

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**ALEXANDRE DO VALE DAS CHAGAS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO  
PARA USINAGEM DE UM COLETOR DE ESCAPE**

**TAUBATÉ – SP**  
**2017**

**ALEXANDRE DO VALE DAS CHAGAS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO  
PARA USINAGEM DE UM COLETOR DE ESCAPE**

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização pelo Curso Projeto Mecânico do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté,  
Área de Concentração: Engenharia Mecânica  
Orientador: Prof. Me. José Alves da Silva Neto.

**TAUBATÉ – SP**

**2017**

Chagas, Alexandre do Vale das

Desenvolvimento de um dispositivo de fixação para usinagem de um coletor de escape / Alexandre do Vale das Chagas. – 2017.

58f. : il.

Monografia (especialização) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica, 2017.

Orientação: Prof. Me. José Alves da Silva Neto, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Dispositivo de fixação. 2. Usinagem. 3. Coletor de escape. I. Título.

**ALEXANDRE DO VALE DAS CHAGAS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO PARA USINAGEM DE  
UM COLETOR DE ESCAPE**

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização pelo Curso Projeto Mecânico do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté,  
Área de Concentração: Engenharia Mecânica.

Data: \_\_\_\_\_

Resultado: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Giorgio Eugenio Ocare Giacaglia

Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Me. José Alves da Silva Neto

Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

A minha família, que me ensinou o valor da educação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me dar força para buscar um futuro melhor, por me dar discernimento para saber escolher os caminhos corretos e por me iluminar com as oportunidades aproveitadas.

Agradeço aos meus pais pela educação que me foi passada e por serem exemplos de superação e de amor.

Agradeço ao meu irmão por ser um exemplo de vida para mim e por me ensinar a batalhar nessa guerra chamada vida.

Agradeço aos colegas de classe pelo companheirismo e pelos momentos de superação juntos.

Agradeço aos meus colegas de profissão que todos os dias compartilham seus conhecimentos comigo e me tornam um profissional melhor a cada dia.

Agradeço ao orientador desse trabalho pelos conselhos passados e por dar a correta direção nesse trabalho.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é desenvolver um dispositivo de fixação hidráulico capaz de ser instalado em um centro de usinagem horizontal utilizando como base as etapas de desenvolvimento de um projeto industrial aplicado na empresa em questão. Os métodos utilizados foram pesquisa bibliográfica e documental, com abordagem qualitativa e de natureza aplicada. Ao final, foi possível verificar que os resultados esperados foram atingidos com sucesso, possibilitando a usinagem do coletor de escape com êxito. Conclui-se que a utilização da metodologia científica somada à aplicação das etapas de desenvolvimento de um projeto industrial, da empresa em questão, foram determinantes para estruturar uma coerente sequência de atividades necessárias para obter o sucesso do projeto.

Palavras-chave: Dispositivo de fixação. Usinagem. Coletor de escape.

## **ABSTRACT**

*The objective of this work is to develop a hydraulic fixture device capable of being installed in a horizontal machining center based on the stages of development of an industrial project applied in the company in question. The methods used were bibliographic and documentary, research with a qualitative approach of applied nature. At the end, it was possible to verify that the expected results were successfully achieved, enabling the machining of the exhaust manifold to be successful. It is concluded that the use of the scientific methodology added to the application of the stages of development of an industrial project of the company in question were determinant to structure a coherent sequence of activities necessary to obtain the success of the project.*

*Keywords: Fixture device. Machining. Exhaust manifold.*



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Forças atuantes na usinagem.....	16
Figura 2: Variáveis que influenciam na força de usinagem.....	17
Figura 3: Geometria na região de corte.....	18
Figura 4: Valores típicos para $K_s$ . ....	19
Figura 5: Formulário padrão de <i>FMEA</i> . ....	22
Figura 6 - Coletor de escapamento.....	26
Figura 7 - Usinagens na face do cabeçote.....	27
Figura 8 - Usinagens na face do defletor. ....	28
Figura 9 - Usinagens na face do catalisado. ....	28
Figura 10 - Centro de usinagem GROB G303.....	29
Figura 11 - Características do eixo B. ....	30
Figura 12 - Volteio máximo permissível. ....	30
Figura 13 - Especificação de inclinação da face do catalisador. ....	31
Figura 14 - Projeto preliminar do dispositivo de fixação. ....	32
Figura 15 - Projeto do dispositivo de fixação.....	35
Figura 16 - Pontos de aplicação de força. a) 1° fixação. b) 2° fixação. ....	35
Figura 17 - Grampos de fixação abertos e fechados.....	36
Figura 18 - Características do grampo de fixação. a) Guia. b) Estriado.....	37
Figura 19 - Detalhes de encaixe do coletor. a) Batentes. b) Gatilhos. ....	37
Figura 20 - Inclinação dos pinos index. ....	38
Figura 21 - Mecanismo antivibrador. ....	38
Figura 22 - Volteio do projeto. ....	39
Figura 23 - Simulação de fresamento das faces. a) Catalisador. b) Cabeçote. ....	40
Figura 24 - Simulação de furação dos furos dos prisioneiros.....	40
Figura 25 - Simulação dos furos do defletor. a) Furos. b) Proximidade da garra. ....	41
Figura 26 - Simulação de fresamento da face da sonda lambda. ....	41
Figura 27 - Simulação da furação dos furos de fixação do catalisador. ....	42
Figura 28 - Dispositivo de fixação finalizado. a) Sem peça. b) Com peça.....	47
Figura 29 - Gatilho de posicionamento com peça com rebarba. ....	49
Figura 30 - Máquina antes e depois da montagem. a) Antes. b) Depois.....	49
Figura 31 - Identificação dos cilindros hidráulicos. ....	51
Figura 32 - Esquema hidráulico do dispositivo. ....	51

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - <i>FMEA</i> do Dispositivo de Fixação.....	33
Quadro 2 - Critérios de utilizados para análise <i>FMEA</i> .....	34
Quadro 3 - Comparativo técnico das ofertas.....	45
Quadro 4 - Critérios de pontuação. ....	46
Quadro 5 - Critério de avaliação do peso.....	46
Quadro 6 - Resultado dos testes de fixação.....	48
Quadro 7 - Testes de usinagem. ....	50

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	11
1.2	JUSTIFICATIVA.....	12
1.3	OBJETIVO.....	12
1.4	DELIMITAÇÃO.....	12
1.5	ESTRUTURA DA MONOGRAFIA.....	13
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1	PROCESSO DE USINAGEM.....	14
2.2	FORÇAS DE USINAGEM.....	15
2.3	MÁQUINA FERRAMENTA.....	19
2.4	DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO.....	20
2.5	ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E SEUS EFEITOS.....	21
3	METODOLOGIA.....	23
3.1	TIPOS DE PESQUISA EXISTENTES.....	23
3.2	TIPOS DE MÉTODOS EXISTENTES.....	23
3.3	MÉTODOS UTILIZADOS NESTA MONOGRAFIA E JUSTIFICATIVAS.....	25
4	RESULTADOS.....	26
4.1	ESCOPO DE TRABALHO.....	26
4.2	DETALHAMENTO DO PROJETO.....	32
4.3	CONSULTA AO MERCADO.....	44
4.4	VALIDAÇÃO PRÁTICA.....	46
4.5	VALIDAÇÃO FINAL DO PROJETO.....	52
5	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
	REFERÊNCIAS.....	54
	APÊNDICE A – LISTA ORIENTATIVA DE COMPONENTES.....	56

## **1 INTRODUÇÃO**

O processo de usinagem envolve diversos tipos de operações, que podem variar de acordo com o tipo de ferramenta de corte e com o tipo de máquina ferramenta empregado (MACHADO *et al*, 2009). Em diversos países, os custos com usinagem chegam a mais de 15% em relação a todos os processos de fabricação, e por este motivo, a usinagem, como parte da tecnologia de fabricação de produtos, é muito importante para as indústrias de manufatura moderna (DAVIM, 2008). Com a chegada dos sistemas computadorizados na indústria, no início da década de 80 (MACHADO, 2004), foi possível integrar essa tecnologia ao comando numérico, possibilitando assim um sistema de processamento com interface gráfica que permitiu o acesso a programas e suas modificações de maneira mais rápida (LYRA, 2010). Diante desse cenário, os processos produtivos de usinagem de componentes mecânicos devem ser vistos como fator importante para ser obter a competitividade no mercado (MACHADO *et al*, 2009).

Segundo Crichigno Filho (2010) a fabricação de peças com tolerâncias cada vez mais apertadas somadas a um grande número de variáveis em processos produtivos série é alvo de atenção, necessitando, com isso, que todos os fatores do processo sejam conhecidos e controlados.

### **1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

Nessa direção, uma montadora de automóveis da Região Sul Fluminense viabiliza o desenvolvimento de um processo produtivo para usinagem do componente coletor de escapamento. Entretanto, nos estudos realizados na empresa, que tornaram o projeto do desenvolvimento do processo produtivo viável, foram consideradas diversas situações que favoreceram a redução do montante a ser investido no projeto. Uma dessas situações é a reutilização de uma máquina-ferramenta existente na planta da empresa que se encontra ociosa.

Porém, uma das premissas aplicadas na empresa em questão para processos produtivos de usinagem em série, é a utilização de máquinas-ferramentas dedicadas para usinar componentes mecânicos específicos. Ou seja, a máquina disponível para o projeto tem particularidades que atualmente que não permitem usinar o componente coletor de escapamento. Diante disso, essa monografia visa

desenvolver um dispositivo de fixação a ser instalado na máquina-ferramenta para possibilitar a usinagem do coletor de escape.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

Nesta monografia, foi exposto o passo a passo para o desenvolvimento do projeto do dispositivo de fixação evidenciando as etapas que proporcionaram o resultado satisfatório do projeto.

O método utilizado foi baseado na norma interna da empresa que determina algumas etapas importantes para projetos industriais, e com base nisso o projeto desta monografia se fez necessário para expor o caminho para um desenvolvimento de um projeto de dispositivo de fixação.

Mostrou-se que o método aplicado obteve sucesso no projeto em questão, possibilitando a usinagem do coletor de escapamento sem perturbações.

Diante desse cenário, o presente trabalho visa desenvolver um dispositivo de fixação para ser utilizado em um centro de usinagem horizontal utilizando como base as etapas de desenvolvimento de um projeto industrial aplicado na empresa em questão.

## **1.3 OBJETIVO**

O objetivo principal desta monografia é evidenciar o desenvolvimento do projeto do dispositivo de fixação hidráulico capaz de possibilitar a usinagem do componente coletor de escapamento.

Como premissa base, o dispositivo de fixação deve ser instalado em um centro de usinagem horizontal existente na planta da empresa, conforme validado nos testes que viabilizaram a criação do novo processo produtivo.

## **1.4 DELIMITAÇÃO**

Esta monografia foca apenas no equipamento mecânico do dispositivo de fixação e não leva em consideração os outros meios do processo produtivo do componente coletor. Além disso, a viabilidade econômica do equipamento não é alvo de estudo neste trabalho, pois esta análise financeira é feita levando em consideração todos os meios do processo e não apenas um equipamento.

Como metodologia aplicada neste trabalho destaca-se a pesquisa qualitativa com natureza de uma pesquisa aplicada, utilizando o método de pesquisa bibliográfica e documental.

### **1.5 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA**

Sobre a estrutura do trabalho, os capítulos foram divididos para manter uma estruturação progressiva do desenvolvimento científico do equipamento.

O capítulo 1 (introdução) expõe a definição da situação problema, a justificativa, o objetivo, as delimitações e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 aborda os principais conceitos teóricos relacionados ao processo de usinagem, força de usinagem, máquinas ferramentas e dispositivo de fixação. No capítulo 3 é apresentada a metodologia utilizada neste trabalho baseada nos conceitos de trabalhos científicos que organiza a sequência de atividades. O capítulo 4 desenvolve-se a aplicação da metodologia balizada pelas etapas de desenvolvimento de um equipamento industrial. Neste capítulo, é possível destacar as etapas principais utilizadas para nortear a sequência das atividades do projeto. A primeira etapa é a definição do escopo de trabalho, que é importante para planejar o conceito do projeto e definir os limites importantes a serem considerados. Já a segunda etapa é o projeto detalhado, que destrincha o projeto evidenciando cada característica analisando o funcionamento do equipamento. A terceira etapa é a consulta ao mercado, que é analisado fornecedores capacitados a construir o equipamento projetado. A próxima etapa é a validação prática do equipamento, realizada após a fabricação do meio e realizando testes previamente definidos. E a última é a validação final do equipamento, no qual é atualizada toda a documentação de manutenção e operação do dispositivo.

No capítulo 5 são apresentadas as contribuições, limitações e propostas de desenvolvimento futuro que encerram o trabalho.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 PROCESSO DE USINAGEM

Para Machado *et al* (2009) a usinagem é reconhecidamente o processo de fabricação mais popular do mundo, transformando em cavacos algo em torno de 10% de toda a produção de metais e empregando dezenas de milhões de pessoas.

Silva (2011) explica que a gama de processos de fabricação que transforma um componente ou matérias prima em uma peça com forma específica é chamado de usinagem. Esse processo é realizado através da remoção progressiva de material denominado cavaco.

A usinagem é aplicada quando é usada para transformar blocos brutos metálicos fundidos, forjados e trefilação em uma geometria que tenha tamanho e acabamento especificado de acordo com as necessidades de projeto. O processo de usinagem é necessário, pois os outros processos de fabricação não garantem a exatidão dimensional e a qualidade superficial da peça. É a usinagem que gera a peça com essas características. Pode-se dizer que é um dos processos mais importantes do sistema de manufatura, agregando valor ao produto final (SOUZA, 2011).

#### 2.1.1 Operações de usinagem

O processo de usinagem envolve diversos tipos de operações, que podem variar de acordo com o tipo de ferramenta de corte e com o tipo de máquina ferramenta empregado (MACHADO *et al*, 2009).

Ferraresi (1970) estabelece uma classificação e nomenclatura dos processos mecânicos de usinagem:

- Torneamento
- Aplainamento
- Furação
- Alargamento
- Rebaixamento
- Mandrilamento
- Fresamento
- Serramento
- Brochamento
- Roscamento
- Limagem
- Rasqueteamento
- Tamboramento
- Retificação
- Brunimento
- Superacabamento

- Lapidação
- Espelhamento
- Polimento
- Lixamento
- Jateamento
- Afição
- Denteamento
- Eletroerosão

Esses processos de usinagem são definidos como (FERRARESI, 1970):

- **Fresamento:** é o processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies quaisquer com auxílio de ferramentas geralmente multicortantes. Para isso, a ferramenta gira e a peça ou a ferramenta se deslocam segundo uma trajetória qualquer.

- **Furação:** é o processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de um furo cilíndrico numa peça, com auxílio de uma ferramenta denominada broca. Para isso, a ferramenta gira e é realizado movimento retilíneo pela ferramenta ou pela peça.

- **Roscamento:** é o processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de filetes, por meio de abertura de um ou vários sulcos helicoidais de passo uniforme em superfícies cilíndricas. Para tanto, a peça ou a ferramenta gira e uma delas se desloca simultaneamente segundo uma trajetória retilínea paralela ao eixo de rotação.

