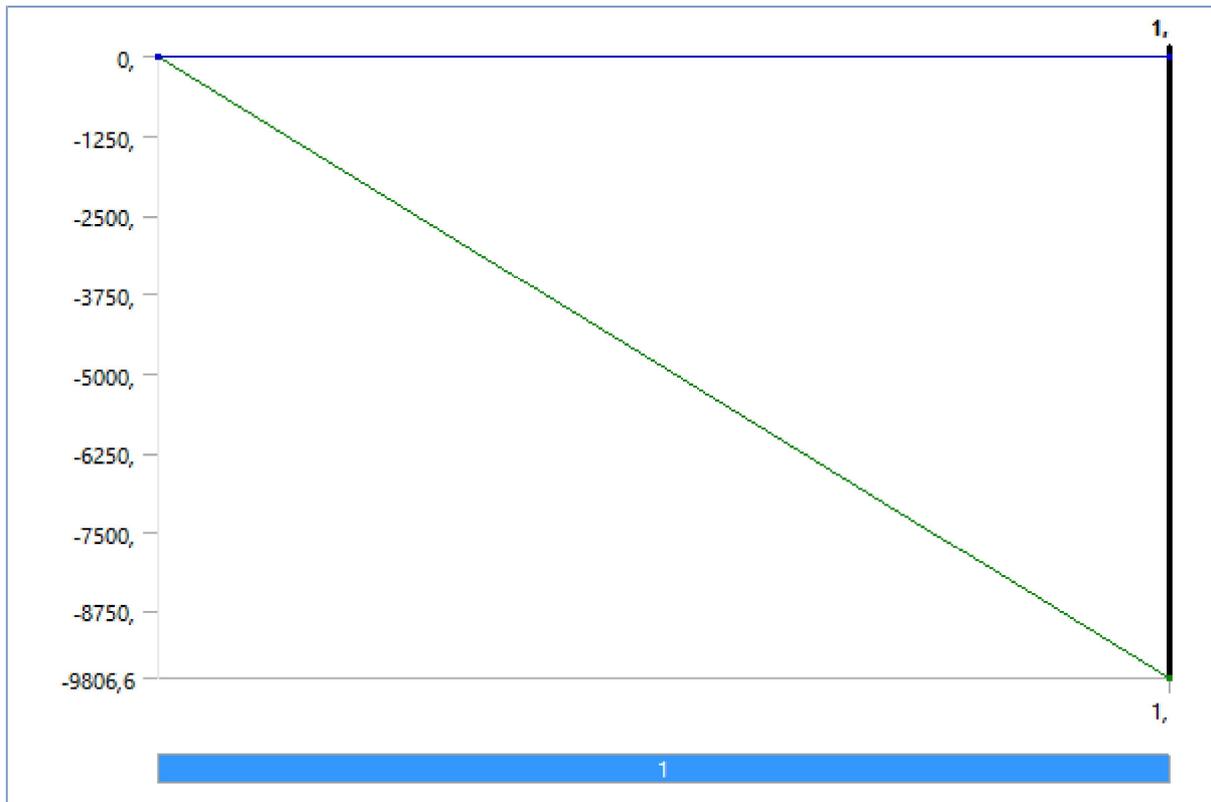
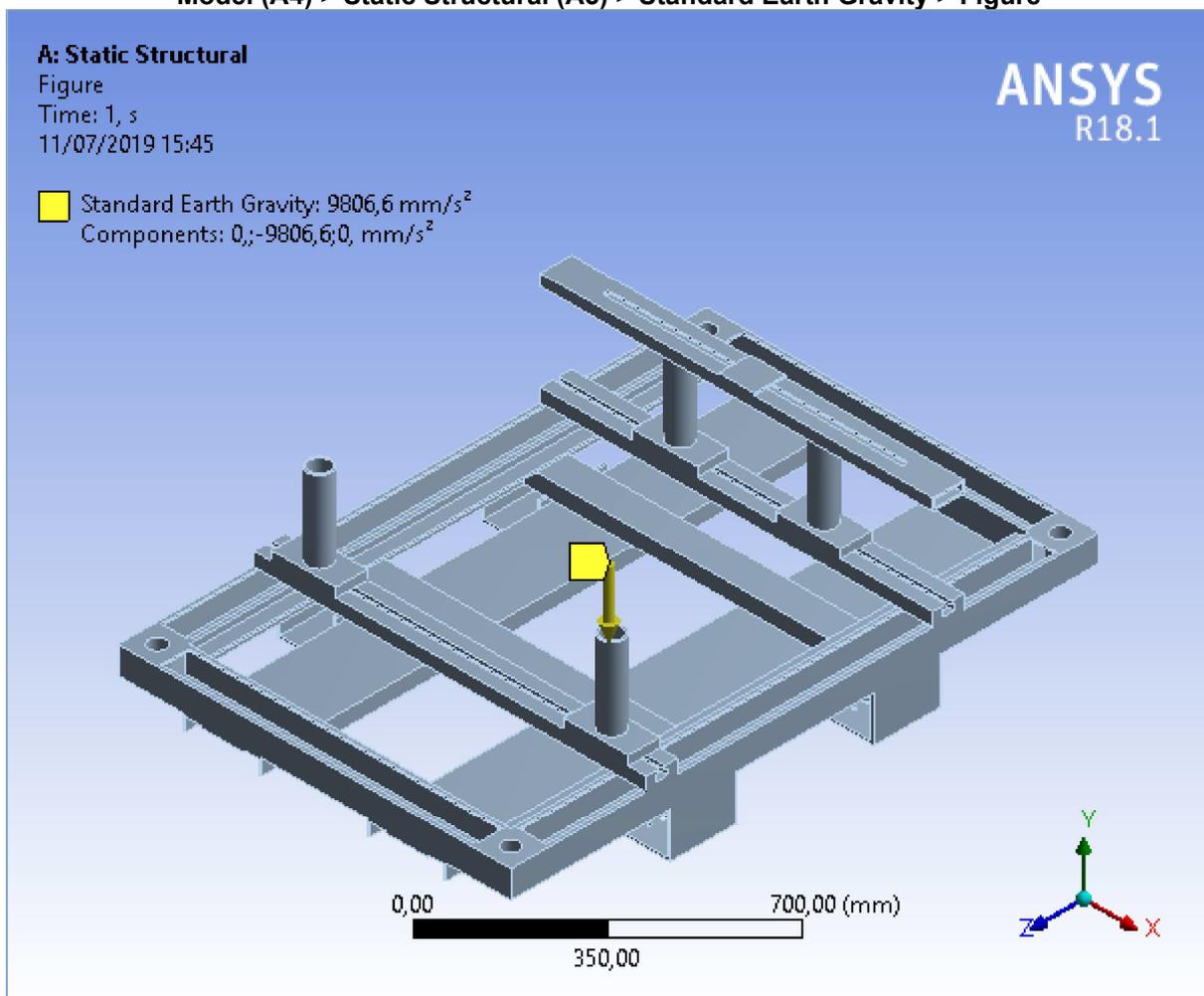


