



Eduardo Luís Hammes

**PROPOSTA DE UM DISPOSITIVO PARA REMOÇÃO DE ÓLEO DE SUPERFÍCIES
METÁLICAS PLANAS PARA PROCESSOS DE MANUFATURA**

**Horizontina - RS
2017**

Eduardo Luís Hammes

**PROPOSTA DE UM DISPOSITIVO PARA REMOÇÃO DE ÓLEO DE SUPERFÍCIES
METÁLICAS PLANAS PARA PROCESSOS DE MANUFATURA**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina, sob a orientação da Prof. Francine Centenaro, Me. e coorientação da Prof. Darciane Eliete Kerkhoff, Me.

Horizontina - RS

2017

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

**“PROPOSTA DE UM DISPOSITIVO PARA REMOÇÃO DE ÓLEO DE
SUPERFÍCIES METÁLICAS PLANAS PARA PROCESSOS DE MANUFATURA”**

**Elaborada por:
Eduardo Luís Hammes**

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

Aprovado em: 18/12/2017
Pela Comissão Examinadora

Professora Francine Centenaro, Me.
Presidente da Comissão Examinadora - Orientadora

Professora Darciane Eliete Kerkhoff, Me.
FAHOR – Faculdade Horizontalina - Coorientadora

Professor Jonathan Felipe Camargo, Me.
FAHOR – Faculdade Horizontalina

**Horizontalina - RS
2017**

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família, pelo apoio dado a mim para alcançar meus objetivos, acreditando e investindo em mim e também a todos aqueles que acreditaram em mim e me apoiaram de alguma maneira nesta caminhada.

Agradecimento

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais Nelson e Sinara por me ensinarem os valores fundamentais que tenho como base, não só para este trabalho, como para a vida.

Agradeço a FAHOR e aos professores da instituição, pelas oportunidades e pelo conhecimento teórico e prático a mim oferecido, para desenvolver esta monografia, em especial a professora orientadora Francine Centenaro e a professora coorientadora Darciane Eliete Kerkhoff, pelo apoio na orientação, e pelas horas dedicadas a orientação. Por sua paciência e apoio nas dificuldades e por auxiliar no amadurecimento do meu conhecimento.

Aos amigos e colegas que estiveram comigo durante a Faculdade, que me auxiliaram nos estudos durante esta longa caminhada e principalmente aqueles que de alguma forma auxiliaram e incentivaram no desenvolvimento deste trabalho e a superar os seus desafios que com ele vieram.

“Todas as inovações eficazes são surpreendentemente simples. Na verdade, maior elogio que uma inovação pode receber é haver quem diga: isto é óbvio. Por que não pensei nisso antes?” (Peter Drucker)

RESUMO

A crescente mecanização e automação dos processos industriais trouxe diversas vantagens competitivas e evoluções para as indústrias, porém para isso foi necessário o aumento na complexidade dos equipamentos e sistemas utilizados. Muitos equipamentos, por seu nível de complexidade ou pelo método que utilizam para executar sua finalidade, possuem características técnicas que impedem sua completa aplicação. Processos de rebarbação e remoção de óxidos de corte com princípio de funcionamento por abrasão possuem restrições de funcionamento que impedem a sua utilização em chapas com excesso de óleo superficial, o que é comum em chapas oleadas muito utilizadas na indústria. O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um conceito de dispositivo para remoção do excesso de óleos protetivos sintéticos de superfícies metálicas planas como preparação da matéria prima para processo de remoção de óxidos e rebarbação mecânica que demanda ausência de óleo e possuem limitações de espaço, permitindo assim o processamento do material neste tipo de equipamento. Atualmente a limpeza é realizada manualmente com o uso de panos, sendo proposto a substituição desta tarefa pelo dispositivo. O estudo baseou-se na revisão de literatura, através da pesquisa em livros, catálogos e bibliografias conhecidas na área, buscando características de equipamentos similares existentes no mercado para proporcionar uma maior familiaridade com os equipamentos de limpeza de óleo utilizados na indústria. Utilizando a metodologia de projeto de produto, a pesquisa identificou as necessidades dos clientes que depois foram convertidas em requisitos aplicáveis a serem atendidos no desenvolvimento do dispositivo. Baseando-se nos requisitos obtidos, o trabalho apresenta de forma descritiva como foram obtidas as informações e como foi realizado o desenvolvimento necessárias para possibilitar uma possível futura fabricação do dispositivo. Os resultados do desenvolvimento do dispositivo são demonstrados neste trabalho, através do desenho detalhado dos componentes mais importantes do dispositivo, possibilitando assim o entendimento das suas principais funções. Os objetivos visados com a elaboração deste trabalho foram alcançados com o completo desenvolvimento do projeto de um dispositivo de remoção de excesso de óleo de superfícies metálicas planas, que tende a suprir as necessidades dos clientes e sanar o problema encontrado.

Palavras-chaves: Dispositivo de remoção de óleo. Projeto de produto. Processo de Rebarbação e Decapagem.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo produtivo – Remoção de óxidos e Rebarbação.....	14
Figura 2 - Terminologia de roscas de parafuso.....	31
Figura 3 - Elementos de apoio: Mancal e Bucha.....	33
Figura 4 - Porção de uma corrente de rolos de fileira dupla.....	34
Figura 5 - Escova Rotativa	37
Figura 6 - Etapas do Projeto Informacional.....	42
Figura 7 - Etapas do Projeto Conceitual.....	47
Figura 8 - Técnicas de avaliação de conceitos.....	50
Figura 9 - Etapas da fase de Projeto Detalhado.....	51
Figura 10 - Diagrama de Mudge.....	58
Figura 11 - Função Global.....	61
Figura 12 - Desdobramento da função global	62
Figura 13 - Leiaute Preliminar	66
Figura 14 - Tipos e Aplicação das Escovas	68
Figura 15 - Escova de limpeza leve helicoidal.....	68
Figura 16 - Escova de limpeza intermediária	70
Figura 17 - Escova de secagem duplo helicoidal	70
Figura 18 - Rolete com engrenagem	71
Figura 19 - Seção Superior	74
Figura 20 - Detalhamento da Transmissão	77
Figura 21 - Enclausuramento seção superior.....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Metodologias para projetos de produto	26
Quadro 2 - Principais Elementos de Fixação	30
Quadro 3 - Dimensões de correntes ANSI de fileira única	35
Quadro 4 - Métodos utilizados na busca por princípios de solução	48
Quadro 5 - Ciclo de vida e clientes do produto.....	55
Quadro 6 - Necessidades dos Clientes	55
Quadro 7 - Requisitos dos Clientes.....	56
Quadro 8 - Requisitos do projeto.....	57
Quadro 9 - Indexação (VC) dos requisitos	58
Quadro 10 - Especificações do projeto	59
Quadro 11 - Princípios de solução.	62
Quadro 12 - Combinações de princípios de solução.....	64
Quadro 13 - Afinidade por requisito de cliente por concepção	65
Quadro 14 - Lista de verificação de erros e fatores de perturbação.....	80
Quadro 15 - Lista de verificação.....	81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 TEMA.....	14
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	14
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	15
1.4 JUSTIFICATIVA.....	15
1.5 OBJETIVOS.....	17
1.5.1 Objetivo geral.....	17
1.5.2 Objetivos específicos.....	17
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1 PROCESSOS INDUSTRIAIS.....	18
2.1.1 Óxidos de corte e rebarbas.....	19
2.1.2 Remoção de óxidos e rebarbas	20
2.1.3 Anticorrosivos temporários	21
2.1.4 Limpeza	23
2.1.4.1 <i>Limpeza por Pulverização</i>	24
2.1.4.2 <i>Solvente ou limpeza de detergentes:</i>	24
2.1.4.3 <i>Processo de escovação</i>	24
2.2 PROJETO DE PRODUTO	25
2.2.1 Metodologias	26
2.2.2 Produto	28
2.2.2.1 <i>Mecanismo</i>	28
2.2.3 CAD	38
3 METODOLOGIA.....	40
3.1 PROJETO DE PRODUTO	40
3.1.1 Projeto Informacional.....	41
3.1.1.1 <i>Pesquisar informações sobre o problema do projeto</i>	42
3.1.1.2 <i>Definir ciclo de vida e clientes do produto</i>	43
3.1.1.3 <i>Identificar as necessidades dos clientes do projeto</i>	43

3.1.1.4	<i>Estabelecer os requisitos dos clientes</i>	44
3.1.1.5	<i>Estabelecer os requisitos de produto</i>	44
3.1.1.6	<i>Hierarquizar os requisitos do projeto</i>	45
3.1.2	Projeto Conceitual	46
3.1.2.1	<i>Verificar o escopo do problema</i>	47
3.1.2.2	<i>Estabelecer a estrutura funcional</i>	47
3.1.2.3	<i>Pesquisa por princípios de solução</i>	48
3.1.2.4	<i>Combinar princípios de solução</i>	49
3.1.2.5	<i>Selecionar combinações</i>	49
3.1.3	Projeto Detalhado	50
3.1.3.1	<i>Elaborar leiautes preliminares e desenhos de formas</i>	51
3.1.3.2	<i>Elaborar leiautes detalhados e desenhos de forma</i>	52
3.1.3.3	<i>Verificação de erros e fatores de perturbação</i>	53
3.1.3.4	<i>Revisar o projeto</i>	53
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	54
4.1	PROJETO INFORMACIONAL	54
4.1.1	Definir ciclo de vida e clientes do produto.....	54
4.1.2	Necessidades dos clientes	55
4.1.3	Requisitos do Cliente.....	56
4.1.4	Requisitos do Projeto.....	56
4.1.5	Hierarquização dos requisitos.....	58
4.2	PROJETO CONCEITUAL	60
4.2.1	Verificação do escopo do problema.....	60
4.2.2	Estrutura funcional	61
4.2.3	Princípios de solução.....	62
4.2.4	Combinar princípios de solução.....	64
4.2.5	Seleção da combinação.....	65
4.3	PROJETO DETALHADO	65
4.3.1	Leiautes preliminares e desenhos de forma	66
4.3.1.1	<i>Limpeza</i>	67
4.3.1.2	<i>Movimentação</i>	71
4.3.1.3	<i>Sustentação</i>	71
4.3.1.4	<i>Ajustes</i>	73
4.3.2	Leiautes detalhados e desenhos de forma	73

4.3.2.1 Seção Superior.....	73
4.3.2.2 Seção Inferior	78
4.3.2.3 Estrutura.....	79
4.3.3 Verificação de erros e fatores de perturbação	80
4.3.4 Revisão do projeto.....	81
REFERÊNCIAS.....	85
APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO NECESSIDADES DOS CLIENTES.....	89
APÊNDICE B: DIAGRAMA QFD.....	90
APÊNDICE C: DETALHAMENTO DAS ESCOVAS	91
APÊNDICE D: DETALHAMENTO PULVERIZADORES	94
APÊNDICE E: DETALHAMENTO ESTRUTURAL SEÇÃO SUPERIOR.....	96
APÊNDICE F: DETALHAMENTO ESTRUTURAL SEÇÃO INFERIOR	97

1 INTRODUÇÃO

A mecanização e mais recentemente a automatização dos processos industriais, substituindo processos manuais, criou uma tendência de aumento na complexidade dos equipamentos presentes na indústria. Estas mudanças ocorridas nos sistemas industriais ocasionaram a substituição dos trabalhos manuais e melhoraram os processos produtivos, agregando maior valor ao processo e aos seus produtos.

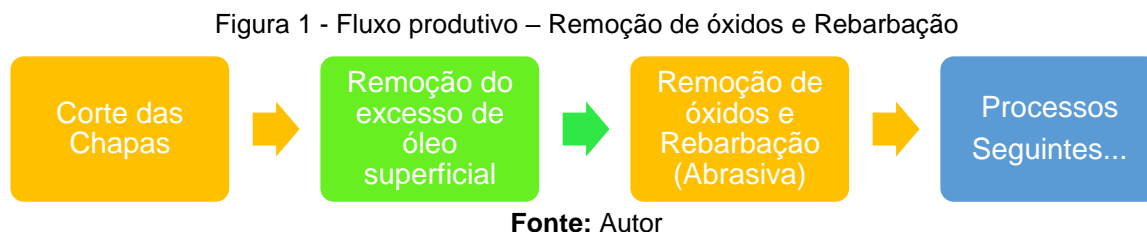
Contudo, agregado ao uso de equipamentos com maior complexidade se tem o surgimento de limitações características e específicas das condições de trabalho de cada equipamento, com parâmetros e condições de operação já pré-estabelecidos que limitam seu uso.

Utilizado na maioria das indústrias metalmeccânicas, o processamento de chapas de aço através de cortes, conformações, soldas e outros processos demandam diversos equipamentos extremamente complexos, muitos desses equipamentos possuem restrições específicas de funcionamento, principalmente quando se trata da matéria prima utilizada e das impurezas em sua superfície.

Uma das principais impurezas presentes em chapas de aço são os óleos, utilizados principalmente para evitar a oxidação da chapa e protegê-la contra pequenos danos superficiais no armazenamento. Porém em processos com características térmicas ou abrasivas, como processos de remoção de óxidos e rebarbação, restringem o processamento de metais envoltos em óleo, devido a requisitos de segurança, qualidade e/ou desempenho, criando assim limitações nos processos industriais.

Essas limitações tornam a remoção de óleos um processo comum dentro das indústrias, pois visam preparar a matéria prima para processos de remoção de óxidos e rebarbação que são limitados pelo excesso de impurezas superficiais. Os processos de remoção de óxidos e rebarbação são normalmente realizados após o corte das chapas metálicas, com as peças ainda planificadas, visando remover a oxidação natural, a carepa e os óxidos de corte e melhorar o aspecto das arestas de corte, reduzindo rebarbas e imperfeições. Após este processo, as peças seguem para os

processos seguintes de sua fabricação, como solda, conformação, pintura, etc. Este fluxo produtivo pode ser visto na Figura 1.



O processo de remoção do óleo e impurezas é geralmente feito manualmente por meio de panos, por pulverização de solventes ou por banhos de imersão. Realizado imediatamente antes do processo de decapagem e/ou rebarbação, a remoção do óleo torna a peça suscetível a oxidação, tornando o tempo de exposição do metal a atmosfera um fator crítico, sendo assim esse processo de limpeza é realizada apenas momentos antes da realização do processo de remoção de óxidos e rebarbação, no qual a peça recebe uma camada de óleo protetivo novamente ao fim do processo.

Os óleos protetivos comumente utilizados na indústria são do tipo sintético por suas características e por sua fácil remoção quando necessário. O desenvolvimento de um dispositivo que esteja habilitado a substituir a limpeza manual do excesso de óleo sintético superficial e que agregue os benefícios da mecanização de forma compacta foi o objetivo do trabalho.

1.1 TEMA

Desenvolver um conceito de dispositivo para remoção do excesso de óleos protetivos sintéticos de superfícies metálicas planas como preparação da matéria prima para processo de remoção de óxidos e rebarbação mecânica que demanda ausência de óleo e possui limitações de espaço.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O excesso de óleo sobre chapas metálicas afeta negativamente uma grande diversidade de equipamentos de remoção de óxidos e rebarbação, cada qual com características peculiares que necessitam estudos aplicados.

Assim este trabalho delimitou-se a desenvolver um conceito de dispositivo para remoção do excesso de óleos protetivos sintéticos de superfícies metálicas planas como preparação da matéria prima para um processo rebarbação e remoção de óxidos que utiliza um equipamento com princípio de funcionamento mecânico e ação abrasiva com largura de trabalho de 1300 milímetros que processa peças metálicas planas com espessuras que variam de 0,4 a 90 milímetros e que possui ao final do processo abrasivo um sistema de adição de óleo protetivo em forma de película. O levantamento das informações e o desenvolvimento do conceito de dispositivo foi realizado durante o 1º e 2º semestre de 2017.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Diversos processos para peças planas de metal utilizados na indústria possuem restrições específicas de funcionamento, dentre as inúmeras limitações existentes, uma das mais comuns é a necessidade de ausência de óleo, principalmente pela inflamabilidade e pela perda de desempenho em processos de rebarbação, lixamento e remoção de óxidos por dificultar a abrasão.

Estas operações limitadas a processar apenas peças com o mínimo de óleo em sua superfície, demandam um grande custo de preparo das chapas a serem utilizada, pois os processos atuais de remoção de óleo são mais complexos e conseqüentemente mais caros, sendo em sua maioria processos manuais que demandam grande mão de obra e apresentam o fator de risco humano. Dentre essas operações está o processo de remoção de óxidos e rebarbação

Sendo assim, a questão a ser respondida pelo trabalho é se o desenvolvimento de um conceito de dispositivo para remoção do excesso de óleos protetivos sintéticos de superfícies metálicas planas como preparação da matéria prima para um processo de remoção de óxidos e rebarbação mecânica que demanda ausência de óleo, considerando as limitações de espaço existentes, pode atender os requisitos dos clientes e substituir os processos manuais existentes.

1.4 JUSTIFICATIVA

A eficiência, qualidade e inovação dos processos e produtos são fatores preponderantes para o sucesso na indústria atual (FERREIRA et al, 2011), as

constantes melhorias de processos fabris ditam a competitividade corporativa em um mercado extremamente acirrado. Toda melhoria de processo é de extrema importância para que um processo industrial continue eficaz e seu produto competitivo.

Muitos processos industriais utilizam equipamentos extremamente complexos de alto rendimento, pelo alto grau de complexidade desses equipamentos surgem limitações de operação devido as características de cada equipamento. Em processos de rebarbação o comprometimento das características de eficiência e segurança por contaminantes ou agentes externos é um problema recorrente na maioria dos equipamentos, o que acaba gerando perdas de produtividade. A rebarbação, por se tratar de um processo de abrasão, é afetada por contaminantes como óleos encrustados nas superfícies metálicas a serem processadas, interferindo na eficiência e qualidade do processo, o que acaba afetando o resultado final da superfície.

Em processos desse tipo com agentes termais, o óleo acaba sendo queimado, gerando risco de incêndio e deixando a superfície envolta em uma camada de carbono de difícil remoção. O óleo também pode “interferir na limpeza da superfície, impedindo que o processo seja executado adequadamente” (BROWN, 1991). Essas características podem ser identificadas em processos como os de remoção de óxidos, rebarbação e jateamento, atividades estas que demandam que as peças a serem processadas estejam livres de óleo.