## 2.2 FORÇAS DE USINAGEM

Em um processo de usinagem é possível definir vários tipos de forças, sendo estas forças consideradas como uma ação da peça sobre a ferramenta. A força de usinagem é a força total resultante que atua sobre uma cunha cortante durante a usinagem (FERRARESI, 1970).

Machado (2009) explica que o conhecimento da força de usinagem que age sobre a cunha cortante e o estudo de seus componentes é de grande importância, porque possibilitam estimar a potência necessária para o corte, bem como as forças atuantes nos elementos da máquina-ferramenta, além de manter relação com o desgaste das ferramentas de corte, influenciando a viabilidade econômica do processo. A figura 1 evidencia os tipos de forças envolvidas em um processo de usinagem.



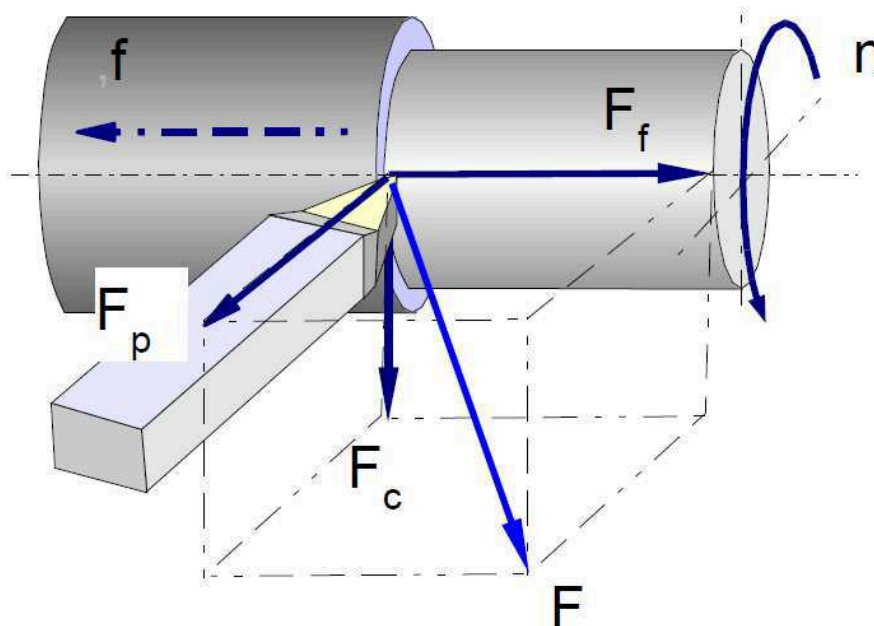


Figura 1: Forças atuantes na usinagem.  
Fonte: Inga Projetos (2016).

Segundo Machado (2009), Os três componentes básicos da força de usinagem são:

- **Força de corte ou força principal de corte ( $F_c$ ):** é a projeção da força de usinagem sobre o plano de trabalho, na direção de corte, dada pela velocidade de corte.
- **Força de avanço ( $F_p$ ):** é a projeção da força de usinagem sobre o plano de trabalho, na direção de avanço, dada pela velocidade de avanço.
- **Força passiva ou força de profundidade ( $F_f$ ):** é a projeção da força de usinagem perpendicular ao plano de trabalho.

No momento que a ferramenta de corte inicia a usinagem da peça, uma força se opondo à penetração da ferramenta é produzida. Araújo (1999) afirma que existem vários métodos empregados para simular a força de usinagem. Um modelo amplamente utilizado é o empírico, baseado na seguinte relação (TLUSTY, 1999):

$$F_c = K_s \times A \quad (I)$$

O coeficiente  $K_s$  é a pressão específica de usinagem e  $A$  é a área da seção de corte transversal, definida por:

$$A = b \times h \quad (II)$$

onde  $b$  e  $h$  são o comprimento e espessura de usinagem, respectivamente.

Crichigno Filho (2010) define que o coeficiente  $K_s$  depende, basicamente, da análise do material da peça e da ferramenta de corte, ou seja, depende de cada aplicação. Este coeficiente é determinado experimentalmente. O comprimento de usinagem  $b$  depende da profundidade de corte  $ap$ . Já a espessura da seção transversal do cavaco depende do avanço da ferramenta na posição angular da ferramenta na região de corte. A figura 2 mostra as variáveis citadas anteriormente.

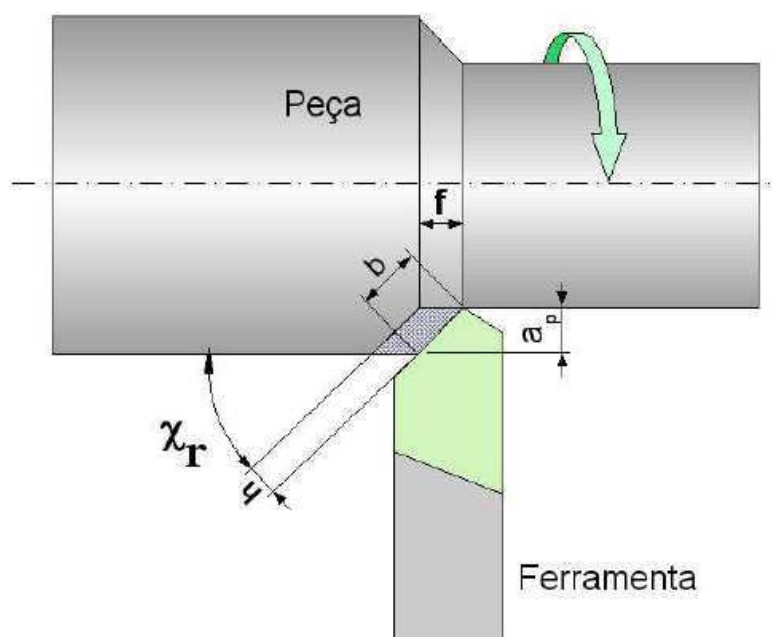


Figura 2: Variáveis que influenciam na força de usinagem.  
Fonte: Inga Projetos (2016).

A figura 3 mostra a geometria da região de corte para calcular a força de usinagem.

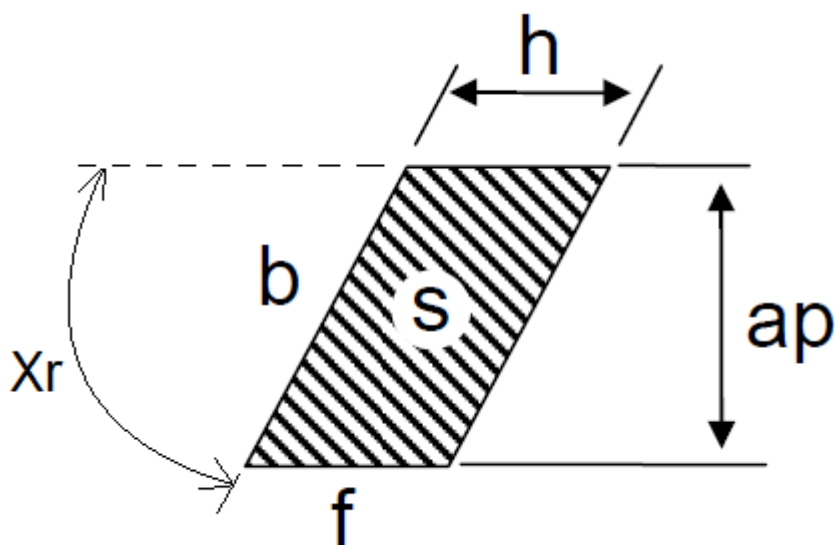


Figura 3: Geometria na região de corte.  
Fonte: Inga Projetos (2016).

As variáveis  $b$  e  $h$  também podem ser definidas com as seguintes fórmulas (CRICHIGNO FILHO, 2010).

$$b = \frac{a_p}{\sin X_r} \quad (\text{III})$$

$$h = f \times \sin X_r \quad (\text{IV})$$

Sendo assim, a força de usinagem pode ser definida seguindo a equação V.

$$F_c = K_s \times A = K_s \times b \times h = K_s \times a_p \times f \quad (\text{V})$$

Segundo o fabricante de ferramentas de corte Sandvik (2016), o coeficiente  $K_s$  pode ser explicado como força  $F_c$  necessária para cortar uma área de cavacos de  $1 \text{ mm}^2$  que possui uma espessura de  $1 \text{ mm}$ .

Sousa (2011) destaca que o coeficiente  $K_s$  deve ser obtido experimentalmente devido ao grande número de variáveis envolvidas no processo de usinagem. A figura 4 evidencia alguns valores típicos para o coeficiente  $K_s$ .

Material conforme norma DIN	Espessura h do cavaco em mm ( $h = a \cdot \text{Sen } X$ )											
	0,10	0,125	0,16	0,20	0,25	0,315	0,40	0,50	0,63	0,80	1,25	1,60
St 42	3090	2920	2750	2600	2450	2320	2190	2060	1950	1830	1640	1540
St 50	3550	3360	3140	2960	2800	2640	2480	2330	2200	2070	1840	1730
St 60	3060	2940	2830	2710	2620	2520	2420	2330	2240	2150	1990	1900
St 70	3440	3330	3200	3080	2970	2860	2760	2620	2570	2470	2300	2200
C 22	2550	2460	2360	2290	2210	2130	2040	1970	1900	1830	1700	1640
C 45	2700	2560	2400	2280	2150	2030	1910	1800	1710	1610	1440	1350
GS 20	1970	1930	1880	1840	1810	1770	1720	1680	1650	1610	1530	1500
34 Cr 4	3930	3640	3340	3080	2850	2630	2420	2240	2060	1900	1630	1490
GG-20	1800	1700	1600	1510	1430	1340	1280	1200	1140	1070	950	900
GG-30	2210	2070	1920	1800	1680	1680	1460	1360	1280	1190	1040	960
GTW-35	1910	1820	1730	1650	1500	1500	1420	1360	1290	1240	1130	1070
GS-45	2320	2240	2140	2060	1910	1910	1840	1770	1700	1630	1510	1450
Cu Zn 40	1010	930	840	770	660	660	600	550	500	460	390	350
Cu Sn 8	1430	1350	1280	1210	1070	1070	1010	960	900	850	770	720
Al Mg 3	640	620	490	570	530	530	510	490	470	460	420	410
Mg Al 9	520	480	440	400	350	350	320	290	270	260	220	200

Figura 4: Valores típicos para  $K_s$ .  
Fonte: Adaptado de Sousa (2011).

## 2.3 MÁQUINA FERRAMENTA

Para Souza e Ulbrich (2009) a usinagem é um dos processos essenciais na produção mecânica, podendo destacar como principais operações o torneamento, a furação e o fresamento. As máquinas que executam estas operações são denominadas máquinas-ferramentas.

Desde a revolução industrial, o projeto de diferentes tipos de máquinas-ferramentas tem passado por constantes evoluções. A automação do processo de usinagem teve início na década de 50 com o desenvolvimento de sistemas eletromecânicos, responsáveis pelo acionamento dos motores que realizavam movimentação dos eixos (STOETERAU, 2004).

Com a chegada dos sistemas computadorizados na indústria, no início da década de 80 (MACHADO, 2004), foi possível integrar essa tecnologia ao comando numérico, possibilitando assim um sistema de processamento com interface gráfica que permitiu o acesso a programas e suas modificações de maneira mais rápida (LYRA, 2010). Esse tipo de sistema é denominado como CNC (Comando Numérico

Computadorizado) e atualmente é empregado na indústria para diversas operações, tais como, usinagem, corte, dobra, solda, entre outras.

Stoeterau (2004) evidencia que o desempenho de uma máquina-ferramenta não depende somente do projeto e fabricação da máquina, mas também do tipo de peça e principalmente da rigidez dos dispositivos de fixação para peça.

## **2.4 DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO**

Segundo Crichigno Filho (2010) a fabricação de peças com tolerâncias cada vez mais apertadas, somadas a um grande número de variáveis em processos produtivos série é alvo de atenção, necessitando, com isso, que todos os fatores do processo sejam conhecidos e controlados. Deformações devidas às forças de usinagem, desgaste da ferramenta de corte, deformações devido a carregamentos, precisão geométrica da máquina-ferramenta, precisão do sistema de fixação são exemplos de fatores influenciam na fabricação de peças com elevada precisão.

Crichigno Filho (2010) ainda expõem que os sistemas de fixação são muito importantes em sistemas produtivos. Esses são meios especiais de fabricação com o objetivo principal de segurar as peças em uma posição pré-determinada. O objetivo desses sistemas é impedir que a peça não se mova durante a usinagem. Para isso, fixadores aplicam uma força empurrando-a contra os localizadores. Para garantir a exatidão e precisão de posicionamento de peças em sistemas de fixação é preciso estudar uma série de fatores.

Porém, Consalter (1999) afirma que a integração entre as atividades de um projeto de sistemas de fixação e os sistemas *CAD* têm tido um papel de grande importância, sobretudo para as questões de planejamento do desenvolvimento do projeto e controle dos seus componentes. Num trabalho conjunto entre os setores de projetos e de processos, os componentes do projeto são virtualmente montados no *CAD*, juntamente com o desenho da peça a ser fixada. Essa montagem, então, permite realizar simulações que eventualmente podem apresentar possíveis incoerências no projeto.

## 2.5 ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E SEUS EFEITOS

Toledo (2006) explica que a metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como *FMEA* (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*), é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo. Esse é o objetivo básico dessa ferramenta e, portanto, pode-se dizer que as chances do produto ou processo falhar durante sua operação estão sendo diminuídas com a aplicação dessa análise, ou seja, a confiabilidade do produto/processo é aumentada.

Severo *et. al.* (2010) destacam que em qualquer outro projeto técnico, independente da complexidade, como o caso de uma máquina especial, é aplicável uma ferramenta de apoio para a criação do projeto, e da mesma forma, a utilização de ferramentas que ajudam na revisão de projetos é vista como algo benéfico para o projeto de um produto ou processo.

A indústria automobilística passou a utilizar esta metodologia a partir dos anos 70, sendo atualmente aplicada através da norma QS 9000 e já foi incorporada a norma ISO/TS 16949 (SEVERO *et. al.*, 2010).

De acordo com Toledo (2006), a análise *FMEA* é sempre a mesma, independente do que está sendo analisado. Sendo assim, a mesma pode ser classificada em três tipos:

- **FMEA de produto:** ou *FMEA* de projeto, na qual é analisado um produto;
- **FMEA de processo:** são analisados processos que produzem erros através de não conformidades previamente estabelecidas;
- **FMEA de processo administrativo:** é um terceiro método pouco aplicado que é parecido com o anterior, só que com uma aplicação mais específica.

Segundo Helman e Andery (1995), é uma análise que detecta problemas de forma sistêmica e completa por meio de documentos. Sendo assim, a análise *FMEA* é uma ferramenta dedutiva onde todos os resultados são registrados em formulários padronizados. A figura 5 apresenta o exemplo de formulário padrão a ser utilizado para análise *FMEA*.

ANÁLISE DO TIPO E EFEITO DE FALHA													
Cod_pec: Nome da peça: Data: Folha N° ____ de ____					<input type="checkbox"/> FMEA de Processo <input type="checkbox"/> FMEA de Produto								
Descrição do produto	Funções do produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito da Falha Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações de Melhoria	Índices atuais			
					S	O	D	R	Ações Recomendadas	S	O	D	R

Figura 5: Formulário padrão de FMEA.  
 Fonte: Adaptado de Toledo (2006).