FIGURE 6

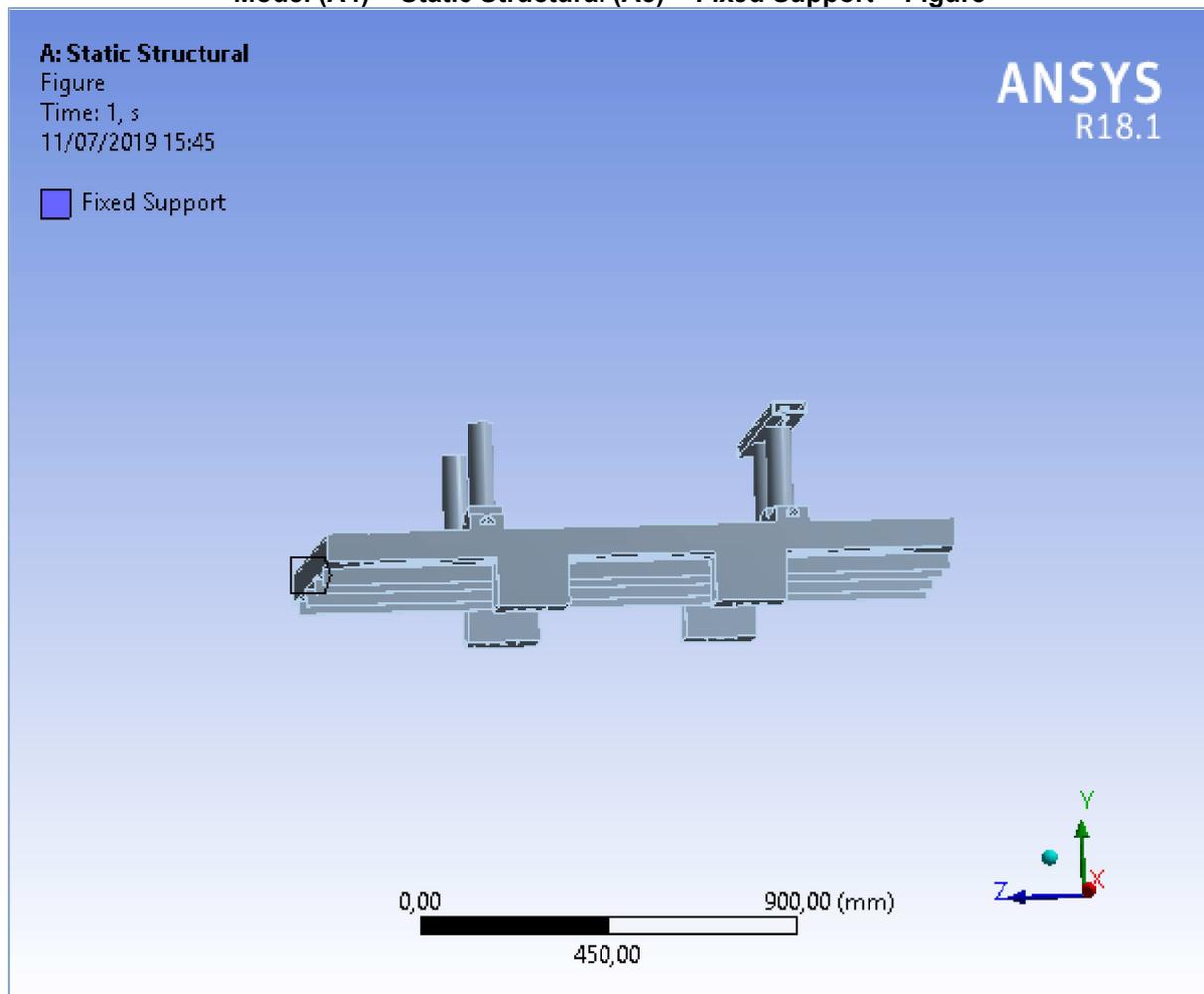
Model (A4) &gt; Static Structural (A5) &gt; Standard Earth Gravity &gt; Figure