Em um mercado global e competitivo é de fundamental importância tornar os processos industriais mais eficientes e agregar maior valor aos produtos resultantes. Sabendo das limitações dos processos de remoção de óxido e rebarbação, desenvolver um conceito de dispositivo para remoção do excesso de óleos protetivos sintéticos de superfícies metálicas planas, visou sanar as perdas de eficiência e qualidade destes processos, originados pela presença destes óleos protetivos, por meio de sua remoção, além de extinguir os processos de limpeza manual e seus riscos. Esse aumento na eficiência e no valor agregado ao produto é de grande importância para as possíveis empresas clientes que o desejam adquirir.

O desenvolvimento do mecanismo também visou criar uma base tecnocientífica para equipamentos que visem remoção de oleosidades que podem

interferir em outros processos e desenvolver o conhecimento acadêmico dos envolvidos no projeto.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo geral

Propor um conceito de mecanismo para remoção do excesso de óleos protetivos sintéticos de superfícies metálicas planas utilizadas como matéria prima em um processo de remoção de óxidos e rebarbação mecânica que demanda ausência de óleo e possui limitações de espaço.

1.5.2 Objetivos específicos

Desenvolver o projeto informacional a partir do problema gerado pelos óleos.

Desenvolver o projeto conceitual focado em um dispositivo de fluxo contínuo.

Desenvolver o projeto detalhado do conceito de mecanismo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura descreve os conceitos fundamentais para o desenvolvimento e entendimento do presente trabalho, sendo abordados os seguintes pontos: processos industriais com enfoque em processos de acabamento e limpeza de superfícies metálicas; óleos e suas propriedades; princípios mecânicos e características dos materiais e peças utilizadas; e breve descrição do conceito sobre projetos de produto e dos recursos utilizados para o desenvolvimento do dispositivo.

2.1 PROCESSOS INDUSTRIAIS

Processos industriais são procedimentos que envolvem métodos elétricos, eletrônicos, produtos químicos ou mecânicos para produzir um artigo ou item, geralmente em grande escala. “A principal finalidade da empresa industrial ou fabril é transformar matérias-primas em componentes ou produtos acabados e colocá-los a disposição dos clientes para atender a alguma necessidade”. (MARQUES, 2012).

Historicamente houve uma grande evolução nos processos industriais. Para Marques (2012), esse desenvolvimento exponencial da indústria promoveu a aceleração da competição entre concorrentes e aumentando o potencial de consumo, tornando as operações cada vez mais complexas, exigindo estruturas e equipamentos cada vez mais sofisticados.

Essa sofisticação trouxe mudanças nas características dos processos industriais. A evolução tecnológica agrega uma maior competitividade, porém, segundo Filho (2007), em um processo industrial tecnologicamente mais sofisticado, é necessário lidar com muitas causas que podem potencialmente levar a defeitos no produto.

Alguns dos processos mais comumente utilizados na indústria envolvem o uso de chapas metálicas. As chapas metálicas, como explica Osborne (2013), são peças de metal formadas por um processo industrial que as deixam finas e planas. É um dos materiais mais fundamentais utilizados na metalurgia e podem ser cortadas e dobradas em uma variedade de formas. Inúmeros objetos do cotidiano são construídos a partir de chapas metálicas, incluindo bicicletas, abajures, utensílios de

cozinha, estruturas de carros e aviões e diversos outros tipos de itens industriais ou arquitetônicos.

As chapas metálicas, como todo material metálico, estão sujeitas a corrosão. A corrosão segundo NPL (2013), é o desgaste do metal pelo processo químico de oxidação que ocorre a partir da interação do oxigênio com outros elementos químicos resultando na formação de óxidos. No caso de chapas metálicas, o oxigênio interage com o metal gerando óxidos metálicos.

A oxidação da superfície ocorre mais rapidamente a altas temperaturas, como explica Caristan (2004), o que pode resultar em grossas camadas de óxido metálico aderidos à superfície da chapa metálica.

2.1.1 Óxidos de corte e rebarbas

Na indústria metalmeccânica são utilizados diversos métodos para o corte de chapas metálicas. Entre os processos mais comuns estão os processos por corte térmico, como os de corte a laser e plasma. Segundo Brink (2008) o corte a laser funciona direcionando uma saída de laser de alta potência no material a ser cortado onde o feixe de laser derrete, queima ou vaporiza, o material deixando uma borda com uma alta qualidade de acabamento de superfície. Já o corte a plasma, segundo Brink (2008), funciona através de um gás inerte soprado a alta velocidade por um bocal enquanto um arco elétrico é formado através dele, o gás que sai pelo bico é transformado em plasma pela corrente elétrica e então atinge a superfície realizando o corte.

Caristan (2004) explica que, nestes tipos de corte, ao processar um metal termicamente sua reatividade química com os gases da atmosfera circundante aumenta devido a elevada temperatura, reagindo exotermicamente com oxigênio presente no ar. Para evitar a oxidação gerada por reação química, em processos de corte a laser o corte pode ser realizado com gás de assistência não-reativos como argônio, ou ainda gases neutros como o nitrogênio. Em alguns casos a oxidação pode melhorar o desempenho de corte, no entanto essa utilização tem consequências para o acabamento da borda de corte e para as propriedades do metal.

Em cortes a laser em que o oxigênio é usado como gás auxiliar, “podem ser alcançadas altas velocidades de corte. Pelo lado negativo, no entanto, uma oxidação pode se formar no corte. Isto significa que o material deve ser tratado posteriormente” (KRAMER, MÜHLBAUER, STARCK, 2005).

Talbert (2008) explica que a camada de óxido gerada na borda cortada por estes processos térmicos, resulta em problemas para o processo de pintura, onde a tinta acaba se aderindo ao óxido do corte, mas o óxido não é bem aderido ao aço fazendo com que, se o revestimento estiver rachado ao longo da borda, ele deslamine completamente, especialmente se o produto produzido for utilizado em ambiente externo.

Ainda sobre o corte de chapas metálicas, Caristan (2004) explica que métodos mecânicos de corte como serras, guilhotinas e pulsões geram rebarbas. As rebarbas são segundo Fitzpatrick (2013), irregularidades formadas por metais que deveriam ter sido removidos no final do corte, mas que acabaram permanecendo, podendo essas irregularidades cortar mãos, riscar partes adjacentes, destruir a exatidão das medidas e atrasar a produção

Segundo Caristan (2004), o equivalente a rebarbas nos processos de corte térmico é a formação de escória no fundo da aresta de corte, sendo a escória basicamente um metal resolidificado revestido por uma camada de óxido de metal mais resistente que se adere a borda da aresta de corte.

2.1.2 Remoção de óxidos e rebarbas

Segundo Talbert (2008), lixamento, esmerilhamento, decapagem e jateamento podem ser muito eficazes para a remoção dos óxidos de corte. Sendo os métodos manuais para essa atividade limitados, devido à alta carga de trabalho e às inconsistências inerentes às operações manuais, além de que alguns óxidos podem ser difíceis de serem removidos à mão.

O equipamento a qual o dispositivo será destinado utiliza o processo de rebarbação mecânica. Todd, Allen e Alting (1994) explicam que na rebarbação mecânica as rebarbas e os óxidos de cortes são removidos por abrasão devido à pressão exercida entre a peça e outro elemento desgastante que devido a agitação,

vibração ou qualquer outro método de movimentação, desgasta a imperfeição superficial.

O uso de rebarbação mecânica, porém, possui algumas limitações. Segundo Bahadori (2015), óleos e graxas na superfície do metal ou do equipamento impedem o uso de abrasivos, por isso em processos em que são utilizadas chapas metálicas com óleo ou graxa superficiais é necessário a sua remoção antes do processo com abrasão.

2.1.3 Anticorrosivos temporários

Um dos problemas mais usuais na indústria é a corrosão. “A corrosão é a oxidação indesejada de um metal. Ela diminui a vida útil de produtos de aço.” (ATKINS, JONS, 2012)

Muitas das peças metálicas podem ter superfícies metálicas nuas que precisam ser protegidas até serem colocadas em uso ou recebem proteção entre intervalos antes da montagem ou processamento. Podem ser peças metálicas concluídas, que precisam receber alguma forma de proteção contra corrosão durante o transporte ou armazenamento, ou podem exigir algum tipo de proteção contra corrosão durante o uso. (NPL, 2003)

Segundo YPF (2000), uma substância anticorrosiva funciona envolvendo uma peça e a protegendo da corrosão causada pelo ambiente até que chegue a seu próximo destino.

Segundo NPL (2003), uma proteção temporária contra corrosão é formada por um material que pode ser facilmente removido da superfície metálica após o tratamento e que não é projetado para ser permanente ou de difícil remoção como a pintura ou revestimento plástico.

Os anticorrosivos temporários podem ser classificados segundo YPF (2000) de duas formas: pelos veículos utilizados para a obtenção da camada anticorrosiva temporária e pelo tipo de película formada na peça.

Os veículos utilizados para a produção da película anticorrosiva temporária segundo YPF (2000), podem basear-se em: Água, formando a categoria de anticorrosivos de base aquosa; solventes, formando a categoria de anticorrosivos de base solvente; Óleos, a categoria de anticorrosivos de base oleosa e sólido, formando a categoria de anticorrosivos sem veículo.

YPF (2000) explica que os anticorrosivos temporários quando classificados pelo tipo de película que formam podem ser divididos nos seguintes tipos:

Verniz tipo seco, usado mais como elemento decorativo do que como anticorrosivo;

Seco e maleável, geralmente mais grosso do que o tipo anterior, porém mais plástico e menos quebradiço, sendo usado também para proteção contra pequenos choques superficiais;

Papel com inibidor, onde o envoltório ou encapsulamento da peça a ser protegida da corrosão é usualmente realizado com papel encerado ou plastificado;

Cerosa, quando o pacote de aditivos dissolvidos no veículo é uma cera, o filme depositado será de características cerosas. O veículo pode ser à base de água ou à base de solvente e apresenta uma película de difícil remoção.

Vaselina ou gorduroso, quando com ponto de fusão abaixo de 50 ° C, o filme é graxo ou vaselinado. Possui propriedades lubrificantes e é usado quando a peça a ser protegida tem partes móveis e é desejável evitar a drenagem de um óleo.

Oleosa, onde o filme pode ser obtido com qualquer tipo de veículo seja ele aquoso, solvente ou a base de óleo. O filme oleoso tem a vantagem de ser permanentemente fluido, de modo que um filme após ser manipulado pode se auto nivelar novamente. É um tipo de anticorrosivo que produz películas de baixa espessura.

Oleosa com tixotropia, onde, para limitar a drenagem de filmes oleosos, são adicionados modificadores de escoamento que alteram a fluidez de filmes muito finos de óleo.

Dentro dos variados tipos de anticorrosivos temporários, destacam-se no uso industrial, por serem mais fáceis de remover que os do tipo cerosos, os anticorrosivos com películas oleosas. “Os óleos protetores estão disponíveis em uma grande variedade de faixas de viscosidade, mas todos são projetados para deixar um filme suave oleoso em superfícies sem o uso de um solvente, evitando assim algumas das desvantagens de materiais à base de solvente.” (NPL, 2003)

Considerando as características da película formada, a espessura, segundo YPF (2000), afeta o poder de proteção e outras propriedades como a facilidade de remoção. O valor da espessura da película protetiva deve ser estabelecido com base nas características de proteção necessárias e no método utilizado para remover a proteção quando necessário.

2.1.4 Limpeza

Os processos de limpeza e desengorduramento, segundo EPA (1994), são aplicados em uma variedade de processos para eliminar a sujeira, poeira, e oleosidades. A limpeza e o desengorduramento podem ser utilizados como um passo final na fabricação de um produto, como um passo preliminar na preparação da superfície de um processo futuro, ou como um passo de limpeza para equipamentos entre seus usos.

A limpeza, como explica Gillespie (1988), é geralmente necessária antes da pintura, recobrimento, galvanização, ou outros processos com ação sobre as propriedades superficiais do metal na manufatura de produtos metálicos. Envolve a remoção de substâncias e materiais indesejáveis da superfície do metal por meio de um processo químico ou físico ou pela combinação de ambos.

Processos de recobrimento e pintura necessitam de limpezas mais complexas e abrangentes, já que estes processos são mais gravemente afetados pela presença de impurezas sobre a superfície. Processos como o de decapagem e rebarbação também são afetados, porém de forma mais branda pela presença de óleos, necessitando de limpezas mais simples.

Para os processos rebarbação abrasiva, o processo de limpeza não necessita ser tão abrangente, como explica Lipowsky e Arpací (2007), em processos de limpeza mais simples, como os necessários para rebarbação e remoção de óxido de corte, são normalmente utilizados métodos mecânicos, tais como escovação, raspagem ou jateamento. O dispositivo desenvolvido se encaixa nesta descrição, pois visa uma limpeza simples da superfície metálica.

2.1.4.1 Limpeza por Pulverização

Este processo, como explica Bahadori (2015), pode ser usado para remover óleos, graxas e contaminantes leves como sujeira ou limalhas de peças ou conjuntos simples, que possam ser suspensos em uma posição de drenagem, enquanto passam por uma zona de pulverização. Esse processo também pode ser usado para limpeza de pequenas peças em equipamentos de jateamento manual fechados, onde o jato pode ser manipulado e o spray gerado direcionado manualmente sobre a superfície.

2.1.4.2 Solvente ou limpeza de detergentes:

Segundo Bahadori (2015), os artigos com depósitos de sujeira resistentes que não podem ser removidos por imersão podem exigir o uso de jatos de alta pressão com solventes quentes ou frios, solventes emulsionáveis e soluções detergentes. Usado principalmente em máquinas especialmente projetadas que podem ser operadas manualmente ou mecanicamente, o processo requer que os itens sejam alocados de forma que os jatos ou o spray possam atingir toda a superfície, normalmente são utilizados equipamentos específicos para spray ou limpeza a jato.

Bahadori (2015) explica ainda que equipamentos manuais específicos para o processo funcionam alocando pequenos itens em cabines transparentes, onde o solvente é aplicado sobre suas superfícies por bicos de aspensão que tem seu jato direcionado manualmente. Em geral as limpezas a jato ou pulverização realizadas em máquinas, utilizam equipamentos especialmente concebidos, com linhas de jatos fixos e com um transportador para transportar continuamente as peças entre os estágios de limpeza e secagem.

2.1.4.3 Processo de escovação

Este processo é utilizado para a remoção de óleo, graxa e contaminações leves das áreas de metal nua de montagens com superfícies pintadas ou de elementos não metálicos como explica Bahadori (2015), que podem sofrer danos pela aplicação genérica de solvente. Também pode ser usado para limpeza de artigos que são muito grandes para tanques de imersão ou sistemas de limpeza por pulverização.

Nesse processo, Bahadori (2015) explica que o solvente deve ser aplicado sobre as áreas contaminados com uma escova limpa ou um pano. A aplicação de solvente deve ser repetida até que toda a contaminação tenha sido removida, tomando o cuidado de aplicar o solvente somente nas áreas de metal contaminado.

Segundo Lipowsky e Arpaci (2007), para escovação são utilizadas escovas rotativas, podendo ser de fios de cobre ou outra liga ou ainda de materiais que não geram corrosão por contato. Como a limpeza não pode afetar a superfície as escovas de materiais não abrasivos são utilizadas.

Ainda segundo Bahadori (2015), em casos que não puderem ser utilizados grandes valores de água, é necessário limpar completamente a superfície com panos molhados. Este método é usado para remoção de contaminação de superfícies metálicas com um solvente frio ou solvente emulsionável.

2.2 PROJETO DE PRODUTO

Segundo Ferreira et al (2011), projetar é uma atividade que produz uma descrição de algo que ainda não existe, porém capaz de viabilizar a construção desse produto em fase de criação. Projetar é uma atividade extremamente complexa, com diversas metodologias e com uma grande variedade de informações a serem consideradas.

Forcellini (2002) explica que no atual mercado global e em constante evolução, o perfil do consumidor atual exige produtos de alta qualidade a um baixo custo. Desenvolver um produto que atinja as necessidades dos clientes é fundamental, assim, o processo de desenvolvimento de produtos é de extrema importância para a competitividade das indústrias no mercado.

O processo de projeto de produto, para Forcellini (2002), de maneira simples, engloba tudo sobre a elaboração de produtos certos para os mercados certos, a qualidade certa, o preço certo, para as especificações e desempenho certos. Em outras palavras desenvolvimento de produtos é um processo pelo qual uma organização transforma informações de oportunidades de mercado e de possibilidades técnicas em informações para a fabricação de um produto comercial.

Para Ferreira et al (2011), pode-se considerar que o projeto do produto se encontra na interface entre a empresa e o mercado, cabendo à equipe de projeto desenvolver um produto que atenda às expectativas de mercado.

E como explica Carpes e Widomar (2014), o desenvolvimento de um produto de qualquer tipo é uma tarefa que exige muito mais do que a simples execução de uma boa ideia, existindo uma metodologia de produção por trás de cada item que consumimos, cada um com suas particularidades. E através da literatura sobre projetos de produto pode-se selecionar e adaptar a metodologia de desenvolvimento de qualquer produto.

2.2.1 Metodologias

Existe uma grande quantidade de métodos e técnicas que visam resolver os problemas e questões que envolvem o desenvolvimento de produto, mas não se pode dizer que há um método ou técnica únicos que atendam a todas as situações possíveis. (MELLO, 2011)

Os principais métodos utilizados para o desenvolvimento de projetos de produto segundo Santos apud Mello (2011), com seus principais enfoques podem ser visualizados no Quadro 1.