### 3 METODOLOGIA

Diehl e Tatim (2004) definem a metodologia como o estudo e a avaliação dos diversos métodos com o propósito de identificar possibilidades e limitações no processo da pesquisa científica. Sendo o método a abordagem de um problema com a sua análise prévia e a sistemática para sua solução, é, também, a maneira lógica de organização da sequência das atividades, para se chegar a um fim almejado. Os autores mencionam que não se deve seguir uma classificação com rigidez, pois cada trabalho tem suas particularidades e, muitas vezes, não é limitado por um único método ou tipo de pesquisa.

#### 3.1 TIPOS DE PESQUISA EXISTENTES

Segundo Oliveira (2006), de acordo com a natureza, a pesquisa científica pode ser classificada:

- **Básica:** tem foco na geração de conhecimento e, portanto, tem característica formal, procurando conceituar generalizações, princípios, leis;
- **Aplicada:** tem foco na prática, na solução de problemas, na geração de resultados que possam ser aplicados.

#### 3.2 TIPOS DE MÉTODOS EXISTENTES

As abordagens metodológicas, utilizadas no desenvolvimento dos trabalhos científicos, têm merecido atenção de diversos pesquisadores na Engenharia, tendo, como resultado, o desenvolvimento de trabalhos melhor estruturados, que podem ser replicados e aperfeiçoados por outros pesquisadores (MIGUEL, 2011).

Em relação à abordagem do problema, ela é relacionada à sua natureza ou ao seu nível de aprofundamento, com duas estratégias diferentes, a pesquisa quantitativa e a pesquisa qualitativa (DIEHL E TATIM, 2004):

- **Pesquisa quantitativa:** caracteriza-se pelo uso da quantificação, tanto na coleta, quanto no tratamento das informações por meio de técnicas estatísticas, com o objetivo de garantir resultados e evitar distorções de análise e de interpretação, possibilitando uma margem de segurança maior quanto às inferências.



- **Pesquisa qualitativa:** descrever a complexidade de determinado problema e a interação de certas variáveis, compreender e classificar os processos dinâmicos vividos por grupos sociais, contribuir para o processo de mudança de dado grupo e possibilitar, em maior nível, a profundidade, o entendimento das particularidades do comportamento dos indivíduos. A pesquisa qualitativa enfatiza o processo e seu significado, enquanto a quantitativa preocupa-se em medir e analisar as relações causais entre as variáveis (TERENCE E ESCRIVÃO FILHO, 2006).

Segundo o procedimento técnico, de acordo com Diehl e Tatim (2004), na análise dos fatos, do ponto de vista empírico, é preciso delinear o trabalho de pesquisa, que envolve a coleta e a interpretação dos dados. Dessa forma, as pesquisas podem ser classificadas como:

- **Pesquisa bibliográfica:** desenvolvida a partir de material existente, constituído principalmente de artigos científicos e livros;

- **Pesquisa documental:** tem semelhança com a pesquisa bibliográfica. A pesquisa documental se dá através de materiais que ainda não receberam tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com o objetivo do trabalho;

- **Pesquisa *ex-post-facto*:** trata-se de um experimento realizado depois dos fatos. São tomadas situações que são desenvolvidas naturalmente e trabalha-se sobre elas como se estivessem submetidas a controle;

- **Pesquisa levantamento:** caracteriza-se pelo questionamento direto das pessoas cujo comportamento ou ações deseja-se conhecer. Basicamente, se procede à solicitação de informações a um grupo significativo de indivíduos acerca do problema estudado, em seguida, mediante análise quantitativa, obtêm-se as conclusões correspondentes aos dados coletados;

- **Estudo de caso:** caracteriza-se pelo estudo aprofundado e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira que permita um conhecimento detalhado, tarefa praticamente impossível mediante os outros delineamentos considerados. Seu objetivo é aprofundar o conhecimento, acerca de um problema não suficientemente definido, visando estimular a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou desenvolver a teoria.

- **Pesquisa participante:** assim como a pesquisa-ação, caracteriza-se pela interação entre os pesquisadores e os membros das situações investigadas. Mostra-

se comprometida com a minimização da relação entre dirigentes e dirigidos e, por essa razão, tem-se voltado para a investigação junto a grupos desfavorecidos.

### **3.3 MÉTODOS UTILIZADOS NESTA MONOGRAFIA E JUSTIFICATIVAS**

Nesta monografia, a abordagem utilizada foi a de pesquisa qualitativa por contribuir na mudança do processo de produção de um determinado produto. A natureza é de uma pesquisa aplicada, pois o objetivo principal é o desenvolvimento e a implantação de um dispositivo, para que ele possa ser utilizado na produção, e trazer resultados válidos à produtividade e qualidade da empresa. Os métodos aplicados foram os de pesquisa bibliográfica devido à pesquisa em materiais e artigos já publicados, e pesquisa documental, pois parte da investigação concentra-se em dados obtidos, a partir de documentos específicos da empresa estudada.

Segundo Marconi e Lakatos (2008), a finalidade da pesquisa bibliográfica “[...] é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto”. Dessa forma, não se pretende somente repetir o que já foi afirmado por outros autores, mas mostrar um novo olhar sobre o debate existente e, talvez, chegar a conclusões inovadoras.

A pesquisa bibliográfica realizada no capítulo 2 teve como objetivo deixar o leitor ciente das teorias que serão aplicadas no próximo capítulo, assim como embasar o estudo, mostrando a utilização de técnicas e métodos válidos e reconhecidos pela literatura, além de mostrar o conhecimento das mesmas por parte do pesquisador.

A coleta documental refere-se à coleta de dados extraídos de documentos (escritos ou não) de fontes primárias.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ESCOPO DE TRABALHO

Esta é a primeira etapa de um processo de desenvolvimento de um equipamento industrial. Esta etapa é a base do projeto, na qual é realizado o planejamento do equipamento e definidas as diretrizes de seguimento do projeto que.

Nessa etapa deve ser estabelecido o escopo geral do projeto e quais funcionalidades o equipamento deve ter para atender a expectativa de uso. Para isto, é escrito um descritivo técnico que contempla todos os requisitos necessários para possibilitar uma consulta técnica e econômica no mercado.

No descritivo devem ser evidenciados os objetivos que o equipamento deve atender, qual a finalidade do equipamento, qual será o modo de trabalho, em qual meio o equipamento em questão irá trabalhar e quais as especificações técnicas deste meio, além de expor qual tipo de peça o equipamento irá usar.

#### 4.1.1 Finalidade do Equipamento

O projeto consiste em desenvolver um dispositivo de fixação para possibilitar a usinagem do coletor de escapamento de um motor automotivo. O componente é feito de ferro fundido nodular e é fornecido de forma bruta, sem qualquer usinagem. Visto isso, é necessário desenvolver um dispositivo que fixe o coletor de escape dentro de uma máquina-ferramenta para possibilitar a usinagem. A figura 6 mostra o componente coletor de escapamento.

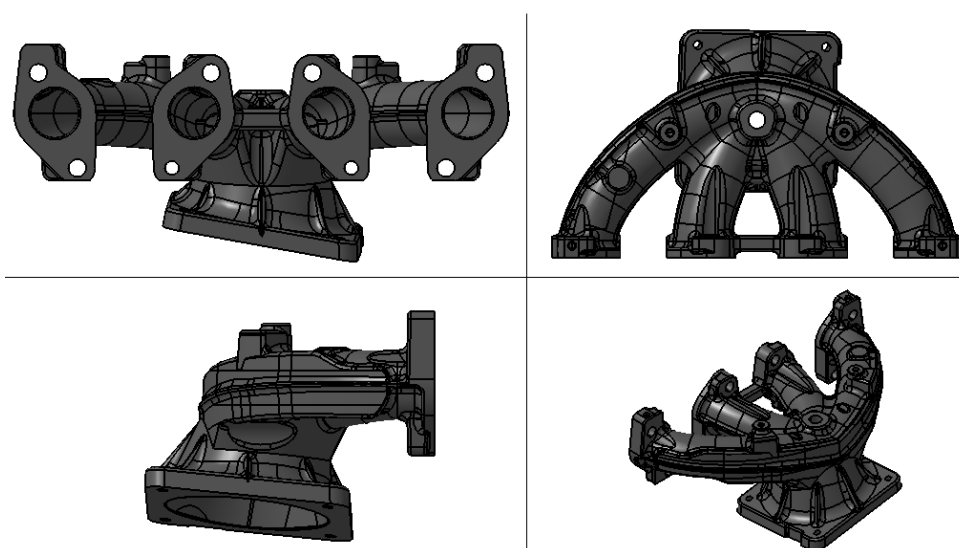


Figura 6 - Coletor de escapamento.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para este projeto, é proposto utilizar um centro de usinagem já existente na planta da empresa, sendo necessário, apenas, desenvolver outro dispositivo de fixação. Esse equipamento tem a finalidade de fixar a peça dentro da máquina, de forma que a peça não se movimente durante a usinagem.

#### 4.1.2 Componente a Usinar

Para o projeto do dispositivo, devem ser levadas em consideração as características a serem usinadas de modo que o equipamento permita o acesso da ferramenta de usinagem. Na sequência são descritas as usinagens necessárias para o coletor de escape bem como a nomenclatura utilizada. As características que necessitam serem usinadas são destacadas em vermelho para facilitar o entendimento nas figuras 7, 8 e 9.

Face do cabeçote:

- 1) Fresar da face do cabeçote;
- 2) Furar e alargar furos de referência;
- 3) Furar furos de fixação dos prisioneiros.

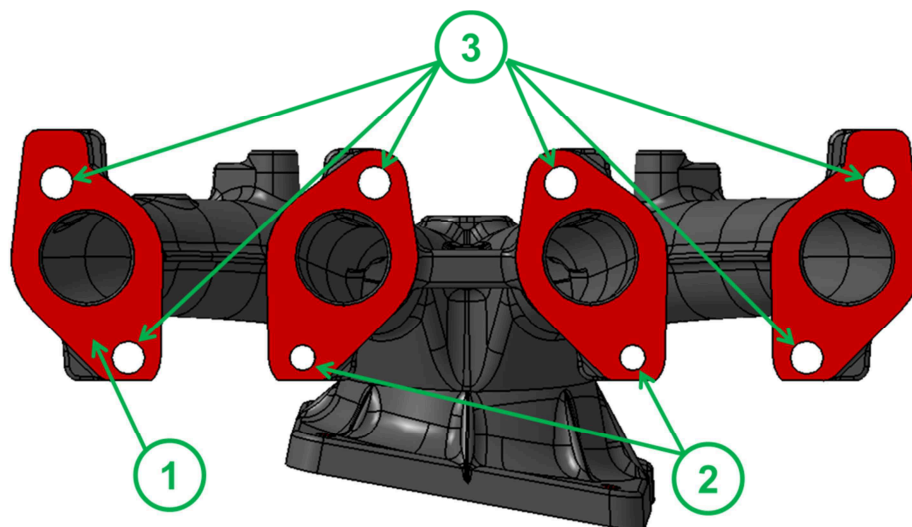


Figura 7 - Usinagens na face do cabeçote.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Face do defletor:

- 4) Furar e rosca furos de fixação do defletor;
- 5) Fresar face da sonda lambda;
- 6) Furar e rosca furo de fixação da sonda lambda.

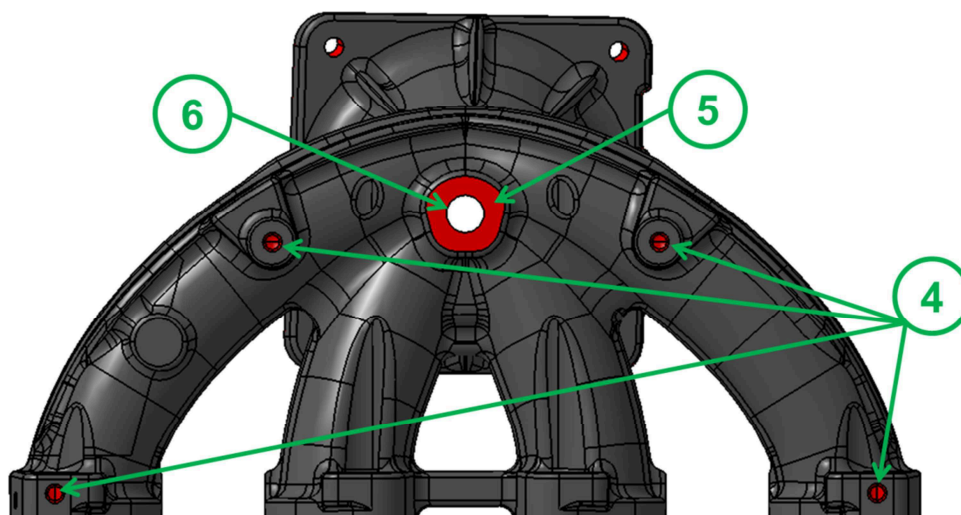


Figura 8 - Usinagens na face do defletor.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Face do catalisador:

- 7) Fresar face do catalisador;
- 8) Furar e roscar furos de fixação do catalisador.

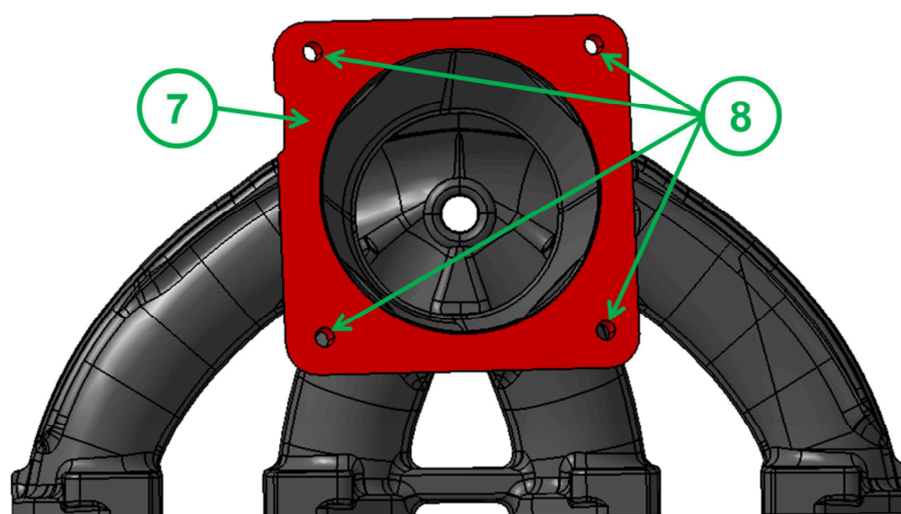


Figura 9 - Usinagens na face do catalisado.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.1.3 Meio a Utilizar

A máquina em que vai ser instalado o dispositivo de fixação é um centro de usinagem horizontal de um fornecedor brasileiro modelo G303 com quatro eixos, sendo X, Y, Z e B. A figura 10 mostra o *layout* da máquina.



Figura 10 - Centro de usinagem GROB G303.  
Fonte: Catálogo GROB (2017).