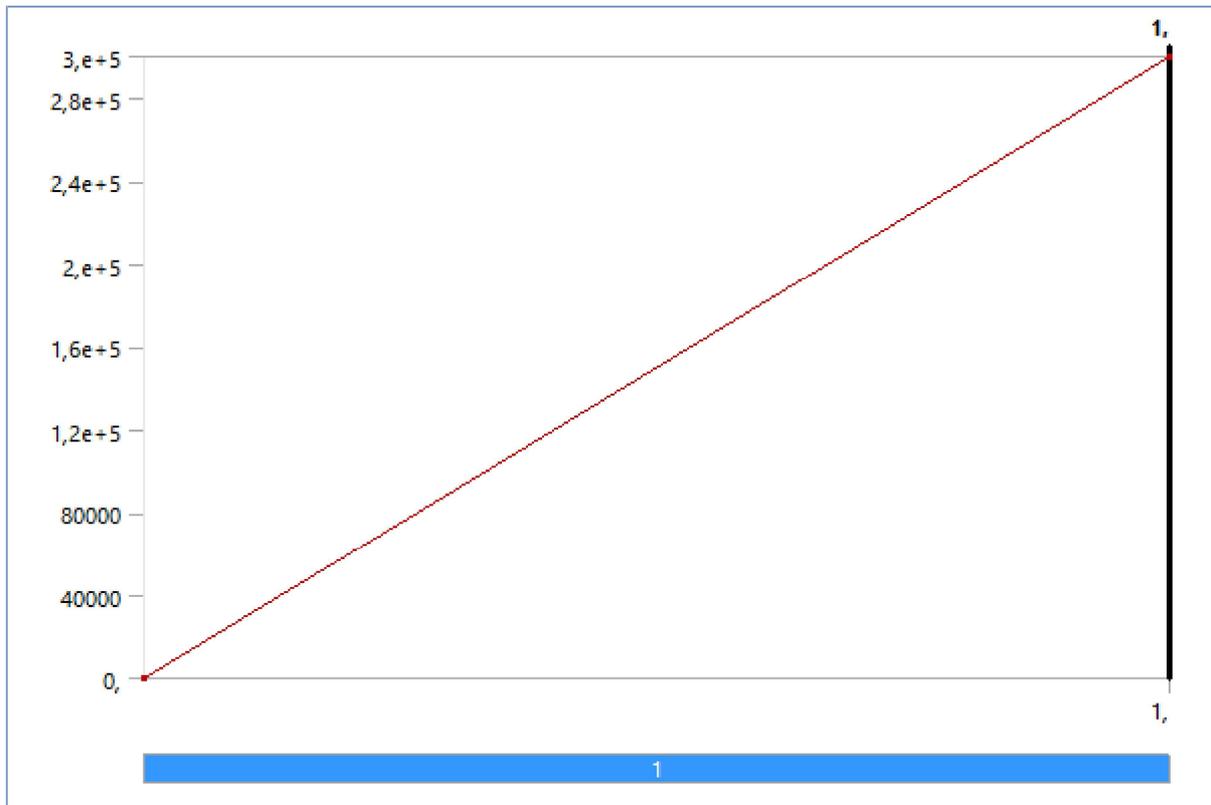
**TABLE 13**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Loads**

Object Name	<i>Fixed Support</i>	<i>Moment</i>
State	Fully Defined	
<b>Scope</b>		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	4 Faces	2 Faces
<b>Definition</b>		
Type	Fixed Support	Moment
Suppressed	No	
Define By		Vector
Magnitude		3,e+005 N·mm (ramped)
Direction		Defined
Behavior		Deformable
<b>Advanced</b>		
Pinball Region		All