Quadro 1 - Metodologias para projetos de produto

Método	Número de Etapas	Pontos Positivos	Pontos Negativos	Enfoque
Bonsiepe (1981)	05	Valorização da análise e problematização.	Deve ser usado apenas como método auxiliar; Não aborda mercado, ergonomia, gestão e estratégia; Exclui várias etapas do projeto; Pouco detalhado.	Análise / Pesquisa <i>Design</i>
Pahl e Beitz (1996)	04	Detalhamento da fase de concepção; Representação dos fluxos de projeto.	Não aborda mercado, gestão e estratégia.	Tecnologia Engenharia

Continua

Continuação

Baxter (1998)	13	Abordagem estratégica; Relação com investimento; Baseado em experiências de mercado; Destaque para as tomadas de decisão.	Maior dificuldade para <i>designers</i> iniciantes; Etapa de concepção pouco detalhada; Não aborda a ergonomia;	Negócio / Estratégia <i>Design</i>
Moraes e Mont'Alvão (1998)	06	Detalhamento da questão ergonômica.	Não aborda questões de mercado, gestão e estratégia.	Ergonomia <i>Design</i>
Munari (2002)	11	Adequado para <i>designers</i> iniciantes; Linguagem de fácil entendimento.	Estrutura superficial e incompleta; Não aborda mercado, gestão e estratégia, ergonomia; Representação gráfica inadequada.	Processo Criativo <i>Design</i>
Pugh (2002)	06	Valorização do mercado; Relação entre as etapas	Etapa de concepção pouco detalhada; Não aborda a ergonomia; Pouco detalhado.	Mercado Engenharia

Fonte: Adaptada de Santos Apud Mello (2011)

Um dos métodos mais adequados à utilização pela engenharia é o sugerido por Pahl e Beitz (1996), onde o processo de projeto de produto pode ser dividido nas seguintes etapas: Clarificação das Necessidades, Projeto Conceitual, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado.

Adaptada da metodologia de Pahl e Beitz, a metodologia de Reis (2003) tem o mesmo enfoque e pontos positivos, porém agrega algumas ideias de outras metodologias, e divide as atividades do projeto de produto em 3 fases.

A primeira etapa definida nesta metodologia é o de Projeto informacional, e segundo Rodrigues et al (2015), é a etapa que abrange a definição do problema, a identificação das necessidades e desejos dos clientes (consumidores, usuários). Sendo nesta fase realizada a pesquisa de utilização do dispositivo por meio de interação com os possíveis usuários, pesquisa por produtos similares, pesquisa de patentes e entrevistas com especialistas, com o objetivo de levantar uma lista de requisitos e especificações que norteiam o desenvolvimento do projeto conceitual.

Ainda dentro da metodologia adotada por Reis (2003), o projeto conceitual é considerado a segunda fase e também a etapa mais importante para o projeto de um produto.

Segundo Forcellini (2002), é no projeto conceitual que se gera uma concepção de produto a partir de uma necessidade detectada, de forma que este produto atenda da melhor maneira possível esta necessidade.

“Esta fase só é finalizada quando se obtém um conjunto de princípios funcionais para o produto como um todo e que seja diferenciado dentre os concorrentes“ (BAXTER apud RODRIGUES et al, 2015).

A terceira e última fase é a realização do projeto detalhado, onde, segundo Rodrigues et al (2015), é realizado a projeção do conjunto e dos componentes definitivos, determinando as disposições, formas, dimensões e tolerâncias de todos os componentes.

2.2.2 Produto

Segundo Forcellini (2002), produto, num sentido amplo, pode ser um bem ou serviço resultante de qualquer processo. Constituídos de elementos básicos que forma um conjunto de atributos como aparência, forma, função, material, embalagem, rótulo, cor, sabor e aroma, marca, reputação, serviços pós-venda e garantias.

Um novo produto pode ser considerado como o desenvolvimento e a introdução de um produto, não previamente manufaturado por uma empresa, no mercado ou a apresentação de um produto já existente num novo mercado não previamente explorado pela empresa. (FORCELLINI, 2002)

O produto representa uma concepção de o que o cliente deseja, como e quando, em forma de solução. E desenvolver novos produtos mesmo sendo difícil, custoso e sujeito a falha, é, como explica Forcellini (2002), uma das maiores oportunidades que as empresas possuem para obter lucro e sobreviver

2.2.2.1 Mecanismo

Para o desenvolvimento de um sistema de remoção de óleo protetivo, é importante ressaltar que, como outros produtos que possuem alguma forma de movimento, o dispositivo a ser desenvolvido pode ser definido com um mecanismo,

pois “um mecanismo nada mais é do que um conjunto de elementos mecânicos dispostos em uma determinada configuração que possa transmitir movimentos de forma esperada” (PEREIRA, 2011).

Como explica o Grillo (2017), todo mecanismo é projetado para realizar ou converter algum tipo de movimento que possibilite exercer uma finalidade desejada através de um conjunto de elementos de máquinas ligados de forma a produzir um movimento específico, podendo ser mecanismos de elementos mecânicos, hidráulicos, pneumáticos, elétricos ou combinados.

Segundo Generoso (2009), os elementos de máquinas podem ser classificados em grupos conforme sua função. Dentre os vários elementos de máquinas existentes os mais usuais são elementos fixação, como parafusos, porcas e arruelas, elementos de transmissão, como correias e polias, elementos de apoio, como mancais, guias e rolamentos, entre outros. Os grupos de elementos utilizados para o desenvolvimento do trabalho são descritos mais detalhadamente nos itens a seguir.

I. Elementos de fixação

Segundo Antonello e Franceschi (2014), elementos de fixação são os meios de união possíveis de serem empregados nos mais diversos tipos de equipamentos, máquinas e construções mecânicas, unindo peças produzidas com diferentes materiais por meio de uma fixação que pode ser móvel ou permanente.

Os métodos típicos de fixação ou de união de peças utilizam dispositivos como parafusos de porca, porcas, parafusos de cabeça parafusos de retenção, rebites, retentores de mola, dispositivos de travamento, pinos, chavetas, soldas e adesivos. (BUDYNAS, MISCHKE, SHIGLEY 2005)

“Os elementos de fixação móveis podem ser colocados ou retirados do conjunto sem causar qualquer dano às peças que foram unidas, ao contrário dos elementos de fixação permanente.” (ANTONELLO; FRANCESCHI, 2014)

No Quadro 2 pode se ver uma breve lista dos principais elementos de fixação adaptados de Antonello e Franceschi (2014).

Quadro 2 - Principais Elementos de Fixação

Elemento	Descrição
Anéis elásticos	Utilizado principalmente como trava, sendo empregado na retenção e segurança em eixos ou furos, impedindo o deslocamento axial de peças ou componentes e posicionando ou limitando o curso de uma peça deslizante sobre um eixo.
Arruelas	Peças geralmente cilíndricas, de pouca espessura apresentando um furo central, pelo qual cruza o corpo do parafuso, sendo utilizadas principalmente para: Proteger a superfície das peças; Evitar deformações nas superfícies de contato; Evitar que a porca afrouxe; Suprimir folgas axiais na montagem das peças; Evitar desgaste da cabeça do parafuso ou da porca; Distribuir a carga sobre a superfície das peças unidas.
Chavetas	Corpo de forma prismática ou cilíndrica utilizado para unir elementos mecânicos como um eixo e uma polia. É considerado um tipo de união desmontável, permitindo a transmissão de movimentos a outros elementos.
Contrapino ou cupilhas	Arame semi circular que, ao ser dobrado, deixa-se as extremidades com diferentes comprimentos, podendo ser inserido em um furo na ponta de eixos ou em furos na ponta de parafusos, possibilita o travamento da porca sobre o parafuso ou o travamento de pinos em orifícios.
Parafusos	Elementos de corpo cilíndrico e comprimento de corpo variável, onde, sobre este corpo, há filetes de roscas. Estas roscas podem ser de diferentes especificações e trabalham em conjunto com porcas, com as mesmas características de roscas.
Pinos	Elementos de fixação móveis de corpo cilíndrico que servem para unir duas ou mais peças e alinhar furos concêntricos. Podem ter cabeça ou não, serem cônicos, fixos com rosca ou fixos com contra pinos e podem ser colocados com ajuste por interferência ou ajuste com folga.
Porcas	Peça cuja forma pode ser hexagonal, sextavada, quadrada ou cilíndrica, geralmente metálica, com um furo roscado, no qual pode ser encaixado um parafuso, ou uma barra roscada. Em conjunto com o parafuso, a porca é um acessório amplamente utilizado na união de peças, ou, em alguns casos, para auxiliar na regulagem.
Rebite	Elemento de fixação empregado em uniões permanentes, sendo formado por um corpo cilíndrico e uma cabeça, fabricado em alumínio, cobre ou latão. Usado para fixação permanente de duas ou mais peças com larga escala de emprego na fabricação de aviões, união de chapas, navios e fabricação de utensílios de alumínio.

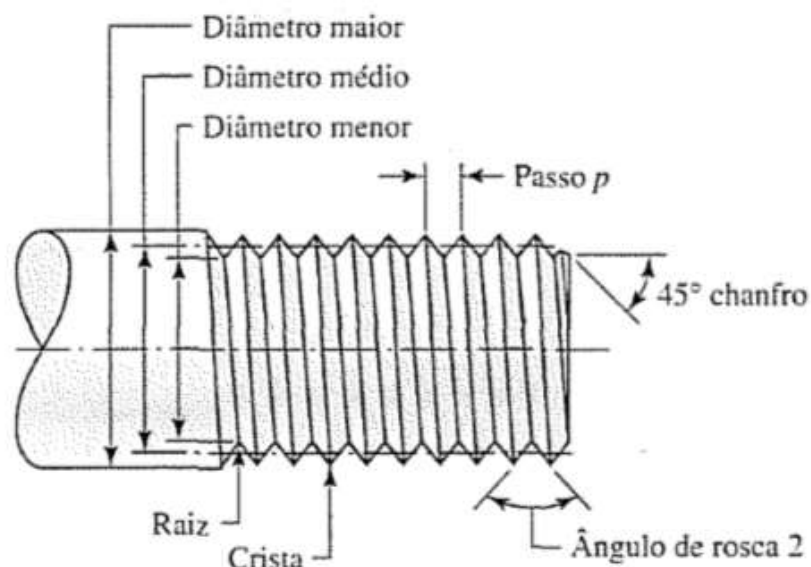
Fonte: Adaptado de Antonello e Franceschi (2014).

Entre os elementos de fixação moveis, segundo Carvalho e Moraes (1978), o parafuso ocupa o primeiro lugar, tendo uma grande variedade de tipos, largamente experimentos, permitindo a escolha do mais adequado para a finalidade específica do projeto.

Budynas, Mischke, Shigley (2005) explica que a terminologia de roscas de parafusos ilustrada na Figura 2, pode ser descrita da seguinte forma: O *passo* é a

distância entre formas adjacentes de rosca medidas paralelamente ao eixo de rosca; O *diâmetro maior* é o maior diâmetro de uma rosca de parafuso; O *diâmetro menor* (ou de raiz) d , é o menor diâmetro de uma rosca de parafuso e o *diâmetro de passo* é um diâmetro teórico entre os diâmetros maior e menor.

Figura 2 - Terminologia de roscas de parafuso.



Fonte: (BUDYNAS, MISCHKE, SHIGLEY 2005)

Todas as roscas são feitas conforme a regra da mão direita, se nada em contrário for indicado. A norma de rosca *American National (Unified)* foi aprovada nos Estados Unidos e na Grã-Bretanha para uso em todos os produtos rosqueados padronizados. O ângulo de rosca é de 60° , e as cristas da rosca; podem ser planas ou arredondadas. (BUDYNAS, MISCHKE, SHIGLEY 2005)

II. Elementos de apoio

Os principais elementos de apoio utilizados para o desenvolvimento de um mecanismo estão descritos a seguir.

▪ Mancais

Suporte de apoio de eixos e rolamentos que são elementos girantes de máquinas, os quais classificam-se em duas categorias: mancais de deslizamento e mancais de rolamento. A função dos mancais é minimizar o atrito e, portanto, aumentar o rendimento do sistema mecânico, entre partes que se movem entre si. A aplicação dos mancais pode ser observada na relação entre eixos e carcaças de redutores e entre carros e barramentos de máquinas-ferramentas. (ANTONELLO; FRANCESCHI, 2014)

Segundo Budynas e Nisbett (2008), os termos *mancal de contato de rolamento ou rolante*, *mancal antifricção* e *mancal de rolamento* são usados para

descrever a classe de mancais em que a carga principal é transferida por meio de elementos em contato rolante, em vez de contato de escorregamento. Em um mancal de rolamento, a fricção inicial é cerca de duas vezes a fricção de funcionamento, ainda que seja insignificante em comparação com a fricção inicial de um mancal deslizante.

“Os mancais de deslizamento requerem o deslizamento direto do elemento de suporte de carga em seu suporte, como distinguido dos rolamentos de elementos rolantes, onde bolas ou rolos são interpostos entre as superfícies deslizantes.” (JUVINALL, MARSHEK, 2012)

Segundo Budynas e Nisbett (2008), os mancais de elementos rolantes podem ser agrupados em duas categorias gerais, mancais de esferas e mancais de rolos, ambos com muitas variações dentro dessas divisões. Mancais de esferas são mais adequados para aplicações pequenas e de alta velocidade. Para sistemas grandes e de carga pesada, mancais de rolos têm a preferência. Se há risco de desalinhamento entre eixo e alojamento, rolamentos autocompensadores são necessários. Rolamentos de rolos cônicos podem lidar com cargas pesadas nas direções radiais e axiais em velocidades moderadas. Para situações com cargas axiais e radiais pesadas em alta velocidade, rolamentos de esferas de pista profunda são os melhores.

Os mancais de esferas contêm várias esferas de aço endurecido presas entre duas pistas, uma interior e exterior para mancais radiais, ou pistas superior e inferior para mancais axiais. Um retentor (também chamado de gaiola ou separador) é usado para manter as esferas adequadamente espaçadas ao redor das pistas. Os mancais de esferas podem suportar cargas axial e radial combinadas em diversos graus dependendo do projeto e da construção dos mancais. (BUDYNAS, MISCHKE, SHIGLEY 2005)

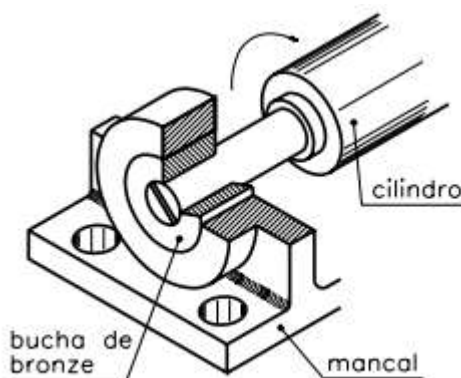
Os mancais de rolos usam rolos retos, cônicos ou abaulados que correm entre pistas. Em geral, os mancais de rolos podem suportar cargas estáticas e dinâmicas (choque) maiores que os mancais de esferas por causa da linha de contato deles e são mais baratos para tamanhos maiores e cargas maiores. A menos que os rolos sejam afunilados ou abaulados, eles podem suportar uma carga somente em uma direção, seja radial ou axial, conforme o projeto do mancal. (BUDYNAS, MISCHKE, SHIGLEY 2005)

Antonello e Franceschi (2014) explicam que nos componentes de apoio que não possuem elementos rolantes, para diminuir o desgaste e a fricção são utilizadas as buchas. As buchas são elementos de máquinas que servem de apoio para a realização de outras funções, cuja forma pode ser cilíndrica ou cônica, servindo de apoio para eixos, assim como para guiar brocas e alargadores. As buchas de fixação

são utilizadas para obter uma fixação segura e de fácil montagem e desmontagem em volantes, polias, engrenagens, conjuntos de freios-embreamento, manivelas, em eixos ou pinos, sem a necessidade de rasgos e chavetas. Em situações em que o eixo desliza dentro da bucha, deve haver lubrificação.

Um exemplo de uso do mancal juntamente com a utilização de uma bucha de bronze pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3 - Elementos de apoio: Mancal e Bucha



Fonte: Ferreira e Gordo (2014)

III. Elementos elásticos

Segundo Budynas e Nisbett (2008), a flexibilidade é algumas vezes necessária e é com frequência fornecida por corpos metálicos com a geometria controlada engenhosamente. Esses corpos podem exibir flexibilidade no grau que o designer busca. Tal flexibilidade pode ser linear ou não linear ao relacionar deflexão e carga. Esses dispositivos permitem a aplicação controlada da força ou do torque e também o armazenamento e a liberação de energia. Por suas capacidades de deformação, as molas têm sido intensamente utilizadas, sendo produzidas em grandes quantidades, custam pouco e em são encontradas com configurações para uma grande variedade de aplicações.

Em geral, as molas são classificadas como molas de fio de arame, molas planas ou molas de formato especial, e há variações dentro dessas divisões. Molas de fio incluem molas helicoidais de fio redondo e de fio quadrado, feitas para resistir e defletir sob cargas de tração, compressão ou torção. Molas planas incluem tipos em balanço e elípticas, Molas de potência enroladas como em motores ou tipo relógio e arruelas planas de mola, usualmente chamadas de molas Belleville. (BUDYNAS, NISBETT, 2008)

IV. Elementos de transmissão

“O sistema de transmissão faz com que a propulsão seja transmitida de sua origem até seu uso final. Na máquina de escrever a transmissão é feita por alavancas que empurram os tipos contra o papel; na bicicleta, pelos pedais e pela roda traseira; no automóvel, pelo câmbio, pelo diferencial e pelas rodas de tração.” (GREF, 2000)

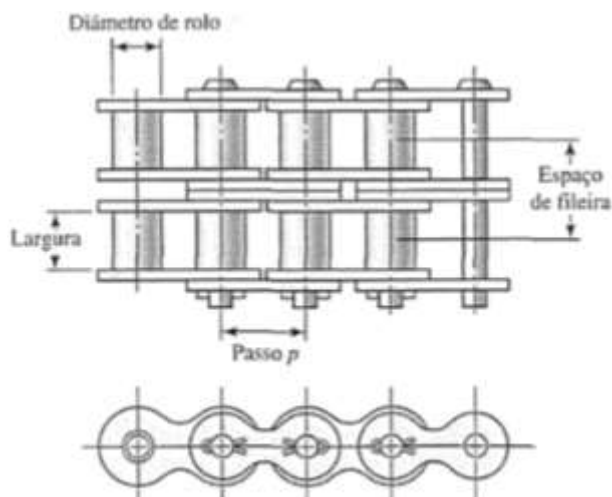
As descrições dos principais elementos de máquina de transmissão utilizados neste trabalho estão a seguir.

- Correntes:

“As características básicas das transmissões de corrente incluem uma razão constante, visto que nenhum deslizamento ou deformação lenta está envolvido, vida longa e a habilidade de acionar eixos de uma única fonte de potência.”