Para o projeto do dispositivo de fixação, é necessário saber os limites de curso que a máquina possui de forma que seja projetado um equipamento adequado para esses limites. A máquina em questão possui os seguintes limites de cursos:

Eixo X: 600mm

Eixo Y: 650mm

Eixo Z: 675mm

Eixo B: 360°

A máquina, além dos eixos tridimensionais principais X, Y e Z, possui um quarto eixo denominado B. Este eixo gira em torno de seu centro para possibilitar usinagens com um sentido de inclinação. O dispositivo de fixação estará fixado na mesa do eixo B e será solidário ao eixo B, ou seja, estará girando no mesmo centro do eixo. A figura 11 evidencia as características do eixo B para a máquina que será instalada o dispositivo de fixação.



Figura 11 - Características do eixo B.  
Fonte: Catálogo GROB (2017).

A mesa do eixo B possui oito canais de conexão hidráulicos para utilização no dispositivo de fixação. O dispositivo deve ser projeto de forma que utilize esses canais hidráulicos como fonte de funcionamento do equipamento. Esses canais hidráulicos são comandados por válvulas eletromecânicas existentes no centro de usinagem. Vale destacar que este trabalho é focado no projeto do dispositivo de fixação e, como o sistema hidráulico é comandado pelo centro de usinagem, este assunto não será abordado.

O dispositivo de fixação deve ser projetado de forma que seja possível a montagem na mesa do eixo B do centro de usinagem. Além disso, o projeto deve considerar o volteio máximo permissível desta máquina. A figura 12 mostra a especificação de volteio máximo.

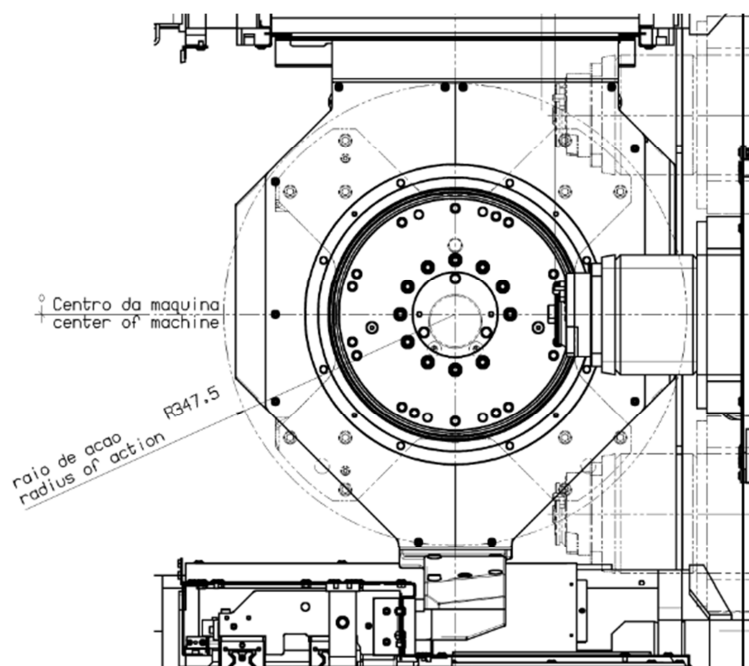


Figura 12 - Volteio máximo permissível.  
Fonte: Catálogo GROB (2017).

#### 4.1.4 Projeto Preliminar

O projeto preliminar tem uma grande importância no desenho do dispositivo de fixação, pois é a ideia inicial que será base para todo o seguimento do trabalho. Sendo assim, nesta parte da descrição do escopo de trabalho foi realizado um projeto utilizando um *software* de modelagem 3D para auxiliar a enriquecer o estudo.

Na primeira atividade do projeto é necessário realizar uma análise criteriosa do desenho de produto do componente para entender que tipo de dispositivo será necessário e quais as particularidades devem ser consideradas para o processo de usinagem.

Durante essa análise destaca-se uma característica específica do coletor de escape que necessita uma atenção maior para desenvolvimento do dispositivo. Para a face do catalisador, existe uma especificação angular em dois sentidos diferentes, ou seja, a face é denominada dupla inclinada. A figura 13 evidencia a especificação de ângulo para cada sentido de inclinação.

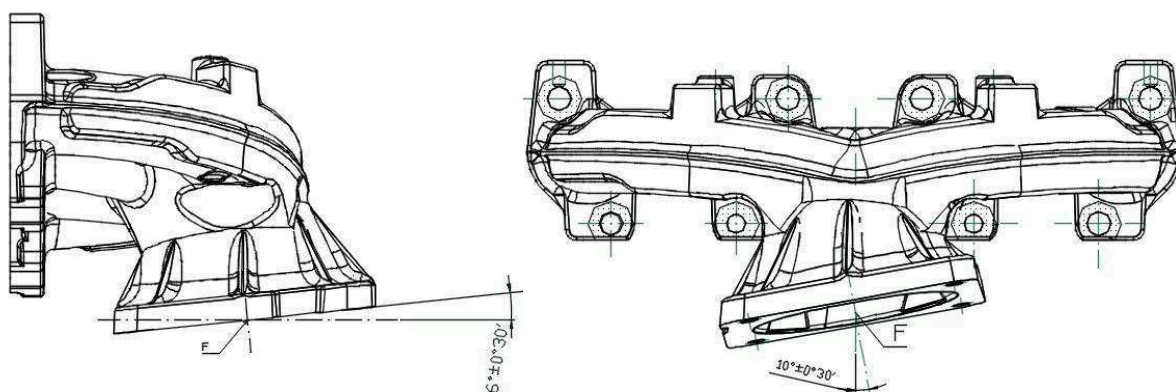


Figura 13 - Especificação de inclinação da face do catalisador.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Como a máquina disponível na planta da empresa para utilização neste projeto não possui eixos suficientes para realizar esta característica dupla inclinada, a saída é fixar a peça na máquina inclinada em um sentido, o segundo sentido será dado pela máquina. Sendo assim, em função dessa necessidade de acesso às faces que serão usinadas, o dispositivo deverá ter duas fixações.

Para garantir maior controle do processo produtivo, em um projeto de dispositivo de fixação, o recomendável pela empresa é fixar a peça na máquina nos pontos de referência da peça bruta; porém, em função do cronograma do projeto, o dispositivo foi desenvolvido antes do desenho da peça bruta estar concluído. Para



este projeto, então, a solução encontrada foi fixar a peça na região que seja uma superfície mais qualificada, isso é, superfície mais plana possível e com menor probabilidade de variação no processo de fundição.

É importante analisar, também, a sequência de usinagem de modo que o dispositivo seja projetado para possibilitar a usinagem de todas as características definidas no desenho de projeto. A figura 14 demonstra o projeto preliminar das fixações no dispositivo com a sequência de usinagem.

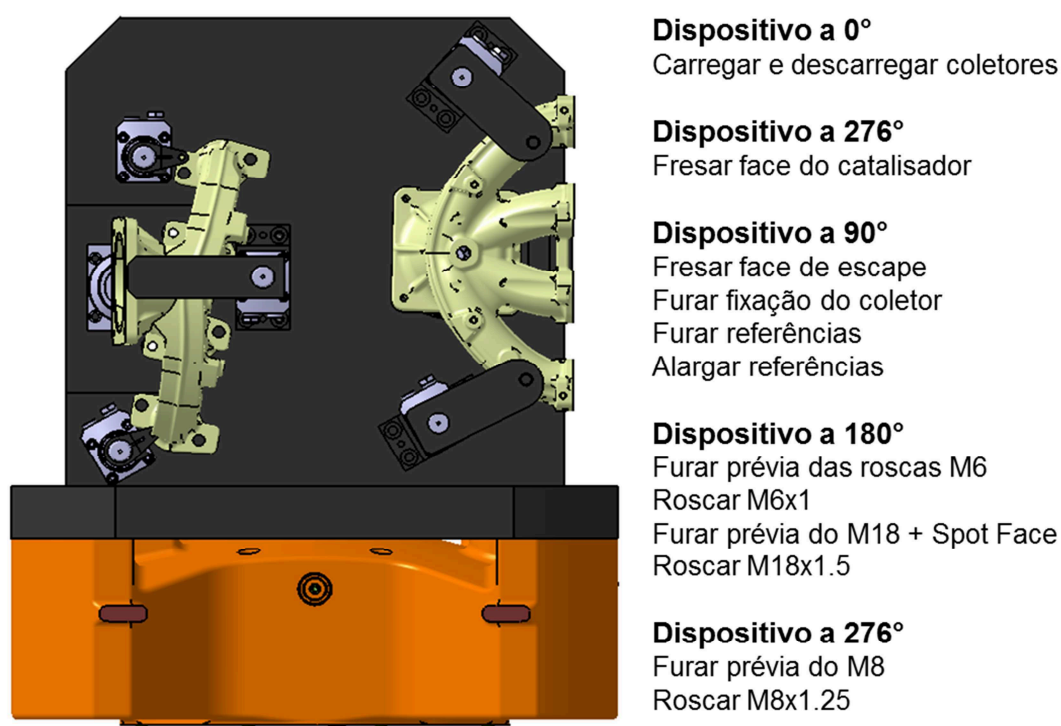


Figura 14 - Projeto preliminar do dispositivo de fixação.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4.2 DETALHAMENTO DO PROJETO

Após a finalização do descritivo é possível avançar para a próxima etapa, que é o detalhamento do projeto. A partir de uma ideia inicial, que foi definida na etapa anterior, é dado início a construção do projeto detalhado de modo que atenda todos os requisitos estabelecidos no descritivo técnico.

Nessa etapa, é feito o estudo de todo o equipamento evidenciando os detalhes do projeto perante o funcionamento do equipamento, qual a força de fixação, além de ser realizado um estudo de colisão com as ferramentas de usinagem.

Após todos esses estudos, os desenhos mecânico de todos os componentes são detalhados com suas respectivas dimensões e tolerâncias de fabricação.

Para validação do projeto, é necessário realizar a análise de modo de falha do equipamento, para minimizar possíveis erros de modo de funcionamento.

#### 4.2.1 Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos

Antes de iniciar o detalhamento do projeto, é importante analisar as possíveis falhas que o equipamento venha a ter no futuro, com isso pode-se implementar e planejar realizar algumas ações que visam minimizar os riscos de acontecer essas falhas. Essa análise foi feita pensando apenas no funcionamento do dispositivo de fixação e não leva em consideração falhas do centro de usinagem. A análise *FMEA* do dispositivo de fixação é apresentada no quadro 1.

Quadro 1 - *FMEA* do Dispositivo de Fixação.

ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E SEUS EFEITOS													
Descrição do produto	Funções do produto	Efeito da falha em potencial	Causa da falha em potencial	Índices				Ações de Melhoria	Índices atuais				
				G	F	D	R	Ações Recomendadas	G	F	D	R	
Dispositivo de Fixação Hidráulico	Apoiar o coletor de escape	Queda de peça	Falta de apoio	4	3	3	36	Considerar batentes de apoio no projeto	4	1	3	12	
			Apoio inadequado	4	6	6	144	Considerar gatilhos de posição no projeto	4	2	3	24	
			Erro operacional	4	7	7	196	Considerar os batentes e gatilhos de forma que permita apenas uma posição de fixação da peça	4	1	1	4	
	Fixar o coletor de escape	Erro de fixação	Falha no cilindro hidráulico	7	6	8	336	Considerar guias para cilindros de fixação	7	2	2	28	
			Impossibilidade de fixação	Excesso de material na peça	7	7	9	441	Realizar testes de fixação com a máxima e mínima condição de material	7	2	2	28
		Usinagem deslocada	Movimentação durante usinagem	8	4	9	288	Considerar garras de fixação estriadas e inserir antivibrador	8	1	3	24	
			Falta de pressão de fixação	8	4	8	256	Calcular a pressão do sistema e definir sequência de fixação	8	1	3	24	
	Possibilitar usinagem	Colisão com carenagem da máquina	Erro de projeto	6	3	5	90	Realizar testes de usinagem utilizando os limites dos eixos da máquina	6	1	4	24	
			Não considerado o volteio da máquina	6	3	6	108	Comparar volteio máximo do projeto com o especificado da máquina	6	1	4	24	
		Colisão com ferramentas de corte	Erro de projeto	6	3	5	90	Realizar simulação de usinagem e realizar testes de usinagem com todas ferramentas	6	1	3	18	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para essa análise os índices  $G$ ,  $F$  e  $D$  representam a Gravidade, Frequência e Detecção, respectivamente. O índice  $R$  é a resultante desses três itens, ou seja, é a multiplicação dos três índices.

$$R = G * F * D \quad (VI)$$

Os critérios utilizados para analisar a gravidade, frequência e detecção de cada item, seguiram as características que são apresentadas no quadro 2.

Quadro 2 - Critérios de utilizados para análise *FMEA*.

	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>PESO</b>
<b>GRAVIDADE DA FALHA (G)</b>	Apenas perceptível	1
	Pouca importância	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
<b>FREQUÊNCIA DA OCORRÊNCIA (F)</b>	Improvável	1
	Muito Pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
<b>DETECÇÃO DA OCORRÊNCIA (D)</b>	Alta	1
	Moderadamente alta	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito pequena	9
	Improvável	10

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a análise, é calculado o índice resultante de cada item apresentado. Para esta análise foi estabelecido como limite o valor de 36. Foi utilizado este valor, pois foi baseado nas boas práticas aplicadas dentro da empresa pelo qual este trabalho está sendo desenvolvido. Todo item analisado que ultrapassar a resultante 36 deve possuir uma ação para que seja considerado algum recurso no projeto que diminuía esta criticidade de risco.

#### 4.2.2 Projeto Detalhado

A partir do projeto preliminar, que foi realizado para definição do conceito geral do dispositivo, o projeto foi evoluído considerando os componentes hidráulicos, mecânicos, pontos de fixação e apoios. A figura 15 mostra o projeto do dispositivo considerando todos os itens citados.

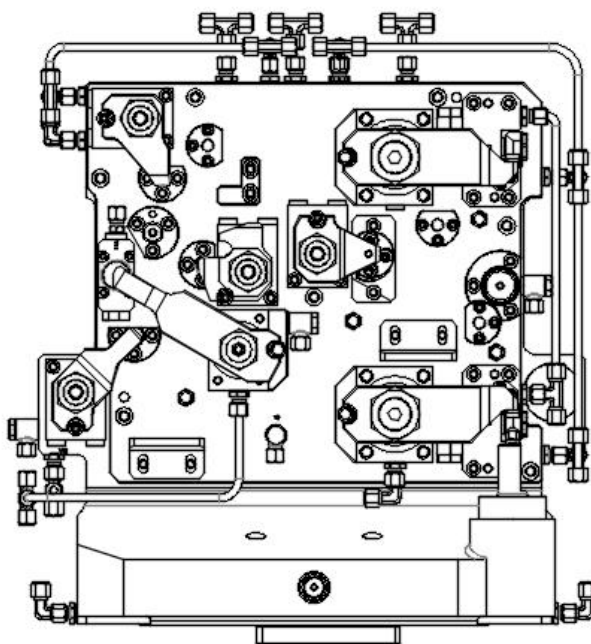


Figura 15 - Projeto do dispositivo de fixação.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

No projeto foram definidos apenas três pontos de aplicação de força para cada fixação. Estes pontos serão responsáveis por travar a peça no espaço e não permitir o deslocamento do coletor de escape durante a usinagem. A figura 16 mostra a localização dos pontos de aplicação de força para cada fixação.