**FIGURE 7**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Fixed Support > Figure**



**FIGURE 8**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Moment**



### Solution (A6)

**TABLE 14**  
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution

Object Name	<i>Solution (A6)</i>
State	Solved
<b>Adaptive Mesh Refinement</b>	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,
<b>Information</b>	
Status	Done
MAPDL Elapsed Time	26, s
MAPDL Memory Used	1,9414 GB
MAPDL Result File Size	59,875 MB
<b>Post Processing</b>	
Beam Section Results	No

**TABLE 15**  
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Solution Information

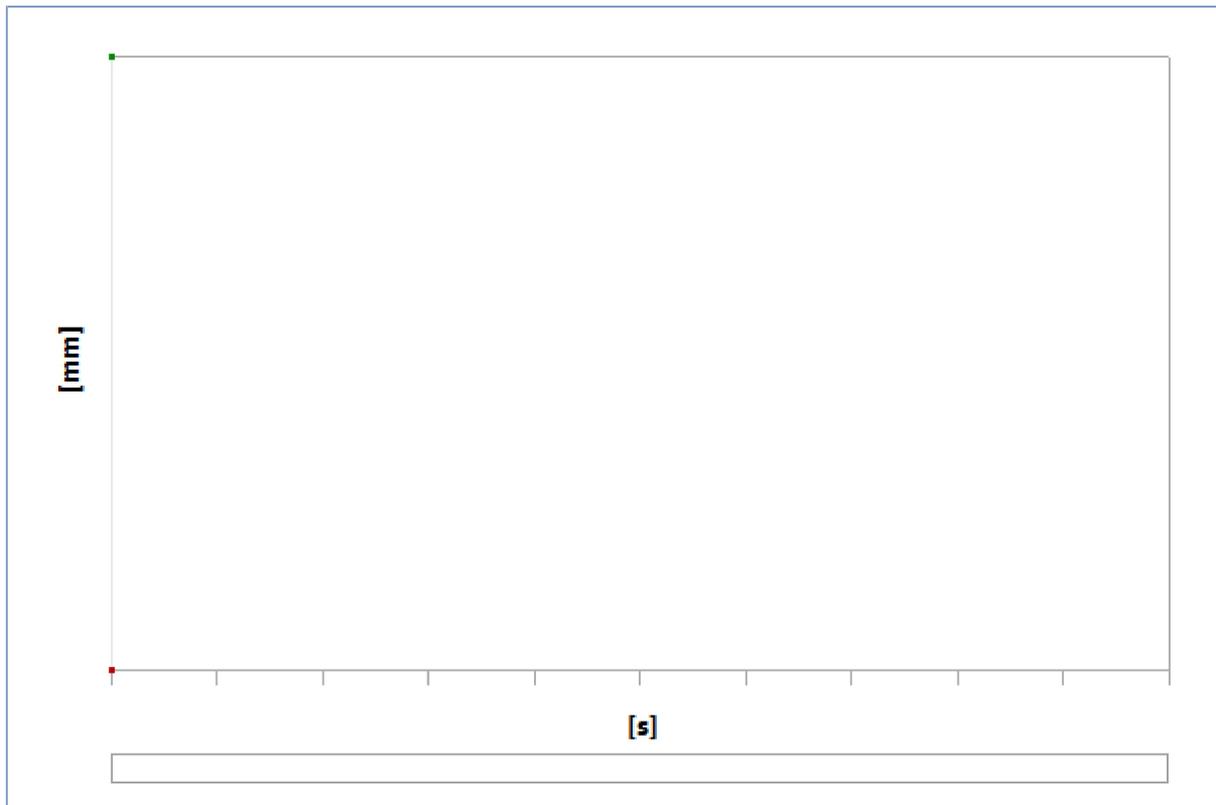
Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
<b>Solution Information</b>	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Identify Element Violations	0
Update Interval	2,5 s
Display Points	All
<b>FE Connection Visibility</b>	
Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type

Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

**TABLE 16**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Results**

Object Name	Total Deformation	Equivalent Stress
State	Solved	
<b>Scope</b>		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
<b>Definition</b>		
Type	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Stress
By	Time	
Display Time	Last	
Calculate Time History	Yes	
Identifier		
Suppressed	No	
<b>Results</b>		
Minimum	0, mm	2,2867e-003 MPa
Maximum	0,15548 mm	19,441 MPa
Minimum Occurs On	Base_Primary_2-1	
Maximum Occurs On	Base_Primary_2-1	
<b>Information</b>		
Time	1, s	
Load Step	1	
Substep	1	
Iteration Number	1	
<b>Integration Point Results</b>		
Display Option	Averaged	
Average Across Bodies	No	