As correntes de rolos foram padronizadas, quanto aos tamanhos, pela ANSI. A Figura 4 mostra a respectiva nomenclatura. O passo é a distância linear entre os centros dos rolos, e a largura é o espaço entre as placas internas de conexão. Essas correntes são manufaturadas em fileiras única, dupla, tripla e quádrupla. As dimensões de tamanhos padronizados estão listadas no Quadro 3.

Figura 4 - Porção de uma corrente de rolos de fileira dupla.



Fonte: BUDYNAS, MISCHKE, SHIGLEY, 2005

Quadro 3 - Dimensões de correntes ANSI de fileira única

Número de corrente ANSI	Passo, in (mm)	Largura, in (mm)	Resistência mínima de tração, lbf (N)	Largura média, lbf/ft (N/m)	Diâmetro de rolo, in (mm)	Espaçamento de fileiras múltiplas, in (mm)
25	0,250 (6,35)	0,125 (3,18)	780 (3 470)	0,09 (1,31)	0,130 (3,30)	0,252 (6,40)
35	0,375 (9,53)	0,188 (4,76)	1 760 (7 830)	0,21 (3,06)	0,200 (5,08)	0,399 (10,13)
41	0,500 (12,70)	0,25 (6,35)	1 500 (6 670)	0,25 (3,65)	0,306 (7,77)	--- ---
40	0,500 (12,70)	0,312 (7,94)	3 130 (13 920)	0,42 (6,13)	0,312 (7,92)	0,566 (14,38)
50	0,625 (15,88)	0,375 (9,52)	4 880 (21 700)	0,69 (10,1)	0,400 (10,16)	0,713 (18,11)
60	0,750 (19,05)	0,500 (12,7)	7 030 (31 300)	1,00 (14,6)	0,469 (11,91)	0,897 (22,78)
80	1,000 (25,40)	0,625 (15,88)	12 500 (55 600)	1,71 (25,0)	0,625 (15,87)	1,153 (29,29)
100	1,250 (31,75)	0,750 (19,05)	19 500 (86 700)	2,58 (37,7)	0,750 (19,05)	1,409 (35,76)
120	1,500 (38,10)	1,000 (25,0)	28 000 (124 500)	3,87 (56,5)	0,875 (22,22)	1,789 (45,44)
140	1,750 (44,45)	1,000 (25,0)	38 000 (169 000)	4,95 (72,2)	1,000 (25,40)	1,924 (48,87)
160	2,000 (50,80)	1,250 (31,75)	50 000 (222 000)	6,61 (96,5)	1,125 (28,57)	2,305 (58,55)
180	2,250 (57,15)	1,406 (35,71)	63 000 (280 000)	9,06 (132,2)	1,406 (35,71)	2,592 (65,84)
200	2,500 (63,50)	1,500 (38,10)	78 000 (347 000)	10,96 (159,9)	1,562 (39,67)	2,817 (71,55)
240	3,000 (76,20)	1,875 (47,63)	112 000 (498 000)	16,4 (239)	1,875 (47,62)	3,458 (87,83)

Fonte: Compilada da ANSI B29 1 -1975

“O número de dentes da roda dentada também afeta a razão de velocidade durante a rotação. (...) A velocidade da corrente em V é definida como o número de metros saindo da roda dentada por unidade de tempo.” (BUDYNAS, MISCHKE, SHIGLEY, 2005)

- Engrenagens:

Segundo Budynas, Mischke e Shigley (2005), engrenagens são usadas para transmitir torque e velocidade angular em uma ampla variedade de aplicações, com

uma grande variedade de tipos. O tipo mais simples de engrenagem são as engrenagens cilíndricas retas, projetadas para operar com eixos paralelos e tendo dentes paralelos ao eixo de coordenadas do eixo.

“As engrenagens, hoje em dia, são altamente padronizadas com relação à forma do dente e ao tamanho. A *American Gear Manufacturers Association* (AGMA) apoia a pesquisa sobre o projeto, os materiais e a manufatura de engrenagens e publica padrões para seu projeto, manufatura e montagem.” (BUDYNAS, MISCHKE, SHIGLEY, 2005)

Budynas, Mischke e Shigley (2005) explica que a razão de torque ou o ganho mecânico entre um par de engrenagens é o recíproco da razão de velocidades, e está diretamente relacionado com a diâmetros de referência (primitivos) das engrenagens e seu número de dentes. Sendo assim, um par de engrenagens é essencialmente um dispositivo de troca de torque por velocidade e vice-versa. Uma aplicação comum das engrenagens reduz a velocidade e aumenta o torque para mover cargas mais pesadas, como na transmissão de seu automóvel.

V. Elementos de Limpeza

Como explicado no item 2.1.4, os processos de limpeza e desengorduramento são necessários para diversos processos industriais. Os elementos de limpeza são elementos utilizados em equipamentos com a função de remover resíduos sobre a superfícies processada. Dentro deste trabalho foram utilizados dois elementos de limpeza, a seguir serão explicadas as escovas rotativas e a os bicos de pulverização.

- Escovas Rotativas

As escovas rotativas, segundo Bolz e Tver (1984), são usadas para condicionar superfícies a graus específicos de suavidade ou rugosidade: para remover rebarbas e inclusões, escamas e óxidos, para remover filme superficial ou incrustações; e, em geral, para afetar a própria superfície ou causar a remoção de materiais de ou ao longo de uma superfície.

Existem diversos tipos de escovas rotativas, variando sua forma, matéria e funcionamento de acordo com a finalidade para qual foi desenvolvida. As escovas rotativas de limpeza. E como explica KOTI (2017), as escovas industriais e técnicas cumprem várias tarefas nos processos industriais. Cada aplicação requer suas próprias demandas específicas para o projeto.

Figura 5 - Escova Rotativa



Fonte: KOTI (2017)

Para aplicações industriais as escovas de rolo de tira são as mais indicadas pois segundo KOTI (2017), são fáceis de manusear, sendo necessário apenas compra o núcleo da escova de rolo uma vez e após só é necessário substituir, de forma fácil, as escovas de tira que sofrerem desgaste, como mostra a Figura 5. Esse sistema de escova é muito econômico e de construção robusta, permitindo operação sem problemas também em condições adversas.

As escovas de rolo de tira são fabricadas em um núcleo tubular de aço ou aço inoxidável e como explica KOTI (2017), as escovas de tira intercambiáveis são montadas na direção axial em torno da circunferência. Este tipo de escova está disponível com eixos ou com furo para montagem no eixo e tem como principais vantagens suportar uma alta velocidade de rotação, ter fácil montagem e desmontagem e possuir muitas possibilidades de aplicação.

- Bicos de Pulverização

Um pulverizador como explica Borba et al (2004), é um instrumento usado para pulverização, reduzindo um líquido a gotículas minúsculas. Essa redução é feita através de bicos de pulverização, e como explica Teixeira (2000), os bicos fragmentam o líquido pela ação da pressão que força o líquido passar por um orifício, adquirindo velocidade e energia no difusor para subdividir-se em pequenas gotas ao sofrer o impacto com o ar. De acordo com Spray Systems (2017), os bicos de pulverização são componentes precisos designados para produzir um desempenho muito específico, conforme condições específicas.

De acordo com KOFHAX (2017), os bicos de pulverização ou bicos de aspersão industriais podem ser usados em vários seguimentos, podendo ser aplicado em torres de resfriamento, lavadores de gases e também em indústrias, sejam elas alimentícias, mecânicas e/ou químicas.

Além do material com que são produzidas, a forma do orifício de saída do líquido e das câmaras por onde o líquido passa antes dele produzem, segundo Teixeira (2000). um perfil de distribuição característico, apropriado a determinadas formas de aplicação. As formas geradas pela distribuição das gotículas, como explica Spray Systems (2017), podem ser divididas em cone oco, cone cheio, jato leque e jato sólido.

2.2.3 CAD

No desenvolvimento de um projeto de produto requer diversas ferramentas, tanto para obtenção de informações como para desenvolvimento da solução. O CAD, do inglês "*Computer Aided Design*", significa desenho assistido por computador, e é uma ferramenta popular e essenciais para projetar e fabricar produtos, utilizando a ferramenta mais poderosa e eficaz para design e desenvolvimento de processos de um produto que é o computador (TORIYA e CHIYOKURA, 1991).

O design assistido por computador (CAD) é um sistema informatizado para auxiliar designers no projeto, desenvolvimento e trabalho de revisão. Os projetistas são necessários para projetar novos produtos e modificar produtos existentes conforme os requisitos. Eles muitas vezes precisam fazer projetos otimizados para reduzir os custos do produto. Além disso, a redução do tempo de design também é um requisito vital para atender ao cronograma do projeto. O CAD oferece excelentes instalações aos designers para cumprir seu objetivo. Suas muitas facilidades incluem uma excelente visualização do produto projetado para uma melhor compreensão, análise em diferentes condições de carga e geração de desenho mais rápida. (SARKAR, 2015)

O CAD permitiu o uso de computação gráfica no campo do desenho de projetos, como explica TORIYA e CHIYOKURA (1991), que mais tarde evoluiu para o desenho geométrico auxiliado por computador (CAGD), que possibilita o desenho de formas tridimensionais em computadores. Com essas tecnologias de modelagem sólida é possível representar completamente as formas tridimensionais, com formas complicadas, contendo curvas e diversas superfícies.

Uma das maiores evoluções proporcionadas pelo CAD é no design de mecanismo. Como explica Sarkar (20015), através do CAD os designers podem criar

um modelo 3D de cada um dos componentes para criar o mecanismo. Todos os mecanismos podem ser montados um por um, podendo ter distintas configurações de junção, de modo a simular a condição real.

3 METODOLOGIA

O dispositivo conceitualizado neste trabalho pode ser definido como um produto destinado a indústrias, podendo assim, seu desenvolvimento ser considerado um projeto de produto. Essa analogia permitiu adaptar a metodologia deste tipo de projeto ao desenvolvimento do conceito e deste trabalho.

Com a finalidade de selecionar a melhor abordagem metodológica, buscou-se identificar os principais métodos existentes na área de limpeza mecânica e de remoção de óleos de chapas metálicas a fim de selecionar o que mais se assemelha ao projeto.

Analisando as características dos métodos de limpeza existentes e analisando as literaturas sobre projetos de produto, a metodologia escolhida foi a metodologia de projeto de produto de Reis (2003), que permite desenvolver um conceito de produto a partir de um problema identificado, porém a metodologia foi adaptada ao projeto, sendo os passos seguidos para o desenvolvimento apresentados ao longo deste capítulo.

3.1 PROJETO DE PRODUTO

Para este trabalho as atividades do projeto de produto foram divididas em 3 fases, seguindo a abordagem adotada por Reis (2003), derivada do método de Pahl e Beitz (1996).

A primeira etapa desenvolvida foi o Projeto informacional, nesta etapa foram identificados qual o real problema a ser solucionado e quais as necessidades e desejos dos clientes do dispositivo (consumidores, usuários...), a fim de estabelecer as especificações do projeto. Para isso, inicialmente foi realizada uma pesquisa sobre as características de utilização esperadas para o dispositivo, por meio da interação com os possíveis usuários. Após, foram realizadas pesquisas por produtos similares disponíveis no mercado e patentes existentes, também foram realizadas entrevistas com especialistas de processos de limpeza e processo de remoção de óxido e rebarbação.

Todas as atividades realizadas na primeira etapa e descritas acima possibilitaram o levantamento de uma lista de requisitos e especificações necessárias ao projeto, ao qual serviram de base para o desenvolvimento da etapa seguinte, o projeto conceitual.

O desenvolvimento do projeto conceitual foi a segunda fase do desenvolvimento do trabalho, nesta etapa foi gerada a concepção de produto a partir da necessidade detectada na fase de projeto informacional. O desenvolvimento do projeto conceitual do dispositivo foi realizado visando permitir que o produto resultante atenda da melhor maneira possível a necessidade detectada. Para isso foi desenvolvido um conjunto de princípios funcionais para o produto como um todo e que fosse diferenciado dentre os produtos semelhantes já existentes.

A terceira e última fase realizada foi a de projeto detalhado, onde, com base nos conceitos selecionados na fase anterior, foi projetado o conjunto completo com todos os componentes finais que compuseram o dispositivo. Essa projeção final foi desenvolvida utilizando os métodos e soluções de limpeza e movimentação da fase de projeto conceitual para tornar o produto funcional, sendo por fim determinando as disposições, formas, dimensões e tolerâncias de todos os componentes. Esta etapa foi finalizada com o desenvolvimento do modelo virtual em CAD, ao qual utilizou-se para gerar a documentação do projeto, como conjunto de desenhos técnicos e especificações que possibilitem sua produção e logística e também sua manutenção.

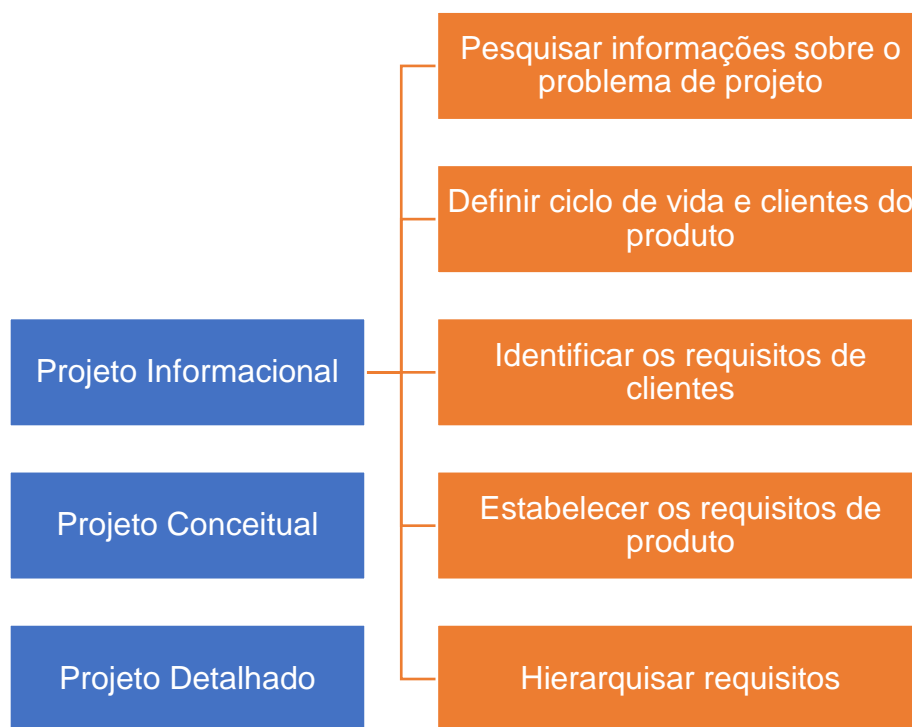
As fases acima resumidas descrevem os passos do desenvolvimento deste projeto para que ele atenda as expectativas e requisitos dos possíveis clientes e também para que atenda os objetivos deste trabalho. Cada fase desenvolvida possui grande importância no projeto e os passos para suas realizações são descritos detalhadamente abaixo.

3.1.1 Projeto Informacional

Como ponto inicial, foi desenvolvido o Projeto informacional com o objetivo de propiciar o entendimento e interpretação do problema para o qual o produto pretende solucionar. Para desenvolver um conjunto de dados sobre a necessidade do produto com a maior riqueza de detalhes possível a partir das informações levantadas por planejamento e outras fontes, o projeto informacional foi dividido em etapas.

A Figura 6 apresenta um diagrama das etapas seguidas para o desenvolvimento do projeto informacional, adaptado de Forcellini (2002). Dessa forma foi possível atuar de forma lógica para definir as especificações adequada aos objetivos do projeto.

Figura 6 - Etapas do Projeto Informacional.



Fonte: Adaptado de Forcellini (2002).

3.1.1.1 *Pesquisar informações sobre o problema do projeto*

A primeira etapa realizada no projeto informacional foi o estudo do problema abordado pelo projeto, onde foram coletadas e analisadas as informações com objetivo de complementar as informações do problema para permitir seu completo entendimento.

Essa coleta e análise consistiu na familiarização com o problema através do levantamento das informações mínimas por meio de pesquisas técnicas apoiadas na bibliografia disponível, análise de produtos semelhantes e também através de diálogos com profissionais da área.

3.1.1.2 Definir ciclo de vida e clientes do produto

A etapa seguinte após a compreensão do problema, foi o mapeamento do ciclo de vida do produto a ser desenvolvido, onde foram considerados como fontes de pesquisa para o ciclo de vida do produto projetado, o ciclo de vida de produtos semelhantes.

O modelo de ciclo de vida foi desenvolvido para fornecer uma descrição da história do produto, descrevendo o estágio pelos quais o produto passa, até o final, momento em que acaba o suporte de pós-vendas ao produto.

Para isso foram identificados os clientes (pessoas ou organizações) envolvidos com o produto e o projeto em cada fase do ciclo de vida, classificados em três tipos diferentes: clientes externos, clientes intermediários e clientes internos. Assim, com o conhecimento do problema e dos clientes envolvidos, foi possível obter os desejos de cada cliente que interagem de alguma forma com o produto.

Para os clientes externos, buscou-se identificar as pessoas ou organizações que irão usar ou consumir o produto, os quais foram tratados com a máxima prioridade, pois o produto deveria atender as necessidades e os requisitos destes clientes, já que sem eles o projeto resultaria num fracasso em termos de vendas.

Para os clientes intermediários, buscou-se identificar os responsáveis pela distribuição, vendas e marketing do produto e seus desejos foram analisados para permitir um maior sucesso na venda do produto.

Para os clientes internos, buscou-se identificar os fabricantes e pessoas com envolvimento no projeto e na produção do produto.

A partir do estabelecimento do ciclo de vida e dos clientes em cada fase deste ciclo, identificou-se todas as partes interessadas no projeto possibilitando realizar o levantamento das necessidades de cada um destes clientes.

3.1.1.3 Identificar as necessidades dos clientes do projeto

Nesta etapa foram levantadas as necessidades dos clientes de cada fase do ciclo de vida por meio de pesquisa bibliográfica, análise de soluções similares,

consulta a profissionais da área e aplicando o questionário (Apêndice A) para identificar os desejos de todos os clientes em relação às características produto.