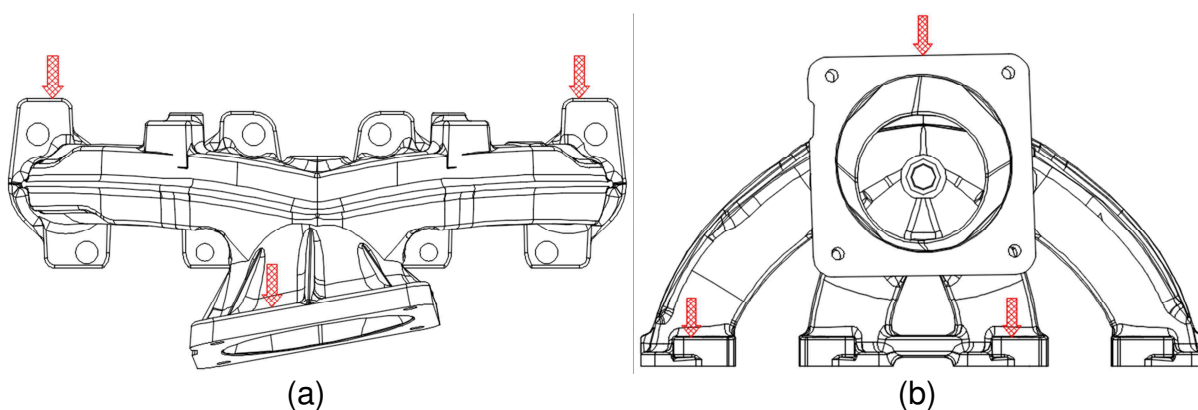


Figura 16 - Pontos de aplicação de força. a) 1º fixação. b) 2º fixação.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Esses pontos de aplicação de força são dados por grampos hidráulicos que fazem o movimento de fechar/abrir conforme o comando das válvulas hidráulicas. A figura 17 evidencia os grampos de fixação na condição aberto e fechado, é possível observar que a condição aberta se dá pelos grampos transparentes e os grampos na condição fechados são mostrados de forma opaca.

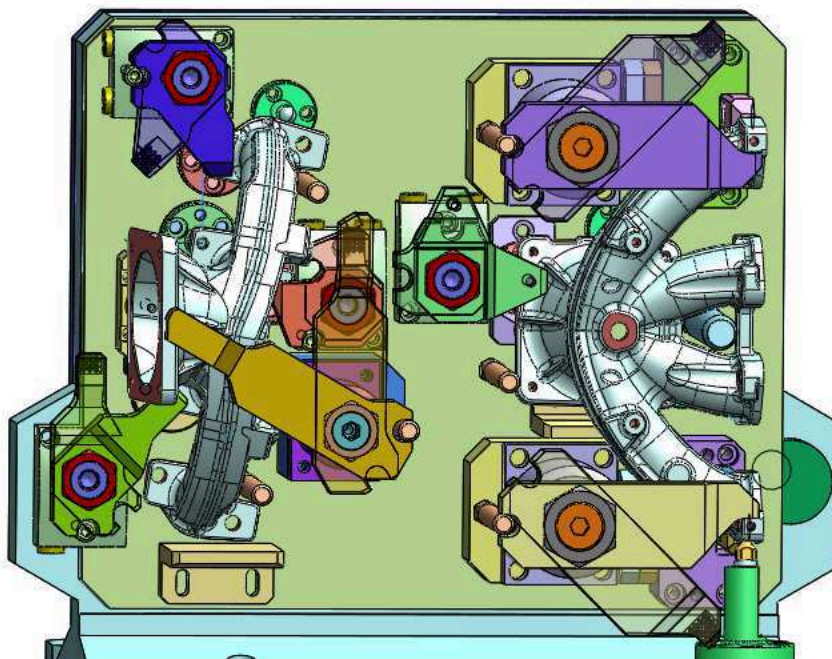


Figura 17 - Grampos de fixação abertos e fechados.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Todos os grampos de fixação possuem um guia para garantir sempre a mesma posição de fechamento, ou seja, garantir que sempre estará aplicando força no mesmo ponto do coletor de escape. Além disso, os grampos possuem uma geometria estriada na ponta da garra para maximizar o atrito de escorregamento de com a peça. A figura 18 ilustra essas características citadas.

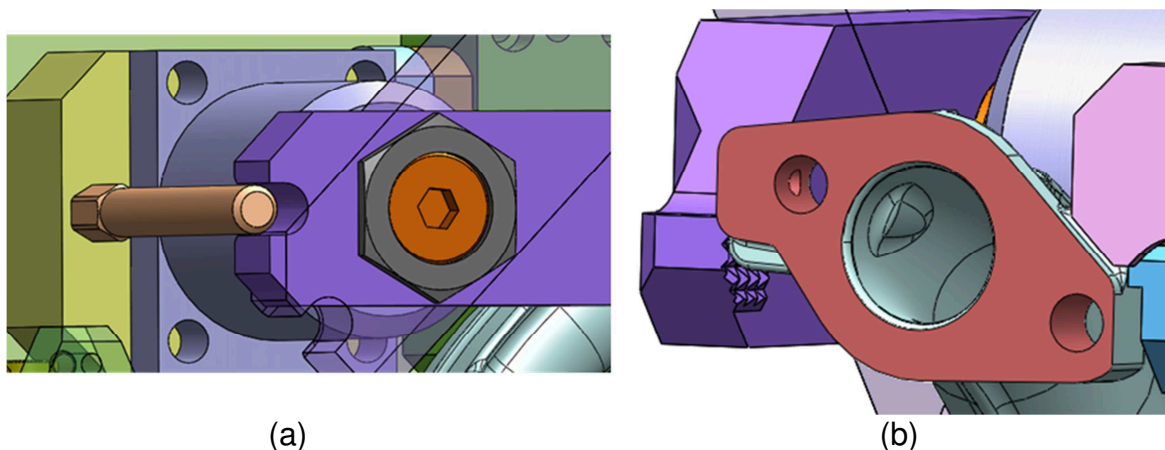


Figura 18 - Características do grupo de fixação. a) Guia. b) Estriado.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

No projeto, foram considerados, também, gatilhos de posição para facilitar o carregamento da peça no equipamento. Esse gatilho atua como mola e se encaixa na face do catalisador para manter a peça estática após o operador soltar o coletor. Além disso, foram considerados no projeto, batentes de posição para garantir que o operador sempre carregue a peça no dispositivo na mesma posição, caso o operador tente carregar a peça em outra posição, esses batente irão restringir o encaixe. A figura 19 detalha os batentes e os gatilhos de posição.

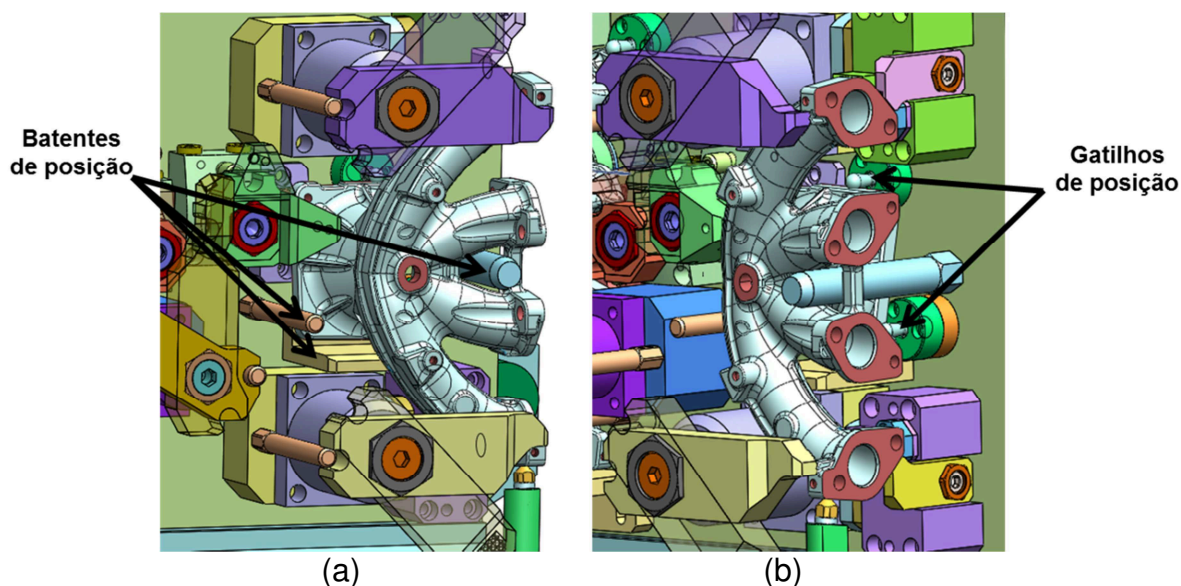


Figura 19 - Detalhes de encaixe do coletor. a) Batentes. b) Gatilhos.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

A segunda fixação, além de considerar os batentes e gatilhos de posição também, possui uma particularidade identificada na primeira fase de desenvolvimento do projeto, que é a necessidade de posicionar a peça com um sentido de inclinação no dispositivo. Sendo assim, no projeto foi considerado posicionar a peça com uma inclinação de  $10^\circ$ , essa inclinação é garantida pelos pinos index. A figura 20 mostra a inclinação dos pinos index.

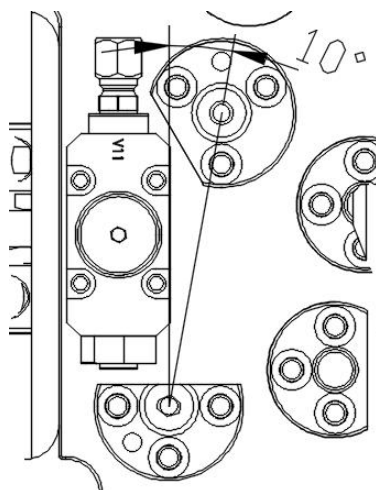


Figura 20 - Inclinação dos pinos index.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

No projeto foi pensada, também, a possibilidade de vibração da peça no momento da usinagem. A usinagem na qual terá a maior quantidade de sobre metal a usinar, ou seja, maior probabilidade de vibrar, é o fresamento das faces do cabeçote e do catalisador. Sendo assim, foi inserido no projeto um mecanismo antivibrador que será um apoio direcionado a usinagem dessas faces. Esse mecanismo é acionado hidráulicamente no comando de fechamento do dispositivo e ao encostar-se à peça, trava imediatamente. A figura 21 mostra esse mecanismo.

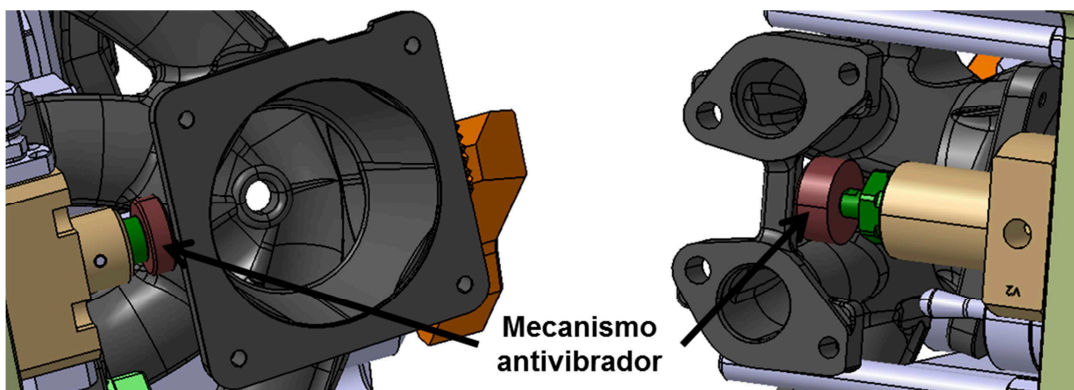


Figura 21 - Mecanismo antivibrador.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Todo o projeto do dispositivo de fixação deve atender a especificação máxima de volteio, ou seja, todos os componentes do dispositivo devem estar dentro de um raio de giro máximo de 347,5mm. Desta forma, foi verificado se o projeto atende a essa especificação, a figura 22 evidencia que todos os componentes estão dentro do máximo permitido.

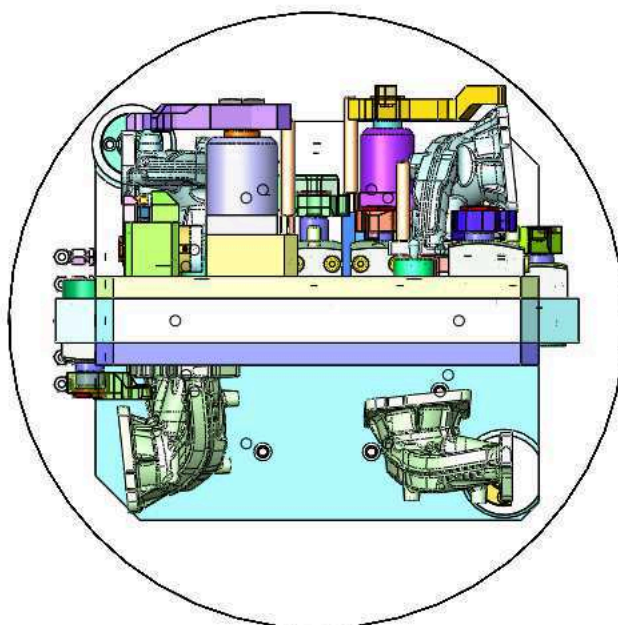


Figura 22 - Volteio do projeto.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.3 Simulação de Colisão

Com o projeto realizado de forma detalhada, é possível avançar para as verificações de validação do projeto. A primeira, e uma das mais importantes, é a simulação de colisão das ferramentas de corte durante a usinagem. Sendo assim, foi realizada a simulação de usinagem com todas as ferramentas de corte para observar possíveis interferências com o projeto.

Para o fresamento das faces foi considerada uma fresa de diâmetro de 125mm. A figura 23 mostra a simulação.



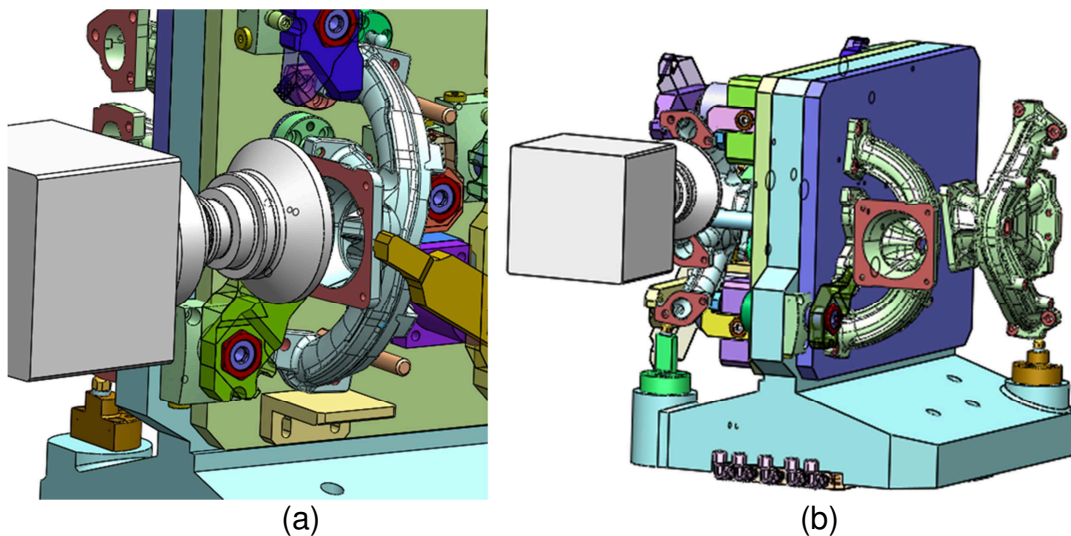


Figura 23 - Simulação de fresamento das faces. a) Catalisador. b) Cabeçote.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a furação dos furos de fixação dos prisioneiros foi considerada uma ferramenta de diâmetro de 11mm. A figura 24 mostra a simulação.