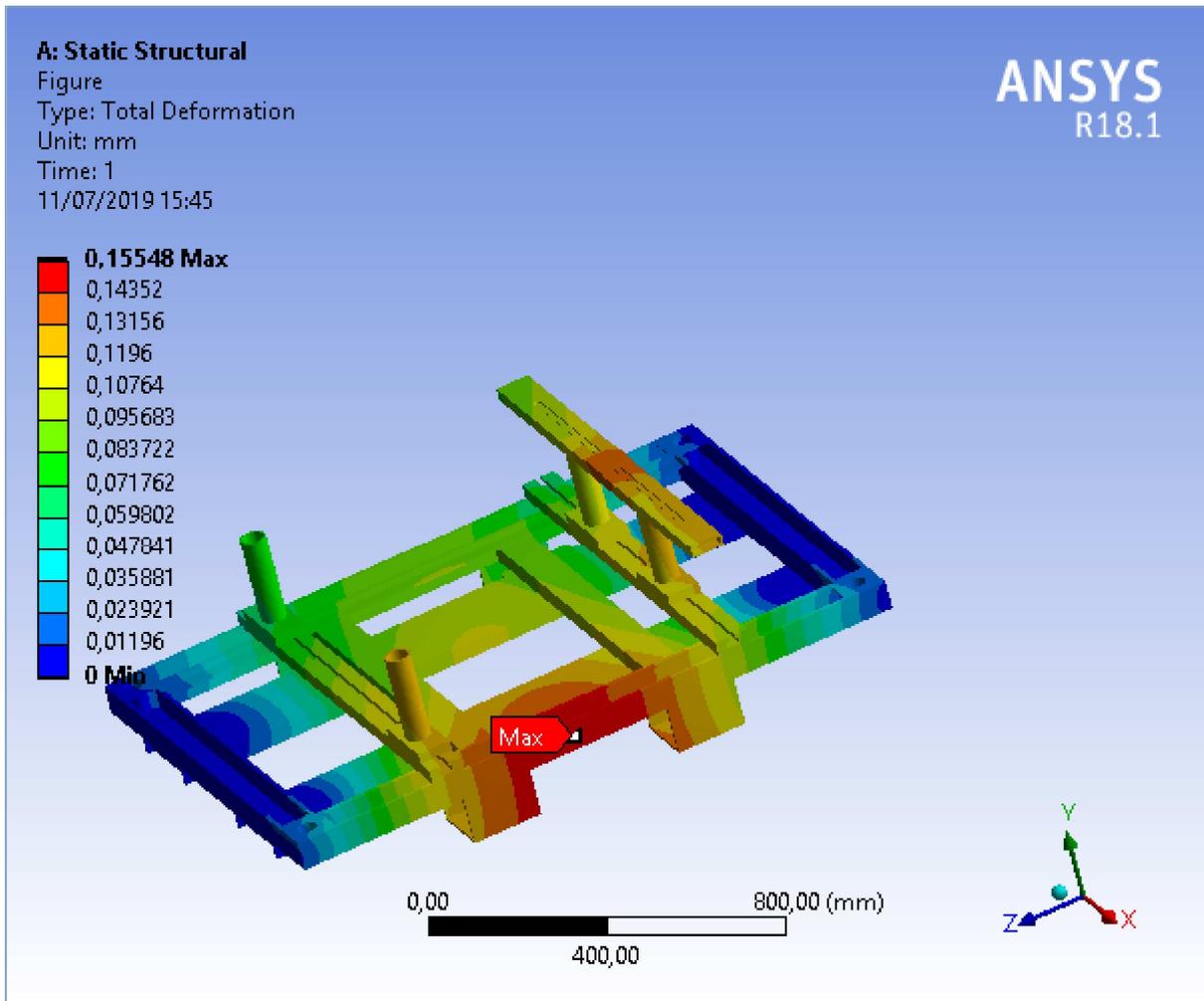
**FIGURE 9**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Total Deformation**