Em foi realizado um processo de classificação das respostas obtidas que representam as necessidades, fazendo sua classificação, ordenação e agrupamento nas fases do ciclo de vida do produto.

3.1.1.4 Estabelecer os requisitos dos clientes

Após realizar a classificação e agrupamento os dados dos questionários, as necessidades e desejos dos clientes foram reescritos e convertidas em requisitos com o objetivo de obter um refinamento sob o ponto de vista técnico das necessidades dos clientes.

A análise e adaptação dessas informações permitiu que as necessidades, expressas inicialmente de forma subjetiva, fossem utilizadas no projeto com aspectos mais técnicos.

3.1.1.5 Estabelecer os requisitos de produto

Com a obtenção dos requisitos do cliente foi possível dar entendimento as necessidades do ponto de vista de projeto. Com os requisitos de cliente foi realizada a conversão destes parâmetros mensuráveis para características definitivas do produto, na forma de atributos do produto que puderam ser manipulados para satisfazer os requisitos dos clientes.

Para auxiliar nessa etapa e para que nenhum parâmetro ou informação importante fosse desconsiderado, utilizou-se as seguintes perguntas para análise.

- 1) O que o produto deve realizar em termos de características de desempenho funcional e operacional (faixa de operação, capacidade, fluxo, potência, consumo, etc.)?
- 2) Qual é a vida útil esperada para o produto?
- 3) Como o produto será usado em termos de horas de operação por dia, número de ciclos por mês, etc.?
- 4) Como o produto será distribuído?

- 5) Quais as características relativas à eficiência que o produto deverá exibir? Custo, disponibilidade, confiabilidade, manutenibilidade, etc.?
- 6) Quais as características relacionadas ao meio ambiente que o produto deverá possuir (temperatura, umidade, vibrações, etc.)? Em que ambiente o produto deverá operar? Como o produto será transportado, armazenado e manipulado?
- 7) Como será o descarte do produto? O produto ou partes dele poderão ser reciclados? quais os efeitos sobre o meio ambiente?

Estes atributos do produto foram classificados em duas grandes famílias, atributos gerais e específicos. Sendo os atributos gerais subdivididos em básicos e de ciclo de vida e os atributos específicos, que abordam requisitos técnicos, divididos em atributos materiais, energéticos e de controle.

3.1.1.6 Hierarquizar os requisitos do projeto

Após a realização da conversão e a análise da correlação entre os requisitos dos clientes e os requisitos de produto foi feita uma avaliação destes requisitos com base na intensidade que o requisito do produto contribui para o requisito do cliente.

Para isso a primeira tarefa realizada foi a valoração dos requisitos de clientes, de uma forma sistemática, para que dependessem menos da opinião pessoal do autor do projeto. O método sistemático utilizada para análise foi o diagrama Mudge, onde a valoração foi feita pela comparação entre os requisitos aos pares. Sendo levado em consideração qual requisito é mais importante para o sucesso do produto e quanto mais importante é esse requisito comparado ao outro.

A segunda etapa correlacionou as necessidades dos clientes e os requisitos do projeto e permitiu transformar as necessidades em características mensuráveis e identificar conflitos entre os requisitos, que incorporadas no projeto permitem estabelecer as especificações do produto. Para isso foi utilizada a matriz da qualidade ou primeira matriz do QFD (*“Quality Function Deployment”* – Desdobramento da função qualidade).

Para facilitar a aplicação dos requisitos dos clientes a matriz QFD, os valores resultantes do diagrama de Mudge foram indexados através de uma escala de um a

dez (VC), permitindo o agrupamento mais uniforme dos itens de acordo com sua relevância

Com os requisitos de cliente hierarquizados, foram estabelecidos os graus de relacionamento entre os requisitos dos clientes e os requisitos do projeto pela matriz QFD. No telhado da matriz QFD foi realizado o correlacionamento entre os requisitos do projeto e identificado qual o efeito da sua aplicação no projeto em relação cada um dos outros requisitos de projeto.

Para especificar os requisitos de projeto de forma mais detalhada, foram atribuídos os valores meta de cada requisito, também foram definidas as formas de avaliação do atendimento ou não da meta e foram definidos quais aspectos são indesejados sobre aquele requisito quando realizado a sua implementação.

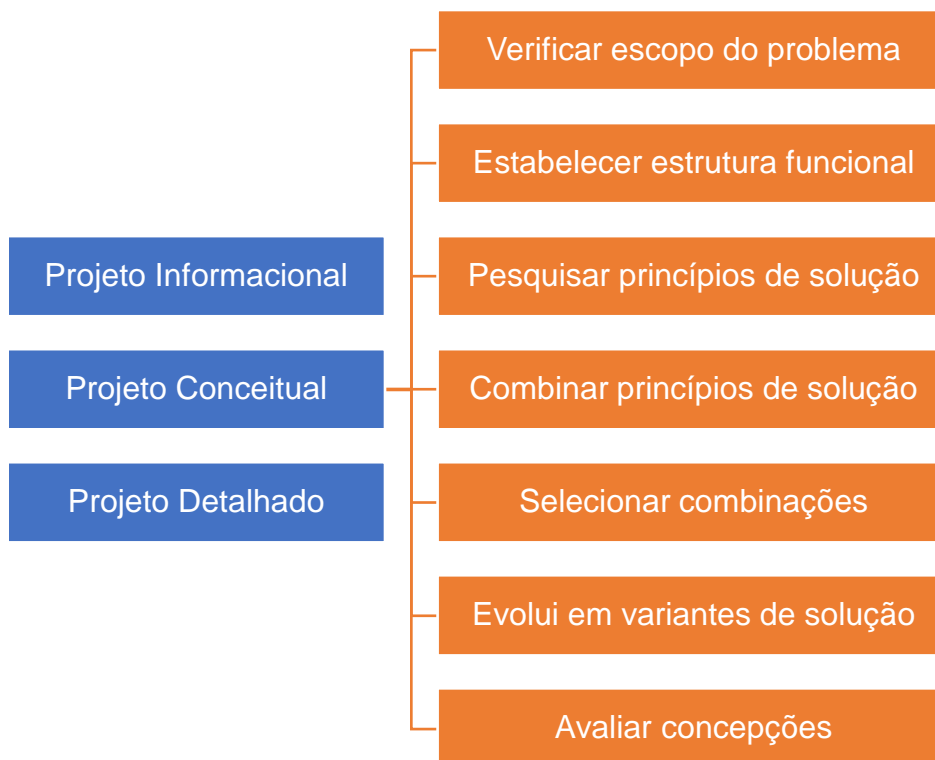
Após a hierarquização feita na etapa anterior, a próxima etapa consiste na aplicação do quadro de especificações, onde cada um dos requisitos do projeto é associado a mais três informações, são elas: valor meta; forma de avaliação e aspectos indesejados, as quais foram classificadas de acordo com grau de importância apresentado no comparativo.

3.1.2 Projeto Conceitual

A etapa seguinte ao projeto informacional realizada foi o projeto conceitual, no qual foi, a partir de uma necessidade detectada e esclarecida, gerada uma concepção para o dispositivo, de forma a atender da melhor maneira as necessidades identificadas, considerando limitações de recursos e as restrições de projeto. O modelo de produto obtido ao final dessa fase foi a concepção do produto em sua forma quase final, sendo assim a solução fundamental que desempenha a função global desejada.

Adaptado de Reis (2000) e Forcellini (2002), a metodologia adotada para o projeto conceitual deste trabalho foi dividida em etapas. A sequência de etapas adotada é demonstrada na Figura 7.

Figura 7 - Etapas do Projeto Conceitual



Fonte: Adaptado de Reis (2000) e Forcellini (2002).

3.1.2.1 Verificar o escopo do problema

Para que fosse possível desenvolver novas e melhores soluções para o problema identificado, foi necessário estudá-lo e compreendê-lo num plano abstrato, prevenindo que, ideias e vontades do projetista ou da empresa ou mesmo preconceitos e convenções, afetassem negativamente as especificações do projeto e a definição de qual a melhor solução para o problema.

Para isso, foi analisada a natureza do problema e as especificações obtidas no projeto informacional e assim foi determinada a real natureza do problema, proporcionando uma melhor compressão da tarefa de projeto, e o êxito nas etapas subsequentes do projeto conceitual.

3.1.2.2 Estabelecer a estrutura funcional

Partindo da análise do problema de forma abstrata, foi estabelecida a função global do sistema o qual foi dividida resultando na criação de estruturas de funções elementares, ou estrutura de operações básicas.

As estruturas funcionais desenvolvidas são árvores de funções, com descrição que relacionam o sistema técnico e a física do problema por meio de fluxos básicos de energia, materiais e sinais.

A função global foi estabelecida com base no fluxo de material, energia e sinal através do emprego de um diagrama, relacionando as entradas e saídas do sistema de forma independente a solução. Em seguida foram estabelecidas as estruturas funcionais alternativas, ou seja, a subdivisão da função global visando facilitar a busca por princípios de solução. Por fim foi selecionada a estrutura funcional adequada ao projeto partindo das diversas estruturas funcionais geradas.

3.1.2.3 Pesquisa por princípios de solução

Nessa etapa foi realizada a transformação do projeto abstrato ao concreto, ou seja, da função à forma. Onde para cada uma das subfunções da estrutura funcional escolhida anteriormente foi atribuído um princípio de solução.

Para que isto fosse possível, foi necessário, a partir do correto entendimento da função, a busca de um efeito físico e de um portador de efeito físico que, por meio de determinados comportamentos, realizasse o objetivo da função em questão.

Na busca de princípios de solução foram utilizados vários métodos, divididos por questões didáticas, em convencionais, intuitivos e discursivos. O Quadro 4 apresenta os principais métodos utilizados.

Quadro 4 - Métodos utilizados na busca por princípios de solução

CLASSIFICAÇÃO	MÉTODO
Convencionais	Pesquisa bibliográfica; Análise de sistemas naturais; Análise de sistemas técnicos existentes; Analogias; Medições e testes em modelos.
Intuitivos	Brainstorming; Método 635; Método Delphi; Sinergia; Analogia direta; Analogia simbólica; Combinação de métodos.
Discursivos	Estudo sistemático de sistemas técnicos; Estudo sistemático com o uso de esquemas de classificação; Uso de catalogo de projeto; TRIZ - teoria da solução de problemas inventivos; Método da matriz morfológica.

Fonte: Adaptado de Forcellini (2002).

Os princípios de solução pesquisados que atendessem a necessidade de cada sistema, foram dispostos em uma matriz morfológica, onde as funções necessárias foram listadas e juntamente com às possíveis alternativas de soluções para que elas sejam atendidas. Buscou-se listar o maior número possível de soluções técnicas que atendessem as funções estruturais e global.

3.1.2.4 Combinar princípios de solução

Com os princípios de solução para cada uma das funções elementares pesquisados, foram então estabelecidas as combinações entre os princípios de solução de cada elemento para gerar concepções de solução, levando em consideração a aplicabilidade da solução de acordo com os requisitos anteriormente levantados, visando criar combinações dos princípios de solução que atendessem a função global do sistema.

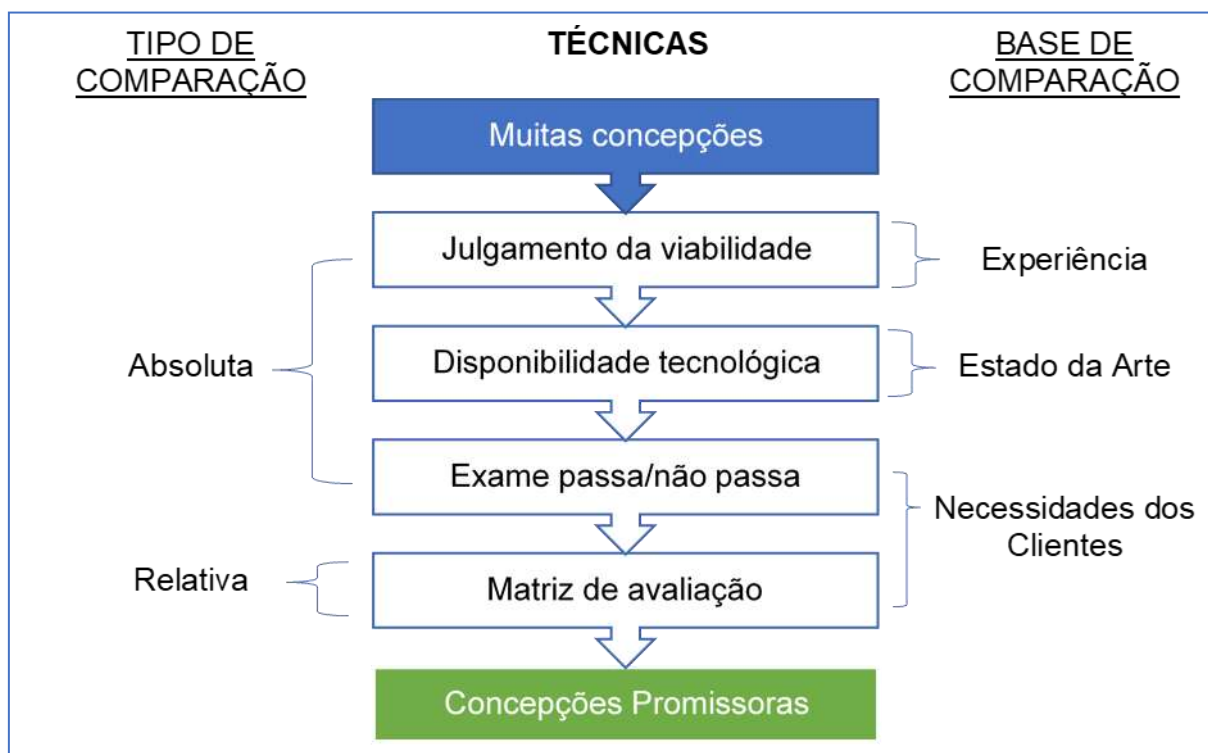
Para permitir uma metodologia visual fácil e efetiva, foi empregado o processo de matriz morfológica, gerando alternativas de concepções para a estrutura funcional do equipamento.

3.1.2.5 Selecionar combinações

Para minimizar riscos de eliminar uma solução promissora foram empregados métodos sistemáticos de seleção de princípios de solução que se adequassem à pequena quantidade de informações disponíveis nesta etapa.

Para uma seleção mais concisa, foi utilizado o processo descrito por Forcellini (2002) que utiliza quatro técnicas diferentes para reduzir as diversas combinações geradas para poucas, mas promissoras combinações. A Figura 8 mostra a sequência de uso dessas técnicas.

Figura 8 - Técnicas de avaliação de conceitos



Fonte: Adaptado de Forcellini (2002).

Para a escolha, dentre as concepções geradas pelas atividades anteriores, da melhor alternativa de conceito, o qual será transformado em produto final foi necessário além dos métodos anteriores o uso da matriz de decisão, que utiliza critérios de avaliação para avaliar a concepção sendo adotado como critérios de decisão as especificações ou os requisitos dos clientes.

3.1.3 Projeto Detalhado

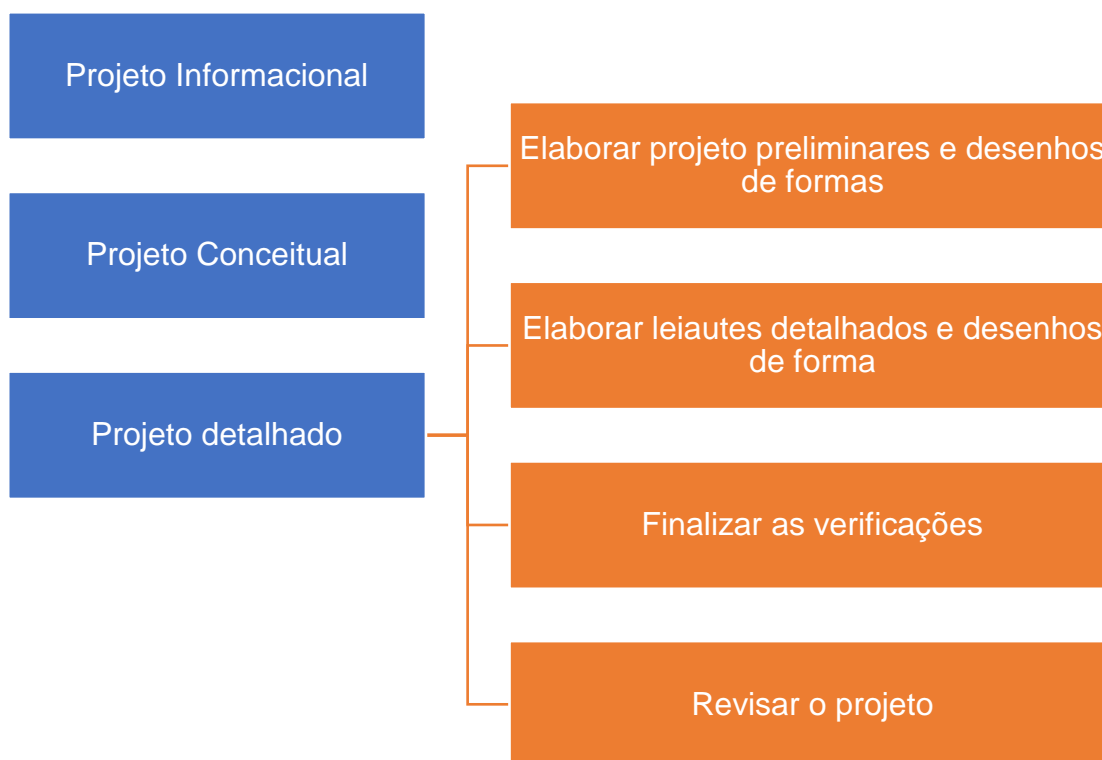
No projeto detalhado, partindo da concepção do produto, foi desenvolvido o design do arranjo, formas, dimensões e propriedades de superfície de todas as partes individuais de acordo com critérios técnicos e econômicos, de forma que o projeto detalhado resultante pudesse ser encaminhado à produção.

Nessa fase do projeto o modelo do produto evoluiu da concepção ao leiaute definitivo do produto. O projeto detalhado foi concluído quando possibilitou uma verificação clara da função, durabilidade, produção, montagem, operação e dos custos.