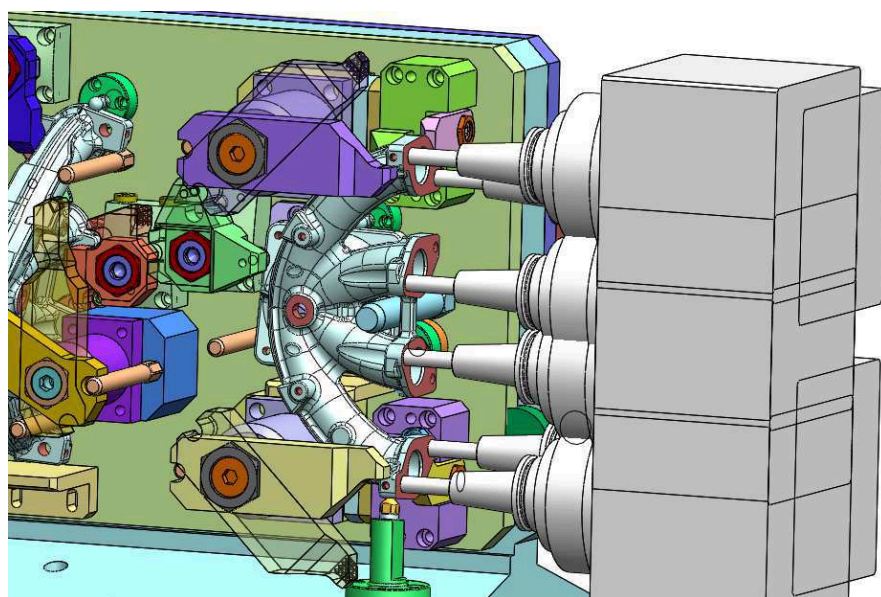


Figura 24 - Simulação de furação dos furos dos prisioneiros.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a furação dos furos de fixação do defletor foi considerada uma ferramenta de diâmetro de 8mm. Porém, nessa operação, deve-se ter uma atenção maior visto que existe um furo muito próximo à garra de fixação do dispositivo. A figura 25 mostra a simulação e a proximidade da ferramenta com a garra.

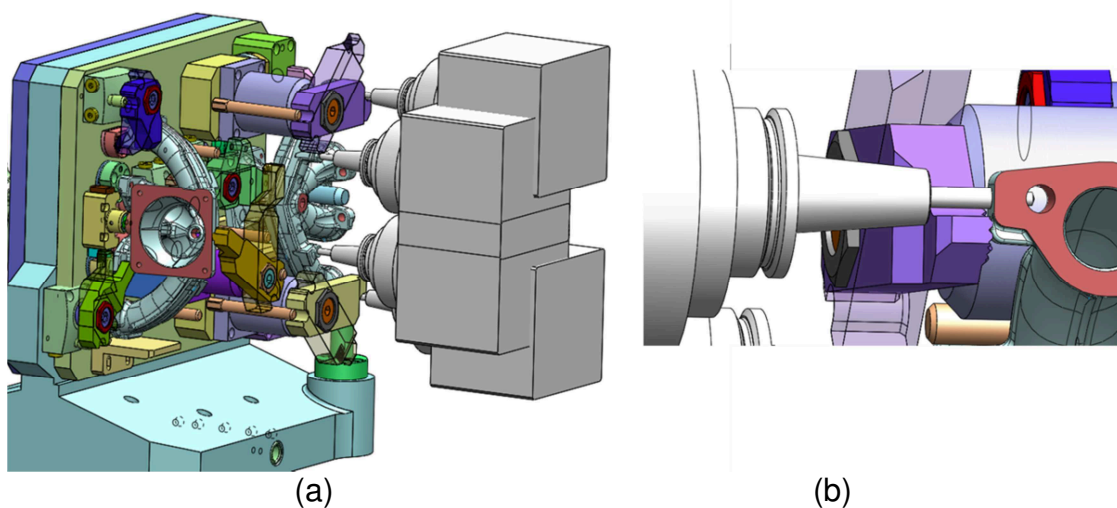


Figura 25 - Simulação dos furos do defletor. a) Furos. b) Proximidade da garra.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a face da sonda lambda foi considerada uma ferramenta de diâmetro de 32mm. A figura 26 mostra a simulação para essa face.

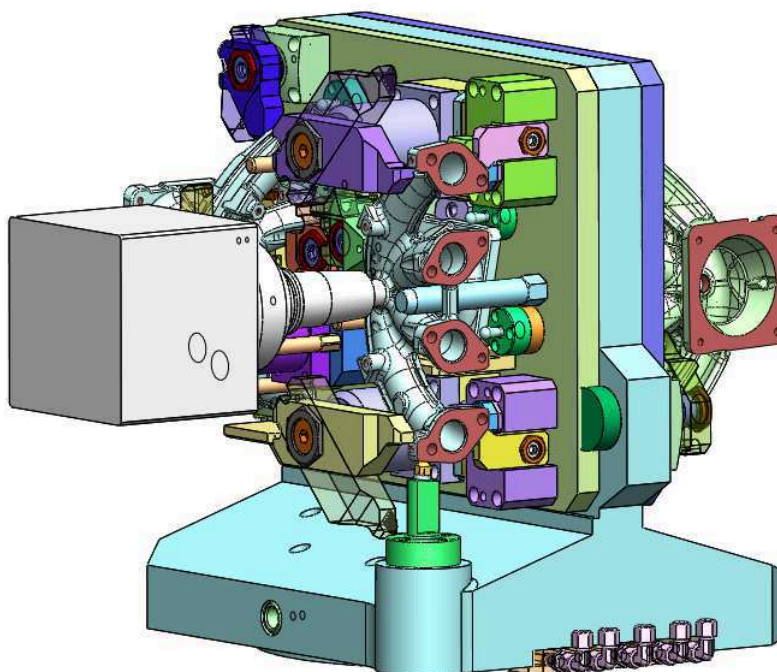


Figura 26 - Simulação de fresamento da face da sonda lambda.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

E para a furação dos furos de fixação do catalisador foi considerada uma ferramenta de diâmetro de 8mm. A figura 27 mostra a simulação.

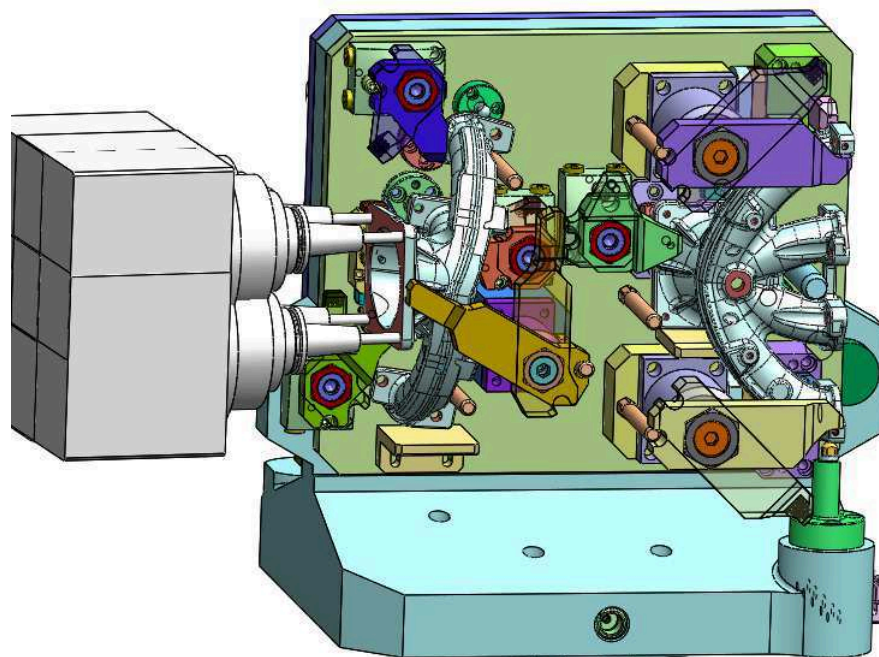


Figura 27 - Simulação da furação dos furos de fixação do catalisador.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.4 Força de Usinagem

No projeto é importante determinar a força que a peça será submetida para sua usinagem completa, assim, garantir que o dispositivo de fixação mantenha a peça estática no momento da usinagem. Para determinação da força de usinagem foi utilizada a formula V apresentada do item 2.2 deste trabalho.

$$F_c = K_S \times b \times h \quad (V)$$

No item 2.2 é apresentado, também, que o coeficiente  $b$  pode ser definido pela fórmula III.

$$b = \frac{a_p}{\sin X_r} \quad (III)$$

Sendo assim, substituindo o parâmetro  $b$  na fórmula V, tem-se a fórmula VI.

$$F_c = K_S \times \frac{a_p}{\sin X_r} \times h \quad (VI)$$

A determinação do coeficiente  $K_s$  se deu através dos valores típicos expostos por Sousa (2011) na figura 4. O material da peça é o GS-20, conforme especificação do desenho da peça, e a espessura de cavaco ( $h$ ) utilizada foi a pior condição de usinagem. O cálculo de força de usinagem foi realizado apenas para a condição mais crítica que o dispositivo de fixação pode enfrentar, o fresamento das faces. Para este fresamento, foi definido utilizar uma ferramenta de corte que possuem insertos montados a  $45^\circ$ .

Em síntese, os valores das variáveis que constituem a fórmula VI são:

- **$K_s = 1530$**  (valor obtido na figura 4 definido pelo cruzamento do material GS-20 e espessura máxima de cavaco sendo 1,25).
- **$A_p = 5$**  (valor de sobremetal máximo permissível no desenho de produto).
- **$X_r = 45^\circ$**  (inclinação da aresta de corte do inserto da ferramenta de corte).
- **$H = 1,25$**  (espessura máxima de cavaco).

Sendo assim, substituindo os valores constituintes na fórmula VI, é possível desenvolver o cálculo.

$$F_C = K_s \times \frac{a_p}{\sin X_r} \times h$$

$$F_C = 1530 \times \frac{5}{\sin 45} \times 1,25$$

$$F_C = 13523 \text{ N}$$

Com esse valor é possível determinar a pressão de trabalho em que o sistema hidráulico deve trabalhar. Considerando que o cilindro hidráulico possui diâmetro de 16 mm, tem-se o seguinte cálculo para essa pressão:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{13523}{\pi \times 8^2}$$

$$P = 68 \text{ N/m}^2$$

### **4.3 CONSULTA AO MERCADO**

Com o projeto finalizado e validado, é possível iniciar uma consulta ao mercado para fabricação do equipamento. Vale destacar que esta etapa é realizada em conjunto com o departamento de compras, e o fornecedor escolhido deverá atender as especificações técnicas estabelecidas no projeto.

Para garantir isso, após o recebimento das ofertas, é realizado um comparativo técnico que auxilia a verificar o atendimento aos requisitos. Após a realização desse comparativo, o departamento de compras possui autonomia para negociar com os fornecedores e definir qual será escolhido.

Para este projeto, não é aplicável um estudo de viabilidade econômica visto que este estudo é realizado para o processo produtivo como um todo, e não apenas para o dispositivo de fixação. Ou seja, o estudo de viabilidade é positivo para a construção do processo de produção do coletor de escape, e como o dispositivo de fixação faz parte do processo produtivo, conseqüentemente, o investimento nesse equipamento se torna viável.

Para este projeto foram consultados três fornecedores conhecidos pela empresa e com conhecimento prévio no fornecimento do tipo de equipamento desejado. O quadro 3 mostra o comparativo entre os fornecedores consultados.

Quadro 3 - Comparativo técnico das ofertas.

Comparativo técnico	Pesos	FORNECEDOR 1		FORNECEDOR 2		FORNECEDOR 3	
		OBSERVAÇÕES	Nota	OBSERVAÇÕES	Nota	OBSERVAÇÕES	Nota
<b>Item avaliado</b>							
Dispositivo de ferro fundido	10	ok	4	ok	4	ok	4
Fixação Hidráulica com canais individuais para a 1° e 2° fixação	10	ok	4	ok	4	ok	4
Grampos Hidráulicos	10	ok	4	ok	4	ok	4
Apoios e grampos temperados ( $\Delta \leq 0.02$ )	10	ok	4	ok	4	ok	4
Sistema Anti-vibrador	10	ok	4	ok	4	ok	4
Sistema para travamento de peça (evitar queda)	10	Fnr não descreve na proposta	1	ok	4	ok	4
Bucha Zero KM	10	ok	4	ok	4	ok	4
Acessibilidade para usinagem completa do coletor	10	ok	4	ok	4	ok	4
Transporte e embalagem	5	ok	4	ok	4	Fnr descreve FOB	2
Ajustes durante Tryout na planta da empresa	5	ok	4	ok	4	ok	4
Data de entrega	10	10 meses	0	Prazo de 120 dias após Pedido	1	ok	4
Período de Implantação obrigatória (2ª/6ª 08:00-17:24)	1	ok	4	ok	4	ok	4
Relatório dimensional do dispositivo	5	Não menciona	1	ok	4	ok	4
Engajamento com normas de segurança da empresa	5	ok	4	ok	4	ok	4
Garantia (Período 12 meses)	1	Não menciona	1	ok	4	ok	4
		<b>Nota</b>	<b>0%</b>	<b>Nota</b>	<b>88%</b>	<b>Nota</b>	<b>90%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível observar que a oferta do fornecedor 1 é proposta uma data de entrega de dez meses em função da carga excessiva de trabalho. Diante disso, este item foi pontuado com a nota zero, desclassificando o fornecedor. Essa pontuação segue os critérios mencionados no quadro 4.

Quadro 4 - Critérios de pontuação.

<b>Nota</b>	<b>Descrição</b>
<b>0</b>	Proposição não atende à expectativa e é redibitório
<b>1</b>	Proposição não atende a expectativa, porém, não é redibitório
<b>2</b>	Proposição não atende completamente à expectativa, performance insuficiente
<b>3</b>	Proposição conforme à expectativa, performance mediana
<b>4</b>	Proposição conforme à expectativa, performance boa
<b>5</b>	Proposta acima da expectativa, performance excelente.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Este critério de pontuação, assim como o critério de peso, é padronizado na empresa sendo necessário avaliar em toda consulta ao mercado para fornecimento de qualquer tipo de equipamento. O critério de peso utilizado na avaliação aparece no quadro 5.