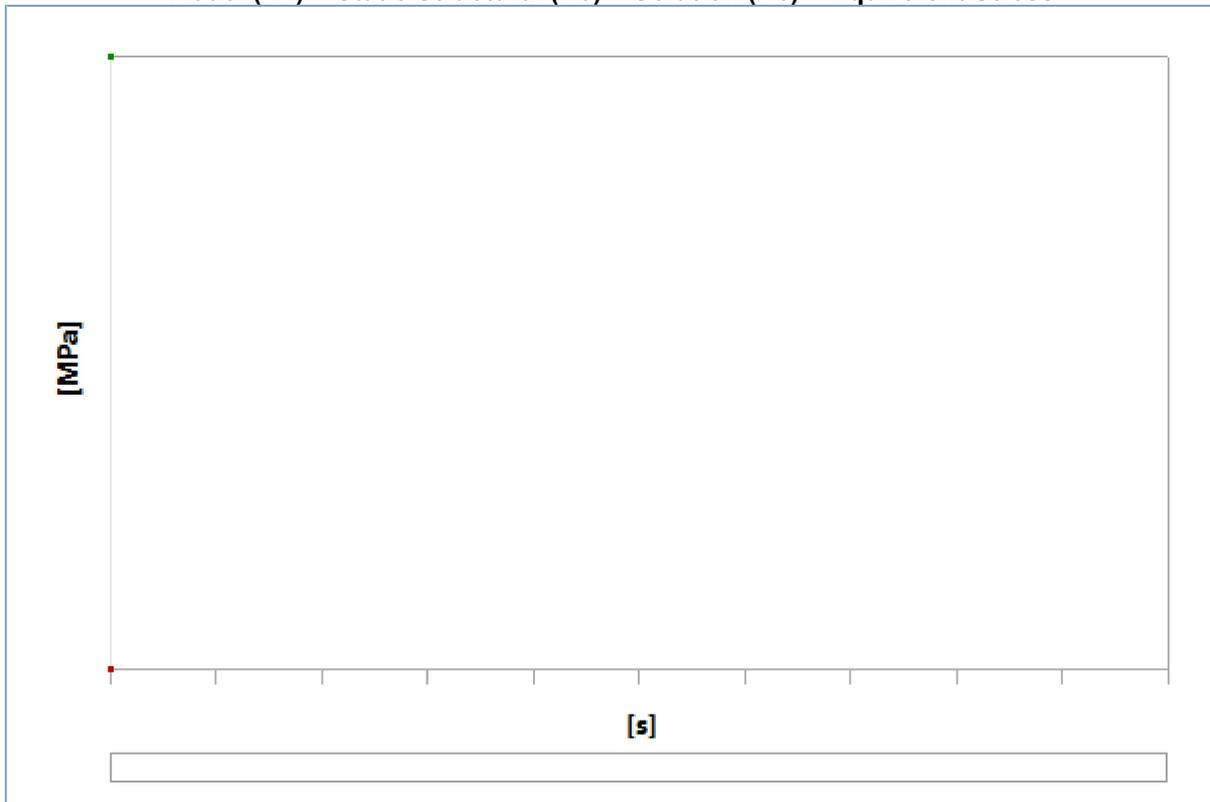
**TABLE 17**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Total Deformation**

Time [s]	Minimum [mm]	Maximum [mm]
1,	0,	0,15548

**FIGURE 10**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Total Deformation > Figure**



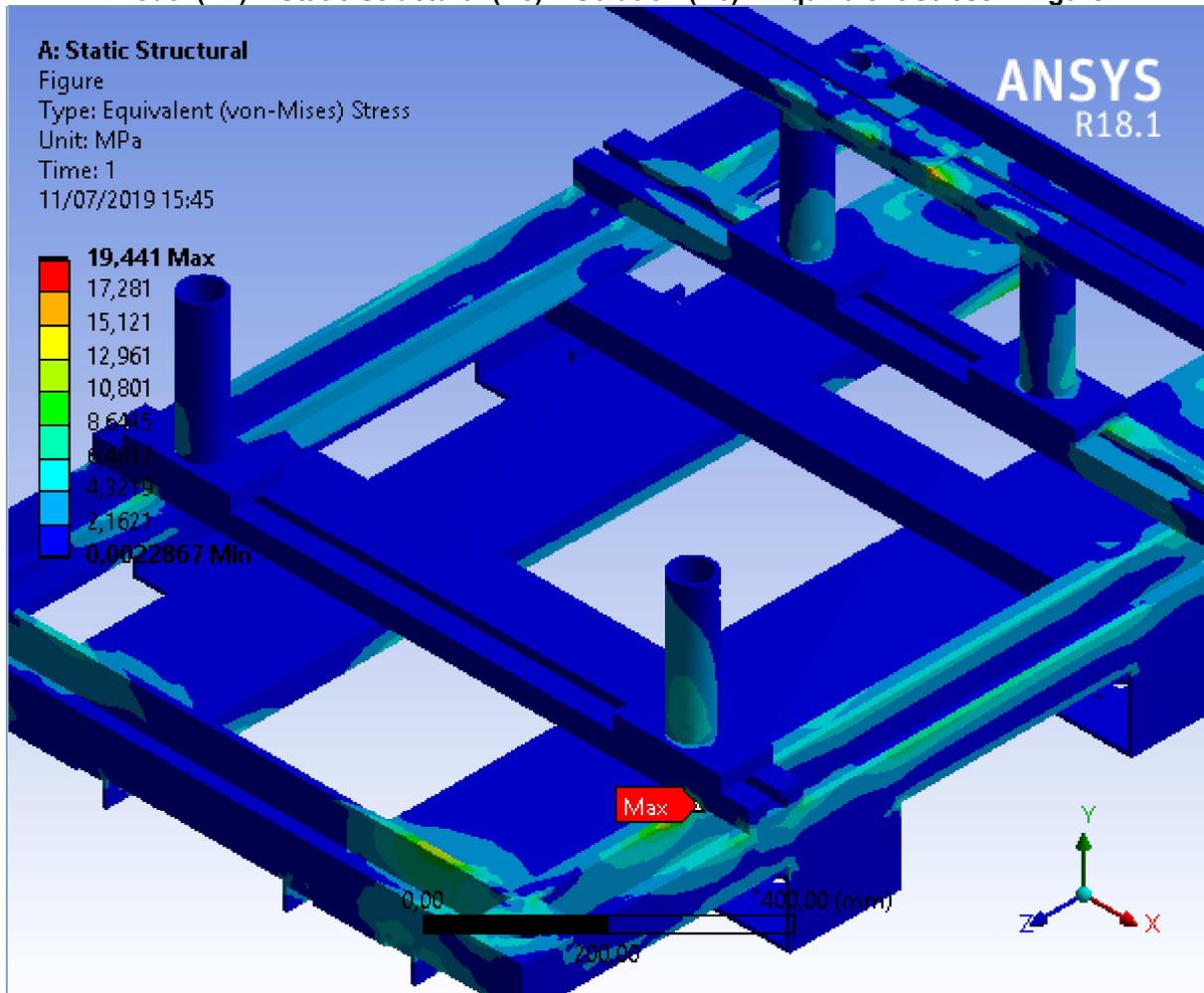
**FIGURE 11**  
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Stress