O nível de detalhamento alcançado nessa etapa incluiu: Estabelecimento do leiaute definitivo (arranjo geral e compatibilidade espacial); Projeto preliminar das formas (formato de componentes e materiais) e Estabelecimento de soluções para qualquer função auxiliar.

Considerando que este projeto não abrangeu o desenvolvimento dos processos de fabricação, testes, homologação, ou outros processos pós concepção do modelo em CAD, as atividades realizadas nesta fase foram adaptadas da metodologia de Forcellini (2002) para compreender apenas as fases de projeto, as etapas seguidas podem ser visualizadas na Figura 9.

Figura 9 - Etapas da fase de Projeto Detalhado



Fonte: Adaptado de Forcellini (2002).

3.1.3.1 *Elaborar leiautes preliminares e desenhos de formas*

Para realização desta etapa da metodologia foram realizadas 4 atividades:

Identificação de requisitos determinantes de disposição (direção de fluxo, movimentação, posição, etc.) e de material (resistência a corrosão, vida útil, material normatizado etc.), tendo como ponto de partida as especificações do projeto.

Produção de desenhos em escala, levando em consideração as restrições de tamanho, forma e disposição requeridos. Devem ser demonstrados itens como folgas, posições de eixos e restrições de instalação.

Identificação dos portadores de efeito físico determinantes, que são os elementos que exercem as funções principais do sistema técnico. Identificando as funções ou princípios de solução que determinam o tamanho, forma e disposição dos componentes no leiaute.

Desenvolvimento de leiautes preliminares e desenhos de forma, prosseguindo com o desenvolvimento de todas as funções relevantes até que seu desenvolvimento (dimensões máximas e mínimas, relações de transmissão, espessuras, etc.) estivessem completas.

3.1.3.2 Elaborar leiautes detalhados e desenhos de forma

A partir do leiaute preliminar foi desenvolvido nesta parte o detalhamento definitivo do funcionamento do dispositivo, bem como cálculos de transmissão e dimensionamento final

Na elaboração dos leiautes detalhados foram observadas com atenção as normas referentes à área de domínio do produto bem como as normas gerais de projeto e produção, efetuando os cálculos detalhados de parâmetros envolvidos com base sobre eles.

A primeira tarefa realizada nesta etapa foi a determinação de quais funções auxiliares são necessárias considerando a proposta de uso do produto. Para essas funções, foram utilizadas soluções já conhecidas, como peças padronizadas ou de catálogos.

A segunda e última tarefa desta etapa foi a incorporação das soluções para as funções auxiliares nos leiautes e desenhos de forma, observando a clareza, simplicidade e segurança das informações e as diretrizes de projeto.

3.1.3.3 *Verificação de erros e fatores de perturbação*

Visando otimizar e completar os desenhos de forma desenvolvido foram realizadas algumas verificações adaptadas da metodologia de Reis (2003), a qual define 3 principais tarefas, são elas:

- Aperfeiçoar e completar os desenhos de forma;
- Verificar erros e fatores de perturbação;
- Preparar lista de partes preliminares e documentos iniciais para a produção.

Para identificar e verificar os erros e fatores de perturbação que afetam o dispositivo, foi aplicada a lista de verificação proposta por Pahl & Beitz (1996). Permitindo assim, juntamente com as demais tarefas, verificar se todos os fatos de interferências ou mesmo possíveis erros de projeto foram considerados.

3.1.3.4 *Revisar o projeto*

Última etapa da metodologia adotada, nesta etapa foi verificado se todas as especificações do produto atenderam as metas e se foi possível ao dispositivo cumprir a função para a qual foi projetado e se assim o problema foi sanado, com base nas especificações do projeto.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos com a aplicação da metodologia de projeto de produto sobre o problema identificado, através do detalhamento da execução das fases na mesma ordem da metodologia, apresentando os dados e a evolução do projeto.

4.1 PROJETO INFORMACIONAL

Com o objetivo de obter resultados concisos e efetivos, nesta etapa foram levantadas informações e estabelecidas as especificações do projeto. Inicialmente, foi identificado o problema: O impedimento da execução de um processo onde peças metálicas planas, após passarem por um corte termal que gera rebarbas e óxidos de corte, necessita ser processada por um sistema de rebarbação mecânica, pois as peças possuem uma película de óleo sintético de proteção anticorrosiva temporária excessiva que nos processos de rebarbação e remoção do óxido impedem a abrasão e geram riscos de incêndio.

Após realizada pesquisa por informações técnicas apoiadas na bibliografia disponível, foram estudados produtos semelhantes. Foram identificados como as formas mais comuns de remoção atuais das indústrias os processos de pulverização manual de solvente para produção de pequenas escalas e dissolução por imersão em processo de maior escala.

Uma característica muito importante encontrada foi a de que os métodos de remoção de óleos são na sua maioria, exclusivos para óleos protetivos com película do tipo oleosa, devido ao fato da remoção de películas do tipo cerosa ser muito mais difícil. Levando em conta a características do mercado de utilização majoritária de películas oleosas obtidas através do uso de óleos sintéticos, o problema analisado foi restringido aos casos de uso de óleo protetivo sintéticos de película não cerosos.

4.1.1 Definir ciclo de vida e clientes do produto

Nesta fase foi estabelecido o ciclo de vida do produto e os clientes ao longo de cada fase do ciclo. As fases do ciclo de vida identificadas fora as de Projeto,

Produção, Venda, Operação e Manutenção No Quadro 5 são descritos os clientes identificados para as 5 fases do ciclo de vida estabelecido.

Quadro 5 - Ciclo de vida e clientes do produto

FASES DO CICLO DE VIDA	CLIENTES		
	Internos	Intermediários	Externos
Projeto	Equipe de projeto		Equipe de projeto
Fabricação	Equipe de projeto e Equipe de produção	Fornecedores	
Venda		Vendedor	
Operação			Indústria Metal Mecânica
Manutenção			Indústria Metal Mecânica

Fonte: Autor

4.1.2 Necessidades dos clientes

Após a aplicação do questionário do Apêndice A para 5 possíveis clientes de cada fase do projeto, com exceção da fase de projeto, foram obtidas as respostas que após pré-agrupadas nas fases do ciclo de vida, resultaram no conjunto de informações disposto no Quadro 6.

Quadro 6 - Necessidades dos Clientes

FASES	NECESSIDADE DOS CLIENTES
Projeto	Que seja simples
	Que remova só o excesso do óleo
	Que não utilize muita área fabril
	Que permita uma limpeza continua
	Que utilize peças de mercado fáceis de achar
Fabricação	Que seja fácil fabricar
	Que seja barato de fabricar
	Que seja rápido para instalar
Venda	Que tenham opções para diversas larguras
	Que possua peças que se compre facilmente
Operação	Que seja fácil de operar
	Que seja seguro
	Que não quebre
	Que possa ser usado em chapas de diversas espessuras

Continua

Continuação

Manutenção	Que seja fácil de consertar
	Que o conserto tenha baixo custo
	Que não apresente problemas
	Que tenha vida útil longa

Fonte: Autor

4.1.3 Requisitos do Cliente

A análise e avaliação detalhada das respostas resultou na identificação dos Requisitos do Cliente que podem ser visualizados no Quadro 7.

Quadro 7 - Requisitos dos Clientes

FASES	REQUISTOS DOS CLIENTES
Projeto	Que seja simples
	Que remova só o excesso do óleo
	Que seja compacto
	Que permita uma limpeza continua
	Que utilize peças de mercado fáceis de achar
Fabricação	Que seja fácil fabricar
	Que seja barato de fabricar
	Que seja rápido para instalar
Venda	Que possa escolher entre diversas larguras
Venda	Que possua peças que se compre facilmente
Operação	Que seja fácil de operar
	Que seja seguro
	Que não quebre
	Que possa ser usado em chapas de diversas espessuras
Manutenção	Que seja fácil de consertar
	Que o conserto tenha baixo custo
	Que não apresente problemas
	Que tenha vida útil longa

Fonte: Autor

4.1.4 Requisitos do Projeto

Com os requisitos de clientes definidos, foi realizada a definição dos requisitos de projeto, esta conversão basicamente descreve como os requisitos dos clientes vão ser atendidos pelo projeto. Essa conversão foi realizada por meio de análise e

classificação dos 18 requisitos mencionados pelos clientes de acordo com as fases do ciclo de vida produto.

Assim foram gerados os requisitos do projeto considerados importantes para o bom desenvolvimento e receptividade do produto pelo cliente. Os requisitos de projetos obtidos podem ser visualizados e compreendidos no Quadro 8.

Quadro 8 - Requisitos do projeto

REQUISITOS DO PROJETO			
Atributos Gerais	Básicos	Funcionamento	Remover excesso de óleo superficial
		Ergonômicos	Altura do dispositivo compatível Fácil fornecimento de peças
		Econômico	Custo de fabricação Custo de operação Custo de manutenção
		Segurança	Atender as normas de segurança Isolamento das partes móveis
		Confiabilidade	Vida útil Longa Período entre manutenções
		Legal	Atender as normas aplicáveis
		De modularidade	Modulabilidade
		Do Impacto Ambiental	Captação do óleo e resíduos
Atributos Gerais	Ciclo de Vida	Fabricabilidade	Fácil Fabricação Fabricação sem máquinas especiais
		Montabilidade	Tempo de instalação final
		Coercibilidade	Largura de trabalho
		Usabilidade	Fácil Operação Fácil Regulagem
		Manentabilidade	Manutenção simples
Atributos Específicos	Materiais	Geométricos	Dimensões Limitadas Peças sofisticadas padronizadas Espessura regulável Elementos de fixação padronizados
		Material	Material padronizado Resistência a corrosão
		Cinemática	Velocidade de avanço adaptável
		Tipo de Energia	Possível de instalação na rede local
		Fluxo	Fluxo do processo em sentido único
	Controle	Controle	Número de controles

Fonte: Autor

4.1.5 Hierarquização dos requisitos

Os valores de importância dos requisitos e as comparações realizadas através do diagrama de Mudge estão descritos na Figura 10. O Quadro 9 apresenta a valoração dos requisitos dos clientes após o diagrama de Mudge.

Figura 10 - Diagrama de Mudge

Número do Requisitos	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Soma	%	VC
1	2A	3B	4A	5A	6C	7B	8C	1C	10C	11C	12A	1C	14B	1C	16B	17C	1C	4	1%	1
	2	2B	2A	2C	2A	2B	2A	2B	2B	2C	12C	2C	2C	2B	2B	2B	2C	46	15%	9
		3	4C	5C	3B	3C	3C	3B	10C	11C	12B	13C	14C	3C	16C	3C	18B	13	4%	3
			4	4B	4B	4A	4B	4B	4B	4C	12C	4C	14C	4B	4C	4C	18C	33	10%	6
				5	5C	7C	8C	5C	10C	11B	12A	5B	14B	15C	16B	5C	5C	13	4%	3
					6	7C	8B	9B	10C	11B	12A	13C	14C	15C	16C	6C	18C	2	1%	1
						7	7B	7C	7C	11B	12C	7B	14C	15C	7C	7B	18C	17	5%	3
							8	8C	10C	11B	12A	13B	14A	15C	16C	17B	18B	6	2%	2
								9	10C	11A	12A	13B	14B	15C	16C	17B	18C	3	1%	1
									10	11C	12B	13C	14B	15C	16C	17C	18B	6	2%	2
										11	12C	11C	14C	11B	11C	11C	11C	27	9%	5
											12	12A	12B	12B	12B	12A	12B	57	18%	10
												13	14C	13C	13C	13C	18C	12	4%	3
													14	14B	14C	14C	14C	29	9%	6
														15	16C	15C	18B	7	2%	2
															16	16C	18C	13	4%	3
																17	18C	8	3%	2
																	18	19	6%	4
																		Total:	315	100%

Letra	Valor	Significado
A	5	Muito mais importante
B	3	Medianamente mais importante
C	1	Pouco mais importante

Fonte: Autor

Quadro 9 - Indexação (VC) dos requisitos

VC	Requisito
10	Que seja seguro
9	Que remova só o excesso do óleo
6	Que permita uma limpeza continua
6	Que possa ser usado em chapas de diversas espessuras
5	Que seja fácil de operar
4	Que tenha vida útil longa
3	Que seja compacto
3	Que utilize peças de mercado fáceis de achar
3	Que seja barato de fabricar
3	Que não quebre
3	Que o conserto tenha baixo custo
2	Que seja rápido para instalar
2	Que possua peças que se compre facilmente
2	Que seja fácil de consertar
2	Que não apresente problemas

Continua

Continuação

1	Que seja simples
1	Que seja fácil fabricar
1	Que possa escolher entre diversas larguras

Fonte: Autor

Com os requisitos de cliente hierarquizados, foram estabelecidos os graus de relacionamento entre os requisitos dos clientes e os requisitos do projeto, através da aplicação da ferramenta da Casa Qualidade ou QFD. No telhado da matriz QFD foi realizado o correlacionamento entre os requisitos do projeto e identificado qual o efeito da sua aplicação no projeto em relação cada um dos outros requisitos de projeto. O resultado pode ser visto no Apêndice B.

O Quadro 10 apresenta as de meta, forma de avaliação e aspectos indesejados classificadas de acordo com grau de importância apresentado no comparativo feito através do diagrama QFD.

Quadro 10 - Especificações do projeto

Requisito		Valor meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
1	Espessura regulável	0 até 90mm	Análise do Projeto	Não processamento das espessuras requeridas
2	Fácil Regulagem	100%	Análise do Projeto	Problemas de Regulagem
3	Manutenção simples	< 3h	Cronometragem	Difícil manutenção
4	Remover excesso de óleo superficial	90%	Testes com protótipo	Permanência excessiva de óleo
5	Velocidade de avanço adaptável	1 a 16 m/min	Análise do Projeto	Avanço Incompatível
6	Atender as normas aplicáveis	100%	Análise do Projeto	Excesso de precaução
7	Atender as normas de segurança	100%	Análise do Projeto	Excesso de proteção
8	Isolamento das partes móveis	100%	Análise do Projeto	Risco de Acidentes
9	Elementos de fixação padronizados	90%	Análise do Projeto	Dificuldade de Instalação
10	Altura do dispositivo compatível	750 a 900 mm	Análise do Projeto	Impossibilidade de instalação
11	Captação do óleo e resíduos	100%	Análise do Projeto	Risco ao meio ambiente
12	Fácil Operação	100%	Análise do Projeto	Dificuldade em operar
13	Permitir implantação em diferentes equipamentos	≤ 1300 mm	Análise do Projeto	Conceito não permite uso com menores larguras de trabalho

Continua

Continuação

14	Vida útil Longa	> 9 anos	Cronometragem	Baixa vida útil
15	Resistência a corrosão	100%	Análise do Projeto	Presença de Corrosão
16	Fluxo do processo em sentido único	Linear	Análise do Projeto	Processo sem sequência definida
17	Material padronizado	90%	Análise do Projeto	Aumento de custos
18	Fácil fornecimento de peças	1 m (Alimentação)	Análise do Projeto	Dificuldade em alimentar o dispositivo
19	Peças sofisticadas padronizadas	100%	Contagem	Aumento de Custos
20	Período entre manutenções	> 3 meses	Cronometragem	Curto intervalo de manutenção
21	Largura de trabalho	1300 mm	Análise do Projeto	Largura de Trabalho Incompatível
22	Possível de instalação na rede local	380V	Testes	Rede local incompatível
23	Número de controles	3	Contagem	Aumento da complexidade
24	Custo de manutenção	< 500 R\$/mês	Teste	Alto custo de manutenção
25	Custo de fabricação	< R\$ 20.000,00	Somas custos Operação	Elevado custo de fabricação
26	Dimensões Limitadas	2m x 2,5m	Análise do Projeto	Dimensões Excedidas
27	Fácil Fabricação	4 processos	Análise de Fabricação	Excessivo número de processos
28	Fabricação sem máquinas especiais	100%	Contagem	Uso de máquinas sofisticadas
29	Tempo de instalação final	< 5 Hrs	Cronometram	Interrupção do Processo Industrial
30	Custo de operação	< R\$ 15,00 /h	Soma dos custos de operação	Elevado custo de operação

Fonte: Autor

4.2 PROJETO CONCEITUAL

A seguir são apresentadas, em etapas como os resultados da concepção inicial do produto.

4.2.1 Verificação do escopo do problema

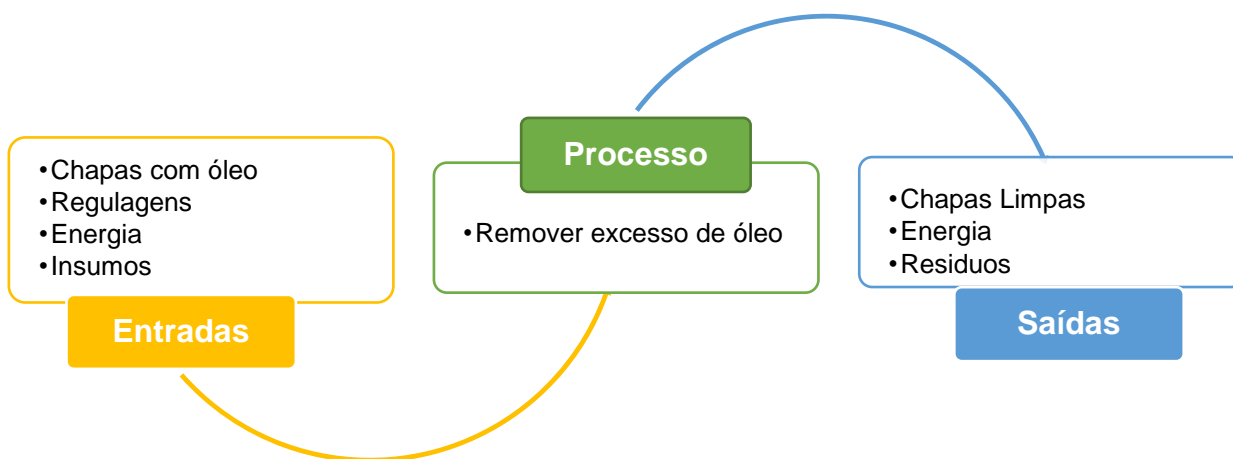
Analisando as especificações obtidas no projeto informacional foi determinado que o problema consiste em retirar o excesso de óleo de chapas metálicas de diversas espessuras sem danificar sua superfície sem trabalho manual, com baixo uso de área fabril e que seja adaptável ao processo de decapagem e rebarbação, ou seja, um processo que funcione continuamente.