Quadro 5 - Critério de avaliação do peso.

<b>Peso</b>	<b>Descrição</b>
<b>1</b>	Característica complementar, não está diretamente ligada à função principal do equipamento/serviço. Risco leve.
<b>5</b>	Característica importante do equipamento/serviço, porém não ligada diretamente a função principal. Risco médio.
<b>10</b>	Item diretamente ligado à função principal do equipamento/serviço ou qualidade ou segurança. Risco grande.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os fornecedores dois e três foram aprovados e em negociação com o departamento de compras, o fornecedor três foi escolhido e é iniciada a fabricação do dispositivo.

#### **4.4 VALIDAÇÃO PRÁTICA**

Esta etapa é realizada após a fabricação do equipamento, é a etapa que inicia os testes práticos e realiza alguns ajustes, caso necessário.

Para esta etapa são realizados testes de fixação com a peça real utilizando as condições mais críticas, ou seja, tolerâncias na máxima e na mínima condição. Além disso, são realizados testes de fixação para definição da melhor sequência de fixação de forma que garanta o melhor assentamento da peça.

São realizados, também, os testes de usinagem que serão determinantes para validação do equipamento. A figura 28 mostra o dispositivo de fixação finalizado.

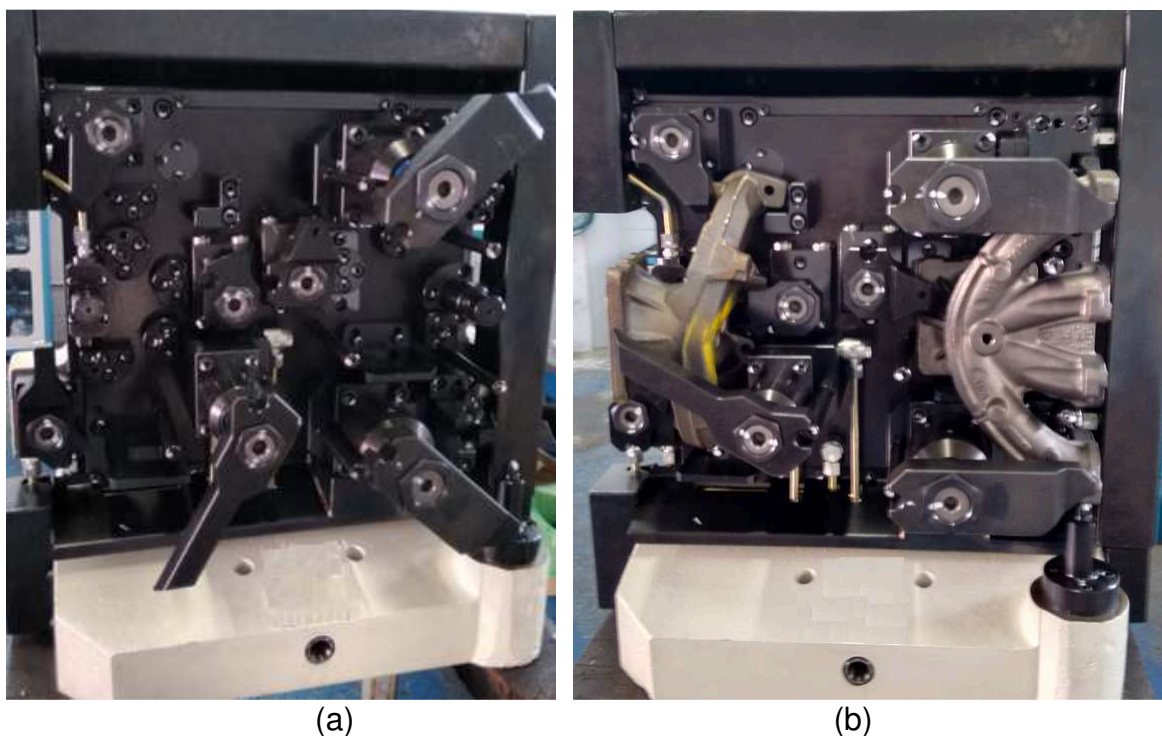


Figura 28 - Dispositivo de fixação finalizado. a) Sem peça. b) Com peça.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Antes de o dispositivo ser montado no centro de usinagem, foram realizados testes de fixação para verificar o funcionamento do equipamento. A seguir são relacionados os testes realizados.

1° - Ensaio de queda de peça: é realizado teste com dez coletores de escape para verificar se o mecanismo de encaixe não permite que a peça caia após o operador soltá-la.

2° - Ensaio de máxima condição de bruto: é realizado teste com dez coletores de escape na máxima tolerância de bruto para verificar a fixação.



3° - Ensaio de mínima condição de bruto: é realizado teste com dez coletores de escape na mínima tolerância de bruto para verificar a fixação.

4° - Ensaio de encaixe da peça com a face do catalisador contendo rebarba: é realizado teste com dez coletores para verificar o mecanismo de encaixe considerando as peças com rebarba na face do catalisador.

O quadro 6 mostra o resultado dos testes.

Quadro 6 - Resultado dos testes de fixação.

N°	Teste	Fixação	Resultado de cada peça									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ensaio de queda de peça	1° fixação	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
		2° fixação	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
2	Máxima condição de bruto	1° fixação	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
		2° fixação	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
3	Mínima condição de bruto	1° fixação	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
		2° fixação	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
4	Encaixe com rebarba na face do catalisador	1° fixação	nok	nok	nok	nok	ok	ok	ok	ok	ok	ok

Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível observar que no ensaio 4° foi identificado um problema de fixação no encaixe na peça considerando a face do catalisador com rebarba. A rebarba na face do catalisador impedia o encaixe seguro do coletor no dispositivo, permitindo que a peça caísse após ser solta. Esta situação foi solucionada aumentando a altura do gatilho de posicionamento e o teste de fixação continuou sem nenhuma outra ocorrência de queda de peça. A figura 29 mostra o gatilho de posicionamento considerando uma peça com rebarba.



Figura 29 - Gatilho de posicionamento com peça com rebarba.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Após os testes de fixação, é possível montar o dispositivo no centro de usinagem para continuar com as verificações necessárias para validar o equipamento. A figura 30 mostra a máquina antes e depois da montagem.

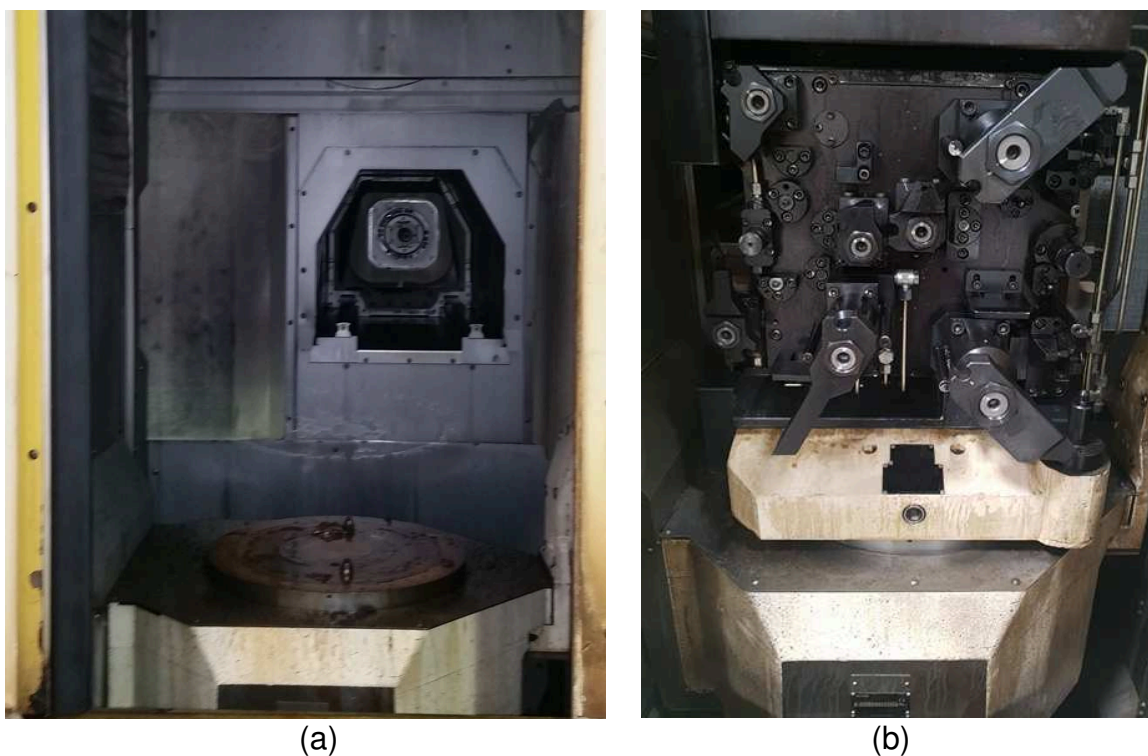


Figura 30 - Máquina antes e depois da montagem. a) Antes. b) Depois.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a montagem do dispositivo de fixação na máquina, é possível dar início aos testes de usinagem. A seguir são relacionados os testes realizados na máquina.

1° - Ensaio de colisão com as ferramentas de corte: é realizado teste com cada ferramenta de corte para verificar colisão com alguma parte do dispositivo de fixação.

2° - Ensaio de colisão nas extremidades dos eixos: é realizado teste movimentando os eixos da máquina em seus limites de extremidade para verificar colisão do dispositivo com a máquina.

3° - Ensaio usinagem de peças: é realizado teste de usinagem de dez peças para certificar a funcionalidade do dispositivo de fixação.

O quadro 7 mostra o resultado dos testes mencionados.

Quadro 7 - Testes de usinagem.

N°	Teste	Fixação	Resultado de cada peça									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Colisão com ferramentas de corte	1° fixação	Ensaio OK									
		2° fixação	Ensaio OK									
2	Colisão nas extremidades dos eixos da máquina	1° fixação	Ensaio OK									
		2° fixação	Ensaio OK									
3	Usinagem de peças	1° fixação	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
		2° fixação	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme é percebido, todos os ensaios definidos tiveram um resultado satisfatório.

#### 4.4.1 Sequência de fixação

Durante os testes, para garantir uma melhor fixação da peça, foi definido uma sequência de fixação. Esta sequência define a ordem de atuação dos cilindros hidráulicos. A figura 31 identifica os cilindros existentes no dispositivo definindo a ordem de atuação e a figura 32 mostra o esquema hidráulico.

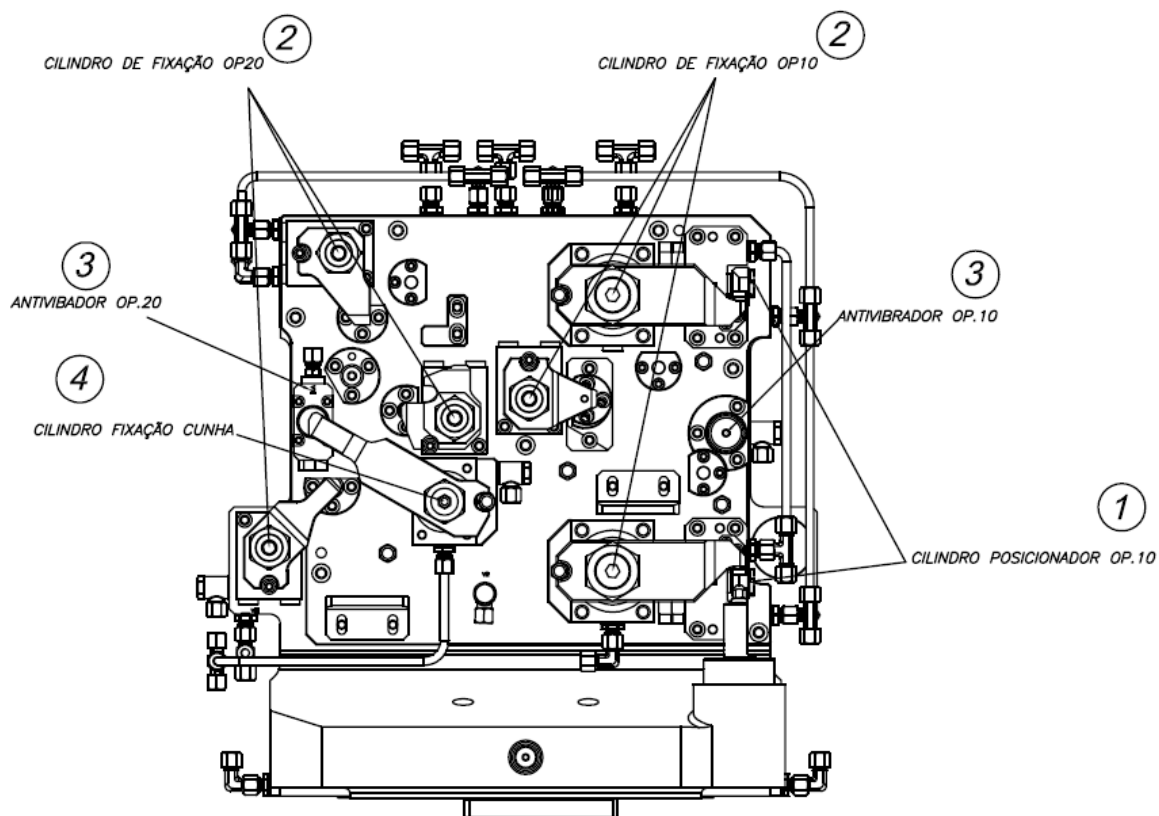


Figura 31 - Identificação dos cilindros hidráulicos.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

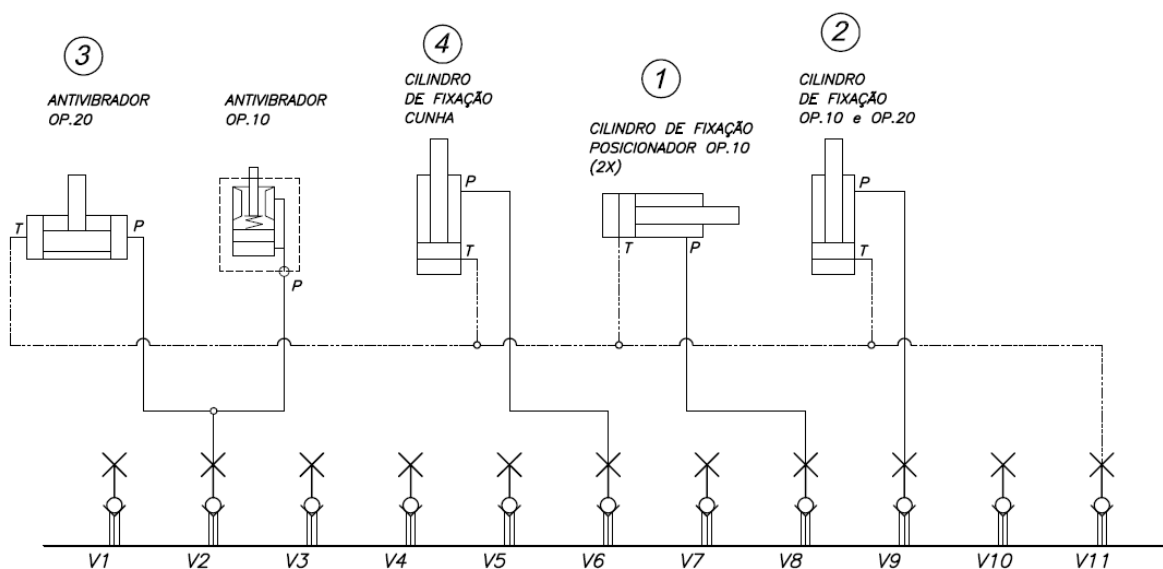


Figura 32 - Esquema hidráulico do dispositivo.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Desta forma, padroniza-se a ordem de fixação e a peça sempre será fixada com a mesma sequência.