**TABLE 18**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Stress**

Time [s]	Minimum [MPa]	Maximum [MPa]
1,	2,2867e-003	19,441

**FIGURE 12**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Stress > Figure**



## Material Data

### Liga 1060

**TABLE 19**  
**Liga 1060 > Constants**

Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	2,4e-005 C <sup>-1</sup>
---	--------------------------

**TABLE 20**  
**Liga 1060 > Isotropic Elasticity**

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa
69000	0,33	67647	25940

**TABLE 21**  
**Liga 1060 > Density**

Density kg mm <sup>-3</sup>
2,7e-006

**TABLE 22**

**Liga 1060 > Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion**

Zero-Thermal-Strain Reference Temperature C
22,

**TABLE 23****Liga 1060 > Specific Heat**

Specific Heat mJ kg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
9,e+005

**TABLE 24****Liga 1060 > Isotropic Thermal Conductivity**

Thermal Conductivity W mm <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
0,2

**AISI 1045 Aço, trefilado****TABLE 25****AISI 1045 Aço, trefilado > Constants**

Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	1,15e-005 C <sup>-1</sup>
---	---------------------------

**TABLE 26****AISI 1045 Aço, trefilado > Isotropic Elasticity**

Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa
2,05e+005	0,29	1,627e+005	79457

**TABLE 27****AISI 1045 Aço, trefilado > Density**

Density kg mm <sup>-3</sup>
7,85e-006

**TABLE 28****AISI 1045 Aço, trefilado > Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion**

Zero-Thermal-Strain Reference Temperature C
22,

**TABLE 29****AISI 1045 Aço, trefilado > Specific Heat**

Specific Heat mJ kg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
4,86e+005

**TABLE 30****AISI 1045 Aço, trefilado > Isotropic Thermal Conductivity**

Thermal Conductivity W mm <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
4,98e-002

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 29 de 30
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## ANEXO B – ORÇAMENTO METALURGIA VALENTE

## Orçamento



Razão Social: Metalúrgica Valente LTDA - ME  
 Endereço: Rua Direta do Capelão, Travessa Boa Vista de Cima, Galpão 30 - Areia Branca - Lauro de Freitas / BA - Cep: 41.412-010.  
 CNPJ: 05.938.101/0001-21 Inscrição Estadual: 062.678.203 Inscrição Municipal: 384.704  
 Telefone: (71) 9.9107-0270 / 9.8131-7387 / 9.8187-3637  
 E-mail: metalurgicavalente@hotmail.com

Data:	11/07/2019
Vendedor:	Luiz Fernando / Antônio Rey
Orçamento N°:	288/2019
Validade da proposta:	10 dias
Condições de pagamento:	Entrada de 30% saldo restante 28 dias após entrega

### Cliente

Razão Social: Vieira Sena Construções e Serviços Ltda.  
 Endereço: Rua Castro Alves, 22 - Centro, Camaçari/BA, Cep: 42.800-430.  
 Telefone: (71) 3621-3033 / 9.9636-1415  
 E-mail: geraldo.ribeiro@vierasena.com.br  
 Solicitante: Sr. Geraldo Ribeiro Kruschewsky Neto

Transportadora	Tipo de Frete	Frete por Conta	Data de Entrega
Metalúrgica Valente LTDA.	Terrestre	CIF	21 dias úteis