Comparando as especificações ao problema concluiu-se que elas estão diretamente relacionadas, o que demonstrou que o escopo do projeto permite a solução do problema e também suprir as expectativas dos clientes.

4.2.2 Estrutura funcional

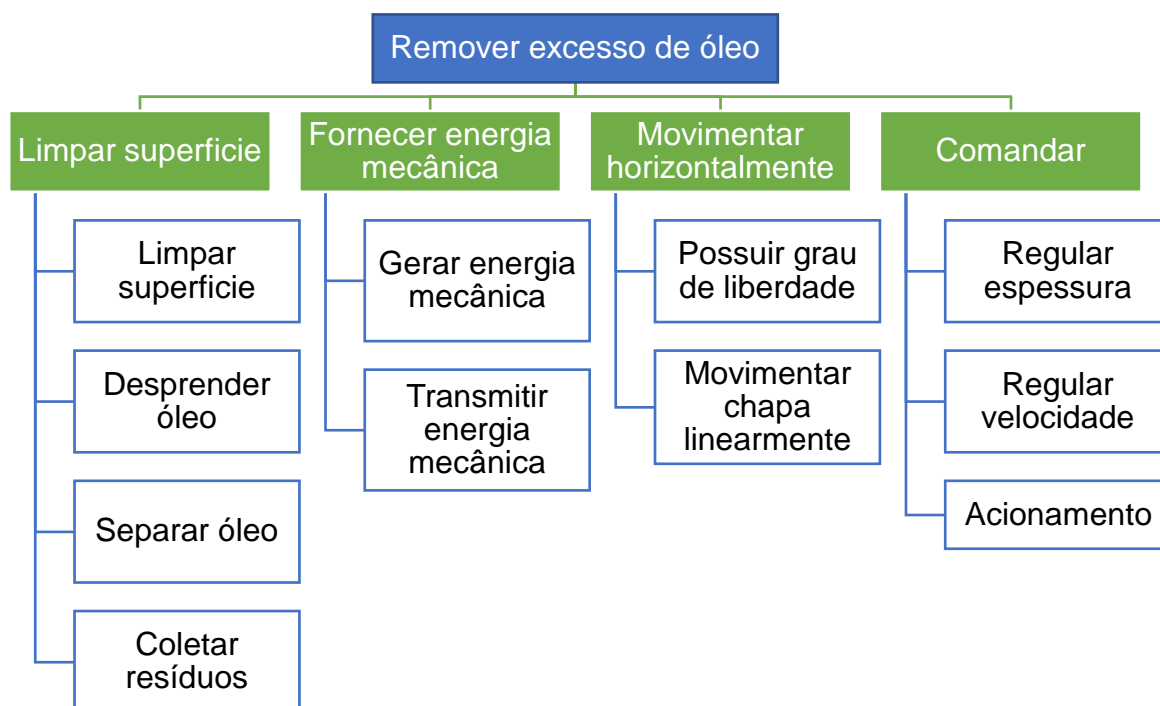
A função global do sistema resultado da análise do fluxo de energia, material e sinais envolvidos na ação de remover o excesso de óleo e as entradas e saídas deste fluxo que permitem realizar o processo está disposta na Figura 11.

Figura 11 - Função Global



Sobre a função global foi realizada a análise dos mecanismos que de alguma forma se atuam sobre a execução da função principal, resultando assim na subdivisão da função global em funções parciais para facilitar a busca por princípios de solução. Na Figura 12 é apresentada a estrutura resultante desta análise.

Figura 12 - Desdobramento da função global



Fonte: Autor

4.2.3 Princípios de solução

A matriz morfológica desenvolvida com os princípios de soluções identificados para cada função está disposta no Quadro 11.

Quadro 11 - Princípios de solução.

FUNÇÃO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO		
Limpar a superfície	 Escova Cilíndrica	 Faca de Ar	 Escova tipo flange
Desprender o óleo	 Pulverização com Solvente	 Tanque com Solvente	

Continua

Continuação

Separar o óleo	 <p>Escova cilíndrica com enxague pulverizado</p>	 <p>Escova tipo flange com enxague pulverizado</p>	 <p>Pulverização de Alta Pressão</p>
Coletar resíduos	 <p>Face de Ar</p>	 <p>Escova Cilíndrica de Cerdas Bi-Helicoidais</p>	
Gerar energia mecânica	 <p>Unidade Motora Hidráulica</p>	 <p>Unidade Motora Elétrica Trifásica</p>	
Transmitir energia mecânica	 <p>Conjunto de Engrenagens</p>	 <p>Corrente de Transmissão</p>	 <p>Correia Dentada</p>
Movimentar chapa linearmente	 <p>Roletes Tracionados</p>	 <p>Esteira de Transporte</p>	
Regular espessura	 <p>Posicionador manual</p>	 <p>Cilindro Hidráulico</p>	 <p>Regulagem Motorizada</p>
Regular velocidade	 <p>Caixa de Engrenagens</p>	 <p>Variador de velocidade</p>	

Continua

Continuação

Acionamento	 <p data-bbox="523 472 745 497">Botãoeira Completa</p>	 <p data-bbox="847 472 1074 497">Botão Liga/Desliga</p>	
--------------------	---	---	--

Fonte: Autor

Com o desenvolvimento da matriz morfológica, foram obtidas 24 alternativas de solução. Todas as alternativas serviram de base para o desenvolvimento de concepções alternativas e definir a melhor forma para desenvolver o produto.

4.2.4 Combinar princípios de solução

Como resultado do processo de matriz morfológica de combinação de princípios, foram geradas quatro concepções alternativas que compõem a estrutura funcional do equipamento, e podem ser vistas no Quadro 12.

Quadro 12 - Combinações de princípios de solução

FUNÇÃO	CONCEPÇÃO 1	CONCEPÇÃO 2	CONCEPÇÃO 3	CONCEPÇÃO 4
Limpar a superfície	Escova Cilíndrica	Escova Cilíndrica	Escova Cilíndrica	Faca de Ar
Desprender o óleo	Pulverização com Solvente	Pulverização com Solvente	Pulverização com Solvente	Tanque com Solvente
Separar o óleo	Escova cilíndrica com enxague pulverizado	Escova cilíndrica com enxague pulverizado	Escova tipo flange com enxague pulverizado	Pulverização de Alta Pressão
Coletar resíduos	Face de Ar	Escova Cilíndrica de Cerdas Bi-Helicoidais	Escova Cilíndrica de Cerdas Bi-Helicoidais	Face de Ar
Gerar energia mecânica	Unidade Motora Elétrica Trifásica	Unidade Motora Elétrica Trifásica	Unidade Motora Elétrica Trifásica	Unidade Motora Hidráulica
Transmitir energia mecânica	Corrente de Engrenagens	Corrente de Transmissão	Correia Dentada	Corrente de Transmissão
Movimentar chapa linearmente	Roletes Tracionados	Roletes Tracionados	Esteira de Transporte	Esteira de Transporte
Regular espessura	Posicionador manual	Posicionador manual	Regulagem Motorizada	Cilindro Hidráulico
Regular velocidade	Variador de velocidade	Variador de velocidade	Variador de velocidade	Caixa de Engrenagens
Acionamento	Botãoeira Completa	Botãoeira Completa	Botãoeira Completa	Botão Liga/Desliga

Fonte: Autor

4.2.5 Seleção da combinação

Através da análise de viabilidade e do exame passa não passa foi descartada a concepção 4 pois o uso de tanque não permite as características dimensionais e funcionais que o cliente deseja, além de ter alta complexidade.

Considerando que nenhuma das outras concepções se demonstrou inviável, foi definido através do método de matriz de decisão o grau de afinidade de cada concepção com os requisitos de projeto. Para isso foram atribuídas notas de 1 a 5, variando entre menor e maior afinidade, os resultados estão dispostos no Quadro 13.

O resultado da avaliação comparativa através da matriz de decisão demonstrou que a concepção dois foi a que obteve maior grau de afinidade geral com os requisitos de projeto, além de não apresentar baixa afinidade com nenhum requisito individualmente. Assim justificou-se a escolha da concepção dois para o desenvolvimento do dispositivo.

Quadro 13 - Afinidade por requisito de cliente por concepção

Concepção	Afinidade por Requisito de Cliente																		Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Concepção 1	4	4	4	5	3	3	4	3	3	4	4	5	5	4	4	4	4	4	71
Concepção 2	5	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	79
Concepção 3	3	3	4	5	4	4	3	4	4	3	5	5	5	4	3	4	3	4	70

Fonte: Autor

4.3 PROJETO DETALHADO

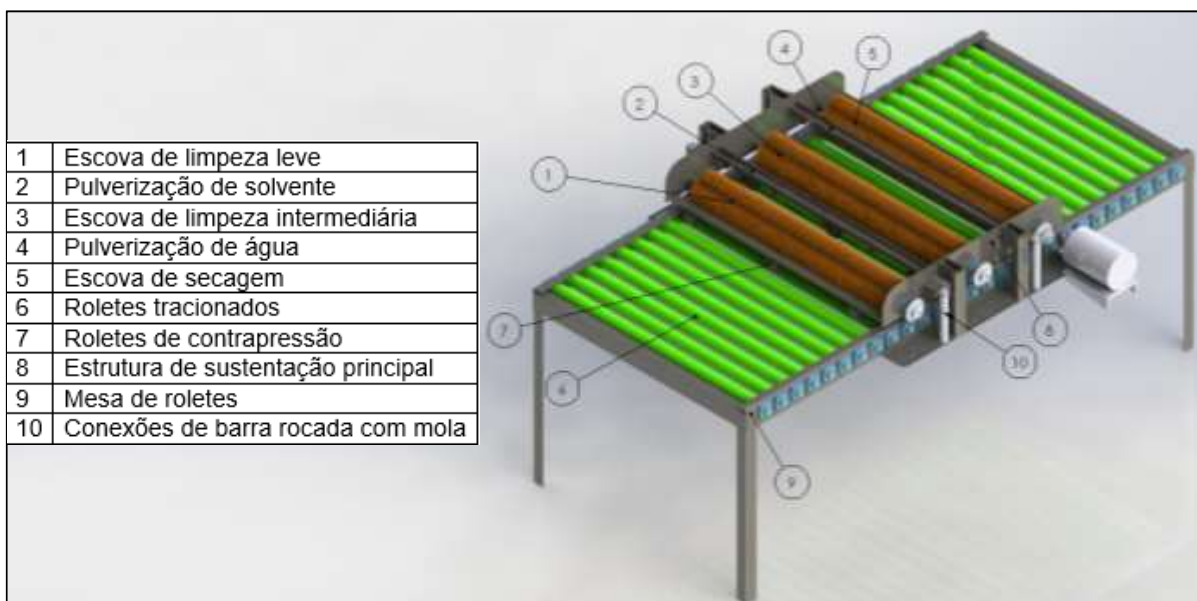
Com a escolha do conceito que se mostrou mais adequado para a solução do problema de remoção de óleo estudado na fase anterior, foi desenvolvido o projeto detalhado, com a finalidade de obter o design final com as dimensões e os materiais a serem utilizados para fabricação e como e onde devem ser fixados, com as documentações necessárias ao produto concluídas por completo. Foram utilizadas ferramentas de CAD no desenvolvimento do dispositivo, bem como na identificação de valores e especificações dimensionais de cada elemento.

4.3.1 Leiautes preliminares e desenhos de forma

A partir das especificações do projeto, identificados os fatores determinantes de tamanho, disposição e de material. Entre os fatores determinantes identificados, destacam-se a necessidade de permitir o aproveitamento total da capacidade da máquina de decapagem e rebarbação posterior ao processo de limpeza, ou seja, a projeto deve permitir o processamento de peças de até 90mm com uma largura de trabalho de 1300mm e permitir um fluxo de peças contínuo em um sentido, de modo que o dispositivo possa alimentar a esteira de processamento do processo seguinte.

Com os requisitos determinantes identificados a etapa seguinte foi a identificação dos portadores de efeito físico, basicamente divididos em 4 grupos, limpeza, movimentação, sustentação e ajustes. A partir dos fatores determinantes e dos portadores de efeito físico, foi elaborado o leiaute preliminar do dispositivo apresentado na Figura 13, com os seus principais componentes enumerados.

Figura 13 - Leiaute Preliminar



Fonte: Autor

Para o completo desenvolvimento do dispositivo foram definidas as informações e parâmetros de cada conjunto do leiaute preliminar enumerado na Figura 13. As informações e parâmetros definidos estão descritos a seguir em 4 grupos.

4.3.1.1 Limpeza

O processo de limpeza é o principal delimitador do dispositivo, sendo assim, foi a partir deste processo que todas as outras concepções de solução foram adaptadas. Considerando os elementos determinantes de espaço, fluxo e materiais, foi estabelecida o uso em conjunto de 3 escovas, sistema pulverização de solventes e água em sequência.

O fluxo de peças a serem limpas passa inicialmente por uma escova de limpeza leve (Figura 13: Item 1) para remoção de detritos, poeira e sujeiras menos aderentes. Em seguida as peças passam por um conjunto de pulverização de solvente (Figura 13: Item 2) diluído em água, para possibilitar a dissolução do óleo. Após a peça passa por outra escova de limpeza intermediária (Figura 13: Item 3) para remoção dos contaminantes mais pesados. A pulverização de água (Figura 13: Item 4) é efetuada em seguida para remover todo o óleo e solventes remanescentes. O último processo de limpeza refere-se à remoção dos líquidos remanescentes sobre a superfície das peças, que é efetuado através de uma escova de secagem (Figura 13: Item 5) de maior rotação, removendo os líquidos superficiais remanescentes e concluindo a remoção do excesso de óleo superficial.

A partir dos requisitos necessários para o desenvolvimento do dispositivo e dos elementos determinantes, as características definidas para cada elemento de limpeza estão a seguir.

Escova de limpeza leve (Figura 13: Item 1): Responsável pela remoção das sujeiras mais leves e dos detritos sobre a superfície, a escova, como todas as demais escovas do dispositivo, não deve agredir a superfície metálica, para isso, foi necessário fazer a seleção de um material não abrasivo para a limpeza. Para seleção do material das cerdas foi realizada pesquisa com fabricantes. De forma geral, as informações de aplicações das escovas rotativas encontradas podem ser vistas na Figura 14.

Considerando a aplicação como limpeza, optou-se por escovas de cerdas plásticas. Após avaliação dos materiais existentes no mercado, optou-se pela escova com cerdas de Nylon não abrasivo. Esse material é reconhecido como uma das fibras sintéticas mais resistentes e duráveis disponível no mercado.

Figura 14 - Tipos e Aplicação das Escovas

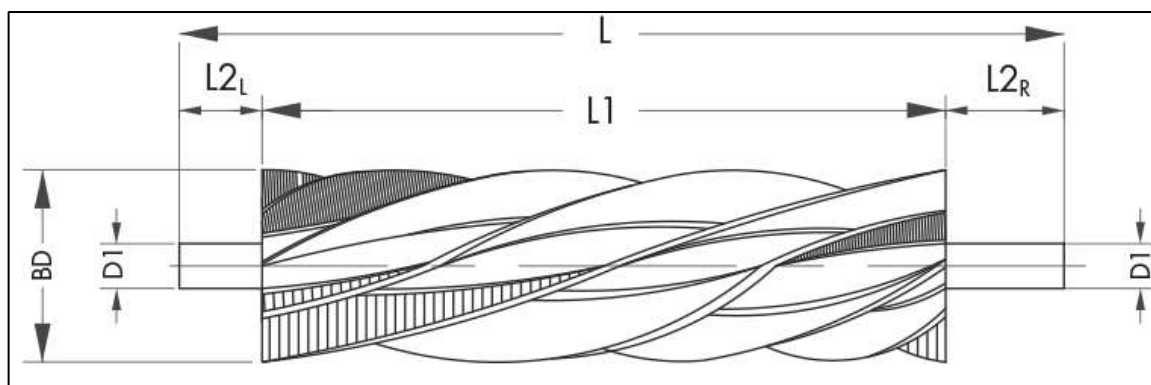
Aplicação	Velocidade periférica recomendada (m/s) para escovas cilíndricas/escovas cônicas									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Rebarbar / Quebrar arestas	[Diagram showing recommended velocity ranges for Rebarbar / Quebrar arestas with arrows indicating material types: Steel (10-20), Inconel (15-30), Brass (20-35), and Plastic/SiC (25-40)]									
Remover escória / escama de laminação	[Diagram showing recommended velocity ranges for Remover escória / escama de laminação with arrows indicating material types: Steel (25-40), Inconel (30-50), Brass (35-55), and Plastic/SiC (40-55)]									
Limpar / esfoliar superfícies	[Diagram showing recommended velocity ranges for Limpar / esfoliar superfícies with arrows indicating material types: Steel (10-20), Inconel (15-30), Brass (20-35), and Plastic/SiC (25-40)]									
Trabalhar cordões de solda	[Diagram showing recommended velocity ranges for Trabalhar cordões de solda with arrows indicating material types: Steel (25-40), Inconel (30-50), Brass (35-55), and Plastic/SiC (40-55)]									
	Arame de aço		Arame de aço INOX anti-corrosivo		Arame de latão		Plástico(SiC)			

Fonte: PFERD, 2017

Com base na Figura 14, estabeleceu-se também a velocidade periférica para esta escova. Devido à natureza da sujeira que a escova de limpeza leve se destina a remover, optou-se por uma velocidade periférica próxima a 10m/s.

Com a velocidade periférica e o tipo de material da cerda selecionado, foi selecionada o tipo de escova com a melhor disposição e fixação das cerdas para essa aplicação. Considerando as características descritas no item □, todas as escovas utilizadas são do tipo rolo de tira, que permitem a troca das cerdas com maior facilidade. Este tipo de escova possibilita uma variedade de formas de disposição, sendo optado para a escova de limpeza leve a disposição das cerdas em forma de helicóide, como mostra a Figura 15.