#### **4.5 VALIDAÇÃO FINAL DO PROJETO**

Após a realização de todos os testes práticos, é feita, então, a validação final do equipamento, sendo a última etapa de um processo de desenvolvimento de equipamentos industriais. Nesta etapa, são eliminadas todas as pendências que foram encontradas nos testes práticos.

Além disso, toda a documentação do projeto é atualizada e entregue. Para isso, é feito um plano de manutenção que será base para manter o equipamento em condições operacionais. Neste plano, são anexados todos os desenhos mecânicos do equipamento, esquema hidráulico, lista de peças de reposição e necessidade de manutenção em cada componente.

Para facilitar o entendimento da manutenção com o dispositivo, foi realizada uma lista contendo a numeração de todas as peças mecânicas com seu respectivo número de desenho, bem como a necessidade de manutenção. A lista completa é apresentada no Apêndice A.

## 5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto do dispositivo para fixação do componente coletor de escapamento atingiu os resultados esperados. O equipamento projetado permitiu a usinagem do componente reaproveitando uma máquina já existente na planta da empresa para fazer parte do novo processo produtivo.

Devido a complexidade do equipamento perante o número de variáveis associadas, a utilização da metodologia científica somada à aplicação das etapas de desenvolvimento de um projeto industrial da empresa em questão foram determinantes para estruturar uma coerente sequência de atividades necessárias para obter o sucesso do projeto.

É importante destacar também, que a utilização de um *software* de modelagem 3D contribuiu para o desenvolvimento do projeto, sendo possível a realização de simulações de situações corriqueiras. Além disso, outra ferramenta que proporcionou maior robustez ao projeto foi a aplicação da ferramenta *FMEA*, na qual foi possível prever possíveis falhas de funcionamento do equipamento e tomar ações prévias para se antecipar a estas falhas.

O êxito do projeto foi comprovado após a validação prática do equipamento, realizando os testes físicos, ou seja, usinando o coletor de escapamento. Durante os testes, foi identificada a possibilidade de existir rebarba na face do catalisador do coletor. Esta situação não era prevista nos estudos, porém o problema foi solucionado alterando a dimensão de um componente do equipamento.

Como limitação do estudo, salienta-se que o projeto não levou em consideração a análise de viabilidade financeira e nem os outros meios de fabricação do processo produtivo do coletor de escape. Este limite foi estabelecido, pois o intuito era focar apenas na mecânica do dispositivo de fixação.

Por fim, sugere-se que estudos futuros sejam aplicados para melhorar a metodologia de desenvolvimento de um dispositivo de fixação. Um destes estudos seria a análise estrutural do equipamento, que apesar de não ter sido objeto deste trabalho, é uma ferramenta que ajuda a enriquecer um projeto mecânico. Além deste estudo, sugere-se a implementação de um sistema no dispositivo de fixação chamado *air-check*, que visa detectar possíveis erros de fixação de peças, reduzindo drasticamente o índice de refugos.

## REFERÊNCIAS

**A força específica de corte.** Disponível em: <[http://www.sandvik.coromant.com/knowledge/materials/workpiece\\_materials](http://www.sandvik.coromant.com/knowledge/materials/workpiece_materials)>. Acesso em 04/12/16.

CONSALTER, L.A. **Desenvolvimento de uma metodologia para o gerenciamento de sistemas de fixação de peças em processos de usinagem fundamentado na padronização e na modularidade.** Florianópolis: Universidade de Santa Catarina, 1999.

CRICHIGNO FILHO, J.M. **Análise dinâmica de sistemas de fixação de peças empregando posicionadores flexíveis.** CONEM, 2010.

DAVIM, P. J. **Machining: fundamentals and recent advances.** London: Springer-Verlag, 2008.

DIEHL, A. A.; TATIM, D. C. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas.** Pearson Brasil, 2004.

FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos metais.** São Paulo: Edgard Blücher, 1970.

GROB S.A.. **Centro de usinagem módulo G: Catálogo.** São Bernardo do Campo. Grob S.A, 2017.

HELMAN, H; ANDERY, P. R. P. **Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

LYRA, P. V. A. **Desenvolvimento de uma Máquina Fresadora CNC Didática.** Trabalho de Graduação, Universidade de Brasília – Faculdade de Tecnologia: Brasília, 2010.

MACHADO, A. **Comando numérico aplicado às máquinas-ferramenta.** Mecatrônica Atual, São Paulo, n. 16, p. 22-26, Julho-2004.

MACHADO, A.R; *et. al.* **Teoria da usinagem dos materiais.** São Paulo: Editora Blucher, 2009.

MARCONI, A.M.; LAKATOS, E.M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 2008

MIGUEL, P.A.C. **Metodologia De Pesquisa Em Engenharia De Produção E Gestão De Operações - 2ª Ed.** 2011.

OLIVEIRA, S.V.W.B. **Metodologia de Pesquisa. Tema 2: Metodologia de Pesquisa Científica**. MBA em Negócios Financeiros. Ribeirão Preto: INEPAD, 2006.

**Processos de Usinagem**. Disponível em: < <http://ingaprojetos.com.br/>>. Acesso em 04/12/16.

SEVERO, R. F. *et. al.* **Aplicação de FMEA em uma máquina rebordeadora de tanques**. Campina Grande: CONEM, 2010.

SILVA, P. **Usinagem de Espumas de Poliuretano e Digitalização tridimensional para fabricação de Assentos personalizados para pessoas com Deficiência**. Universidade do Rio grande do Sul: Porto Alegre, 2011.

SOUSA, J. **Conceitos básicos de torno mecânico**. São Paulo, 2011.

SOUZA, A. F.; ULBRICH, C. B. L. **Engenharia Integrada por Computador e sistemas CAD/CAM/CNC**. São Paulo: Artliber, 2009.

SOUZA, J. **Apostila Processos de Fabricação por usinagem, Parte 1 Fundamentos da Usinagem dos Materiais**. Universidade Federal do Rio grande do Sul: Departamento de Engenharia Mecânica, 2011.

STOETERAU, R.L. **Projeto de máquinas-ferramentas**. CTDEM – UFSC: Florianópolis, 2004.

TERENCE, A.C.F.; ESCRIVÃO FILHO, E. **Abordagem quantitativa, qualitativa e a utilização da pesquisa-ação nos estudos organizacionais**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v. 26, 2006.

TLUSTY J. **Manufacturing Processes and Equipment**. Prentice Hall, 1999.

TOLEDO, J.C. **FMEA - Análise do Tipo e Efeito de Falha**. São Carlos: UFSCar, 2006.



## APÊNDICE A – LISTA ORIENTATIVA DE COMPONENTES

ITEM	BRUTO	NÚMERO DESENHO	DESCRIÇÃO	QTD.	MATERIAL	REPOSIÇÃO?	MANUTENÇÃO
1	BASE FUNDIDA	P.003.010.001	Base	1	GG-25	NÃO	Corretiva
2	# 2 3/4" x 100 x 125	P.003.010.002	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
3	# 1 1/2" x 60 x 85	P.003.010.003	Garra	1	SAE 1045	NÃO	Preventiva
4	# 2 3/4" x 100 x 125	P.003.010.004	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
5	# 1 1/2" x 65 x 190	P.003.010.005	Garra	1	SAE 1045	NÃO	Preventiva
6	Ø 2 1/4" x 25	P.003.010.006	Apoio	4	SAE 8620	NÃO	Preventiva
7	# 1 1/2" x 65 x 190	P.003.010.007	Garra	1	SAE 1045	NÃO	Preventiva
8	Ø 3/4" x 35	P.003.010.008	Apoio lateral	3	SAE 8620	NÃO	Preventiva
9	Ø 3/4" x 10	P.003.010.009	Componente	3	SAE 1045	NÃO	Corretiva
10	# 2" x 75 x 95	P.003.010.010	Garra	1	SAE 1045	NÃO	Preventiva
11	# 1 1/4" x 50 x 95	P.003.010.011	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
12	Ø 2 1/4" x 10	P.003.010.012	Componente	4	SAE 1045	NÃO	Corretiva
13	Ø 2 1/2" x 55	P.003.010.013	Index facetado	1	SAE 8620	SIM	Preventiva
14	Ø 2 1/2" x 55	P.003.010.014	Index liso	1	SAE 8620	SIM	Preventiva
15	Ø 2 1/2" x 10	P.003.010.015	Componente	1	SAE 1045	NÃO	Corretiva
16	Ø 3" x 80	P.003.010.016	Componente	1	SAE 1045	NÃO	Corretiva
17	Ø 1 1/2" x 30	P.003.010.017	Componente	1	SAE 1045	NÃO	Corretiva
18	# 7/8" x 45 x 85	P.003.010.018	Garra	1	SAE 1045	NÃO	Preventiva
19	# 3/4" x 30 x 35 ou Ø 1 1/2" x 20	P.003.010.019	Apoio	1	SAE 8620	NÃO	Preventiva
20	# 7/8" x 45 x 85	P.003.010.020	Garra	1	SAE 1045	NÃO	Preventiva
21	# 3/4" x 30 x 35 ou Ø 1 1/2" x 20	P.003.010.021	Apoio	1	SAE 8620	NÃO	Preventiva
22	Ø 3 1/2" x 55	P.003.010.022	Camisa cil. Garra	2	SAE 1045	SIM	Preventiva
23	Ø 1 1/2" x 70	P.003.010.023	Êmbolo cil. Garra	2	SAE 8620	SIM	Preventiva
24	Ø 3 1/2" x 30	P.003.010.024	Tampa cil. Garra	2	SAE 1045	SIM	Preventiva
25	Ø 3" x 95	P.003.010.025	Componente	1	SAE 1045	NÃO	Corretiva
26	# 2" x 85 x 100	P.003.010.026	Componente	2	SAE 1020	NÃO	Corretiva
27	# 1 1/2" x 70 x 135	P.003.010.027	Garra	1	SAE 1045	NÃO	Preventiva
28	SEXTAVADO 5/8" x 145	P.003.010.028	Componente	1	SAE 1045	NÃO	Corretiva
29	SEXTAVADO 1" x 15	P.003.010.029	Componente	2	SAE 1045	NÃO	Corretiva
30	Ø 3/4" x 75	P.003.010.030	Componente	4	SAE 1045	NÃO	Corretiva
31	# 1 3/4" x 65 x 205	P.003.010.031	Garra	1	SAE 1045	NÃO	Preventiva
32	# 2 1/4" x 105 x 110	P.003.010.032	Componente	2	SAE 1020	NÃO	Corretiva
33	SEXTAVADO 5/8" x 165	P.003.010.033	Componente	2	SAE 1045	NÃO	Corretiva
34	SEXTAVADO 5/8" x 145	P.003.010.034	Componente	4	SAE 1045	NÃO	Corretiva
35	# 3" x 90 x 90	P.003.010.035	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
36	Ø 1 1/2" x 40	P.003.010.036	Componente	1	SAE 8620	NÃO	Corretiva
37	# 1/2" x 30 x 35	P.003.010.037	Componente	2	SAE 1045	NÃO	Corretiva

ITEM	BRUTO	NÚMERO DESENHO	DESCRIÇÃO	QTD.	MATERIAL	REPOSIÇÃO?	MANUTENÇÃO
38	Ø 2" x 35	P.003.010.038	Componente	2	SAE 1045	NÃO	Corretiva
39	Ø 7/8" x 15	P.003.010.039	Componente	2	SAE 1045	NÃO	Corretiva
40	Ø 3/4" x 35	P.003.010.040	Componente	2	SAE 4140	NÃO	Preventiva
41	Ø 2" x 20	P.003.010.041	Componente	1	SAE 1045	NÃO	Corretiva
42	# 1 1/4" x 425 x 485	P.003.010.042	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
43	# 1 1/4" x 205 x 505	P.003.010.043	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
44	# 1 1/2" x 75 x 100	P.003.010.044	Garra	1	SAE 1045	NÃO	Preventiva
45	Ø 3 1/2" x 80	P.003.010.045	Componente	1	SAE 1045	NÃO	Corretiva
46	Ø 1" x 65	P.003.010.046	Componente	1	VC-52 / VND	NÃO	Corretiva
47	Ø 3/4" x 75	P.003.010.047	Componente	1	VC-52 / VND	NÃO	Corretiva
48	Ø 1 1/2" x 25	P.003.010.048	Componente	1	SAE 1045	NÃO	Corretiva
49	Ø 1 1/2" x 20	P.003.010.049	Componente	1	SAE 1045	NÃO	Corretiva
50	Ø 1 1/4" x 25	P.003.010.050	Componente	1	SAE 1045	NÃO	Corretiva
51	PARAF. M8 x 10	P.003.010.051	Componente	1	DIN 913	NÃO	Corretiva
52	Ø 2 1/2" x 10	P.003.010.052	Componente	1	SAE 1045	NÃO	Corretiva
53	# 2" x 55 x 60	P.003.010.053	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
54	Ø 1 1/2" x 25	P.003.010.054	Componente	2	SAE 8620	NÃO	Corretiva
55	# 1" x 195 x 155	P.003.010.055	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
56	CHAPARIA	P.003.010.056	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
57	CHAPARIA	P.003.010.057	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
58	CHAPARIA	P.003.010.058	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
59	CHAPARIA	P.003.010.059	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
60	CHAPARIA	P.003.010.060	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
61	CHAPARIA	P.003.010.061	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
62	Ø1 3/4" x 130	P.003.010.062	Componente	1	SAE 1045	NÃO	Corretiva
63	CHAPARIA	P.003.010.063	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
64	CHAPARIA	P.003.010.064	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
65	CHAPARIA	P.003.010.065	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
66	#7/8" x 30 x 50	P.003.010.066	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
67	Ø4 1/2" x 52	P.003.010.067	Tampa cil. Especial	1	SAE 1045	SIM	Preventiva
68	Ø2 1/2" x 78	P.003.010.068	Camisa cil. Especial	1	SAE 1045	SIM	Preventiva
69	Ø1 3/4" x 110	P.003.010.069	Êmbolo cil. Especial	1	SAE 8620	SIM	Preventiva
70	Ø1 1/4" x 56	P.003.010.070	Pino cil. Especial	1	SAE 8620	SIM	Preventiva
71	Ø1/2" x 10	P.003.010.071	Arruela cil. Especial	1	LATÃO	SIM	Preventiva
72	Ø1/2" x 23	P.003.010.072	Pino cil. Especial	1	SAE 8620	SIM	Preventiva
73	CHAPARIA	P.003.010.073	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva
74	# 1/2" 15 x 20	P.003.010.074	Componente	1	SAE 1020	NÃO	Corretiva