Item	Descrição	Quantidade	Preço Unit	Total
	Projeto Docking Cart			
01	Componentes do Projeto. Apoio de movimentação em aço SAE 1045 trefilado. Quantidade 01 peça. Bandeja Reservatório em aço SAE 1020. Quantidade 04 peças. Base do Suporte em aço SAE 1045 trefilado. Quantidade 04 peças. Base Primária em aço SAE 1045 trefilado. Quantidade 01 peça. Chapa deslizante do suporte em Náilon 101. Quantidade 04 peças. Chapa guia da base em aço SAE 1045 trefilado. Quantidade 02 peças. Chaveta em aço SAE 1045 trefilado. Quantidade 04 peças. Fuso suporte em aço SAE 1045 trefilado. Quantidade 04 peças. Suporte do coxin traseiro em aço SAE 1045 trefilado. Quantidade 01 peça. Painel de sensores em PVC Rígido. Quantidade 01 peça. Tampa painel de sensores em PVC Rígido. Quantidade 01 peça. Parafuso da chaveta em aço SAE 1045 trefilado. Quantidade 03 peças. Suporte do painel - Peça 1 em aço SAE 1045 trefilado. Quantidade 01 peça. Suporte do painel - Peça 2 em aço SAE 1045 trefilado. Quantidade 01 peça. Porca do suporte em aço SAE 1045 trefilado. Quantidade 04 peças. Viga de deslizamento da base em aço SAE 1045 trefilado. Quantidade 02 peças. Viga longitudinal da base em aço SAE 1045 trefilado. Quantidade 02 peças.	1	R\$ 10.982,85	R\$ 10.982,85

Dados Adicionais	<b>Valor Total Produtos</b>	R\$ 10.982,85
	<b>Desconto</b>	
	<b>Frete</b>	
	<b>Impostos</b>	
	<b>Outras Despesas</b>	
	<b>Valor Total do Orçamento</b>	<b>R\$ 10.982,85</b>

Aprovado por	Data

Qualquer dúvida ou reclamação entre em contato pelo fone (71) 99107-0270

 <small>Federação das Indústrias do Estado da Bahia</small>	Tipo Doc.: RELATÓRIO TÉCNICO	RELATÓRIO DETALHADO
	Título Doc.: RELATÓRIO DETALHADO	Folha: 30 de 30
	Projeto: Projeto de um <i>Docking Cart</i> para ensaios de motores em salas de dinamômetros	

## ANEXO C – ORÇAMENTO METAL SOLUTION

À  
SENAI CIMATEC  
Att.: Geraldo Ribeiro Kruschewsky Neto  
REF.: Carrinho para teste de motores  
N/REF.: 19011207

Prezados Senhores,

Agradecemos sua consulta e conforme solicitação segue em anexo proposta técnica-comercial, referente a “Fornecimento de carrinho para teste de motores”.

Permanecemos ao seu inteiro dispor para quaisquer esclarecimentos que se façam necessário.

## 1. INTRODUÇÃO:

A presente proposta tem por objetivo descrever tecnicamente e comercialmente o fornecimento em referência, sendo basicamente:

Fabricar e fornecer carrinho conforme desenho fornecido.

## 2. RESPONSABILIDADES DA METAL SOLUTION:

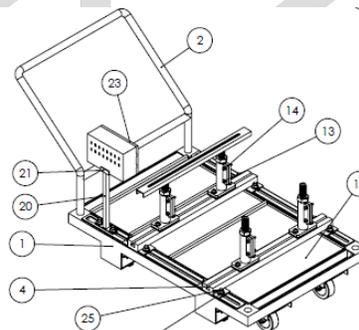
1. Fornecer as peças conforme especificado
2. Todas as partes metálicas sofrerão pintura epóxi.
3. Fazer entrega na unidade Senai de Salvador / BA.
4. Fornecer NF fatura.

## 3. RESPONSABILIDADES DA CONTRATANTE:

1. Fornecer pedido de compras.
2. Fornecer desenho completo.
3. Fornecer rodízio.

## 4. ITENS EXCLUSOS DO FORNECIMENTO:

1. Fornecer qualquer tipo de laudo NR12
2. Fornecer rodízios.



## 5. PREÇO PARA O FORNECIMENTO:

It	NCM	DESCRIÇÃO	QTDE	VR UNIT	VALOR TOTAL C/ IMPOSTOS
1	73269090	Fornecer carrinho para teste de motores	25	R\$ 5.700,00	R\$ 142.500,00

## 6. PRAZO DE ENTREGA:

O prazo de entrega será de 60 dias corridos.

## 7. CONDIÇÕES DE FORNECIMENTO:



### Condições de Pagamento

Através de emissão de nota fiscal de venda, 50% de sinal e saldo faturado para 30 dd.

### Tributos inclusos, sendo conforme alíquotas do simples nacional

NOTA FISCAL DE VENDA DE FABRICAÇÃO PRÓPRIA							
Alíquota	IRPJ	CSLL	COFINS	PIS/Pasep	CPP	ICMS	IPI
12,11%	0,54%	0,54%	1,60%	0,38%	4,60%	3,95%	0,50%

### Validade

Está proposta têm validade de 30 **dias** de sua data de emissão

Atenciosamente,

Flávio Estrela  
Comercial  
☎ (71) 994156142

Marcelo Pereira  
Diretor Comercial  
☎ (71) 981098050

METAL  
SOLUTION