Figura 15 - Escova de limpeza leve helicoidal



Fonte: KOTI, 2017

Pulverização de solvente (Figura 13: Item 2): a pulverização de solventes é um passo essencial para a efetividade da remoção de óleos superficiais. O solvente é responsável por diluir o óleo e facilitar sua remoção. O solvente diluído em água deve entrar em contato com toda a superfície a qual se deseja remover o óleo, um elemento determinante para a elaboração do conjunto de pulverização foi a necessidade de um baixo consumo de água e detergente, para isso foram identificados os principais bicos de aspersão do mercado e quais as características de dissipação de gotículas.

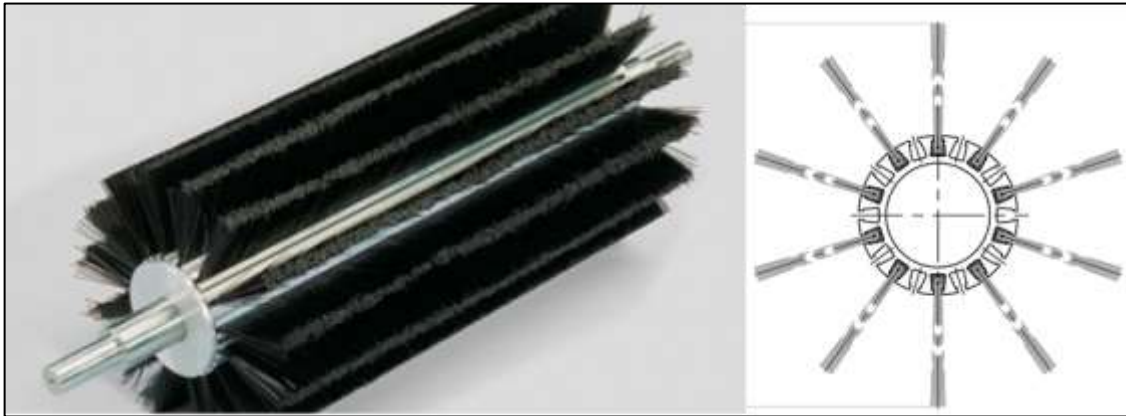
Também foi considerado as características químicas que os solventes mais utilizados em dissolução por aspersão apresentam, sendo assim, os bicos de aspersão bem como a tubulação selecionada necessitam ser de material com resistência anticorrosiva.

Através da análise dos bicos disponíveis no mercado, optou-se por o bico de pulverização de aço inoxidável, com estrutura de dissipação em formato de leque, aumentando a área abrangida longitudinalmente, com ângulo de pulverização de 110° a pressão de 3 bar. Para tubulação, considerando as características dos bicos de pulverização, optou-se por tubos e conexões de aço inoxidável de diâmetro $\frac{1}{4}$ ".

Escova de limpeza intermediária (Figura 13: Item 3): Destinada a maximizar a ação do solvente, desincrustando a sujeira mais pesada, as características necessárias para ela são muito semelhantes a escova de limpeza leve. Com a mesma velocidade periférica da escova anterior, a função da escova intermediária é o de forçar o óleo a se soltar da superfície, sem necessariamente o remover da superfície da peça. Considerando essa característica foi escolhida para a escova intermediária a disposição de cerdas em linhas retas, como mostra a Figura 16, de menor custo e complexidade.

Pulverização de água (Figura 13: Item 4): Com a finalidade de diluir por completo o óleo sobre a superfície, a pulverização com água visa alcançar a maior área possível de aspersão, porém com um volume de líquido maior do que o pulverizado pelo na fase de pulverização de solvente. Para manter a simplicidade do projeto foram selecionados os mesmos bicos e tubulações já citados anteriormente, porém foi definido que, para o leiaute final a quantidade de bicos pulverizadores teria maior número, permitindo um maior volume de água, conseqüentemente uma maior facilidade de dissolução do óleo.

Figura 16 - Escova de limpeza intermediária

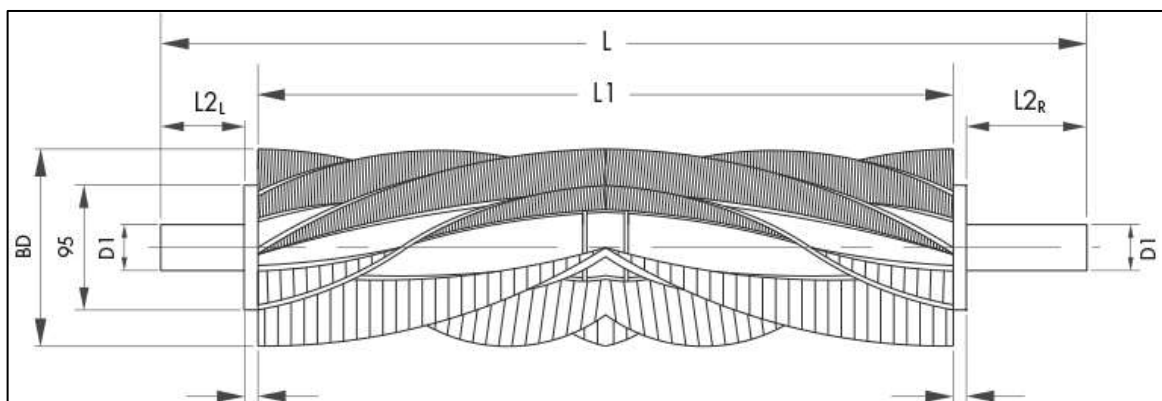


Fonte: KOTI, 2017

Escova de secagem (Figura 13: Item 5): Última etapa do processo limpeza, essa escova é responsável pela remoção da mistura água e óleo presentes na superfície da peça. Para isso foi selecionado, através de pesquisa de mercado, uma escova rotativa com as mesmas características de cerdas das 2 escovas anterior, porém com velocidade periférica de 20m/s.

Essa rotação, aliada à disposição das cerdas em formato de duplo helicóide, como mostra a Figura 17, essa disposição é usualmente utilizada em indústrias do segmento têxtil, e gera um fluxo de ar entre a peça e as cerdas da escova, que juntamente com o próprio atrito das próprias cerdas com a superfície, remove os líquidos presentes na superfície e realiza sua secagem.

Figura 17 - Escova de secagem duplo helicoidal



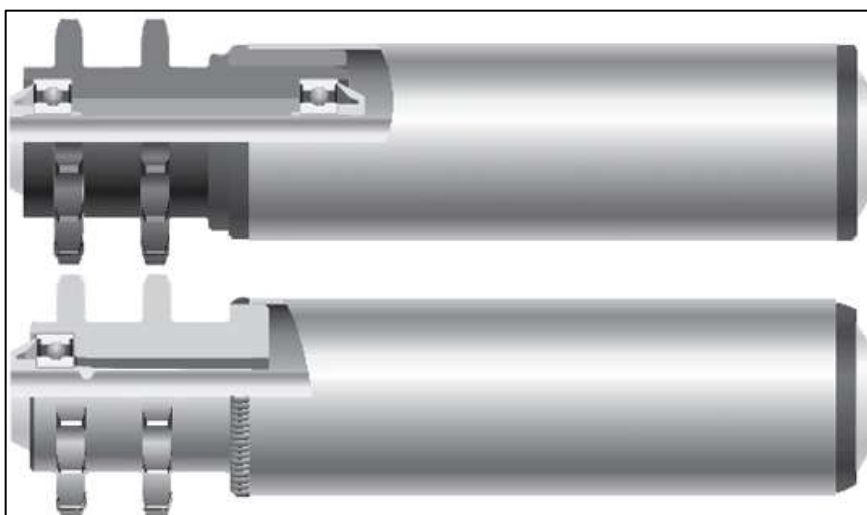
Fonte: KOTI, 2017

4.3.1.2 Movimentação

Para realizar a limpeza da superfície da peça metálica plana, é necessário que passe através do sistema de limpeza. Com isso desenvolveu-se o conceito de movimentação por roletes tracionados (Figura 13: Item 6). Essa escolha permite o escoamento dos líquidos pulverizados pelo sistema de limpeza e permite uma modularidade em casos de expansão da mesa de transporte.

Para isso foram selecionados através das características disponíveis em catálogos de roletes padrões, roletes largura útil de 1290 mm. A tração do rolete é feita por corrente, através de uma engrenagem fixada na sua extremidade como mostra a Figura 18, pela baixa carga requerida para movimentação optou-se pelo uso da engrenagem simples. Para maior aderência os roletes são revestidos de borracha.

Figura 18 - Rolete com engrenagem



Fonte: TEKROLL, 2017

Para permitir a tração sem a interferência da rotação das escovas sobre a peça, foram utilizados roletes de contrapressão (Figura 13: Item 7) na parte superior do sistema de limpeza, esses roletes de menor diâmetro ajudam a manter a peça em um movimento uniforme e também são revestidos por borracha.

4.3.1.3 Sustentação

A sustentação do sistema pode ser dividido em 2 seções, a superior, onde todo o sistema de limpeza está disposto juntamente com os roletes de contrapressão e a

seção inferior onde está o sistema de movimentação, bem como os elementos de motorização e transmissão para as escovas.

A seção superior é composta pela estrutura de sustentação principal (Figura 13: Item 8), com a função de sustentar as escovas e o conjunto de pulverização. Essa estrutura é feita de aço carbono 1020, revestido de tinta anticorrosiva.

É sobre a estrutura principal que estão fixados os roletes de contrapressão, guias e ajustes do sistema de limpeza do dispositivo. Não há implicação de esforços acentuados sobre a estrutura de forma estática, porém conforme o uso do dispositivo é possível o aparecimento de forças cinéticas devido à natureza de seu uso e desgaste. Para isso optou-se por aço com 4,25 mm de espessura em todos os componentes estruturais, padronizando e simplificando sua construção.

A seção inferior da estrutura corresponde a mesa de roles (Figura 13: Item 9) sobre a qual estão fixados todos os roletes tracionados e o motor que os traciona, bem como a estrutura de condução dos líquidos residuais. A mesa deve receber toda a carga exercida pela força peso de toda a seção superior e pelas peças a serem processadas.

A mesa desenvolvida possui ajuste de altura para possibilitar a instalação do dispositivo em equipamentos de decapagem e rebarbação de diferentes alturas. Visando a segurança a mesa também isola os componentes de transmissão dos roletes, mitigando os riscos para o operador.

Outra parte importante da mesa de roletes é a guia para encaixe com o segmento superior, que delimita o movimento do segmento superior para apenas o sentido vertical.

Seguindo o conceito de simplificar a manufatura, toda mesa utiliza aço carbono 1020, revestido de tinta anticorrosiva. Com destaque para as pernas da mesa, que possuem em sua base, barras em rosca para ajuste de altura do dispositivo.

4.3.1.4 Ajustes

Os ajustes correspondem a conexão das seções estruturais superior e inferior, são 4 conexões de barra roscadas com molas (Figura 13: Item 10), em que o operador ajusta a espessura da peça a ser processada. Para corrigir desvios de espessura do material a ser processado, o dispositivo utiliza molas de tração, que permitem que os roletes de contrapressão, ao passarem pela peça, movam a seção superior verticalmente.

As molas também visam diminuir possíveis vibrações ocasionadas pela rotação das escovas.

Além dos ajustes de espessura, fazem para deste grupo a regulagem de velocidade dos roletes tracionados, possível através de um regulador de velocidade presente entre o motor e o sistema de transmissão.

4.3.2 Leiautes detalhados e desenhos de forma

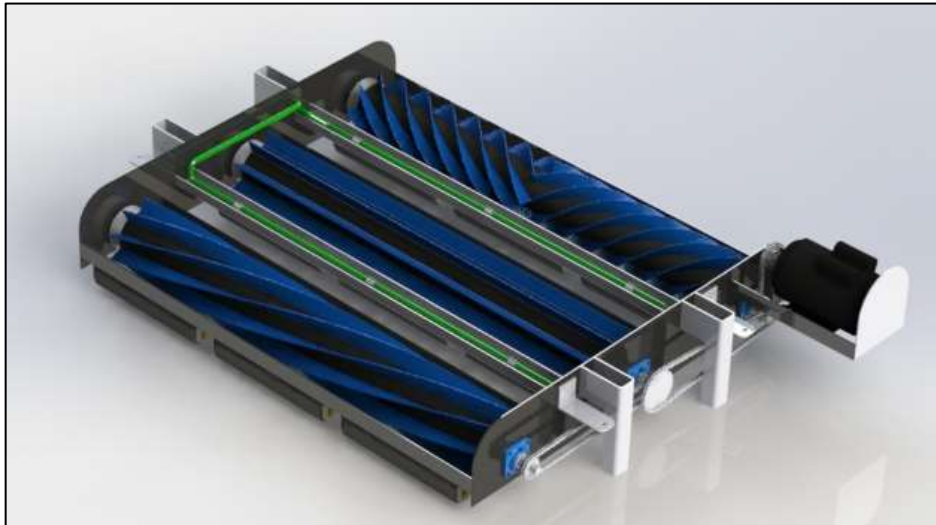
A partir do leiaute preliminar foi desenvolvido nesta parte o detalhamento definitivo do funcionamento do dispositivo, bem como cálculos de transmissão e dimensionamento final.

4.3.2.1 Seção Superior

A seção superior, como explicado no item 4.3.1.3, representa todo o mecanismo de limpeza, como mostra a Figura 19, para o leiaute detalhado foram definidas as dimensões finais, através de cálculos com base nas características dos elementos que a compõe. Visando ser o mais compacto, seguro e simples possível.

O detalhamento do leiaute definitivo de desenho e forma dos itens que compõe a seção superior e como foram desenvolvidos estão descritos a seguir.

Figura 19 - Seção Superior



Fonte: Autor

VI. Especificação das escovas

Todas as escovas utilizadas no dispositivo, como especificado no item 4.3.1.1, são compostas por cerdas de Nylon, para utilização no dispositivo optou-se para escovas com diâmetro total de 200mm.

Esse diâmetro, juntamente com a velocidade periférica requerida de cada escova, permitiu o cálculo de rotações por minuto necessário para o funcionamento do dispositivo. Para isso utilizou-se a fórmula de perímetro para calcular a frequência e conseqüentemente converter a velocidade periférica em RPM (Rotações por Minuto), considerando a velocidade de 10 m/s para as escovas de limpeza leve e intermediária e 20 m/s para a escova de limpeza e secagem, como mostrado na Equação 1, onde:

RPM = Rotações por minuto.

v = Velocidade periférica.

D = Diâmetro total da escova

(equação 1)

$$RPM = \frac{v}{\pi * D} * 60$$

$$RPM = \frac{20 \text{ m/s}}{\pi * 0,2 \text{ m}} * 60 \approx \mathbf{1911 \text{ RPM}}$$

$$RPM = \frac{10 \text{ m/s}}{\pi * 0,2 \text{ m}} * 60 \approx \mathbf{956 \text{ RPM}}$$

Segundo as características técnicas necessárias para a escovação definido pelo fabricante das escovas, a potência necessária para movimentar cada escova é de 300W. Essa potência e o valor de RPM serviram como base para o cálculo dimensionamento e desenvolvimento do sistema transmissão.

Considerando as características de utilização encontradas, foram definidas a forma e as dimensões finais de cada escova, sendo seus desenhos técnico em perspectiva apresentado no Apêndice B

VII. Pulverizadores

Para dimensionamento das tubulações, número de aspersores e sua disposição no dispositivo foi estabelecida uma distância de 150 mm entre a base estrutural de aspensão onde são posicionados os bicos até a peça que recebera o líquido.

Seguindo deste ponto, com base nas características do bico em leque, descrito no item 4.3.1.1, com ângulo de aspensão de 110° , foi calculado o alcance longitudinal. Considerando uma margem de 10° por variações no bico, o alcance individual de cada bico na distância definida é 357 mm. Chegando a um valor aproximado de 4 bicos para cobrir a largura total de trabalho do dispositivo de 1300mm.

Os 4 bicos foram utilizados para pulverização do solvente sobre as peças processadas, sendo os bicos conectados a tubulação $\frac{1}{4}$ ", fixada sobre a estrutura de sustentação.

Da mesma forma, a pulverização de água, um dos passos seguintes no fluxo de limpeza do dispositivo, utiliza a mesma estrutura, porém, com a finalidade de aspergir um volume maior de água, o número de bicos foi elevado para 8 conectados a tubulação $\frac{1}{4}$ ". Ambos conjuntos de pulverização estão detalhados no Apêndice D.

VIII. Motorização e Transmissão

A motorização e transmissão para a seção superior abrange apenas a parte de movimentação das escovas rotativas. Para selecionar o motor, foi calculada a potência total necessária para a movimentação das escovas.

Considerando a potência específica necessária para cada escova de 300 Watts, vide especificações da fabricante, a potência total requerida para movimentar as escovas é de 900 Watts, considerando que a transmissão do movimento é realizada por corrente, acrescentou-se um fator de 5% de perdas por eficiência, chegando a um valor de mínimo de aproximadamente 950 Watts para o funcionamento.

Para a instalação do dispositivo na rede do cliente, se fez necessário a escolha de uma unidade motor trifásica, sendo assim optou-se por um moto de 1,5 cavalos de força ou aproximadamente 1100 Watts, deixando uma margem de 150 Watts de potência para variações geradas pela natureza viscosa do óleo a ser removido pelas escovas.

O motor selecionado foi um motor para Aplicações Gerais, Ip-21 de 1,5Cv com 4 Polos Trifásico e rotação e saída de 1800 RPM.

Para transmissão da força entre a unidade motora foi adotado o sistema de transmissão por corrente. Para definição do tipo de corrente fora feitas pesquisas dos correntes padrões existentes dentro das normas ASA.

Com base nas características de potência e rotação do sistema de transmissão do dispositivo, identificou-se que todas as correntes da norma ASA se apresentavam hábeis ao dispositivo. Porém foi identificado como fator limitante o eixo das escovas, de 20mm, que não permitia a correta relação de transmissão nas rodas dentadas do tipo ASA 25, sendo assim optou-se pelo uso de correntes e rodas dentadas do tipo ASA 35.

Para que as rotações geradas pela unidade motora, quando aplicadas sobre as escovas, gerassem a velocidade periférica requerida, foram feitas combinações de engrenagens. Considerando que o número de dentes tem interferência direta na variação de velocidade obtida e também o diâmetro mínimo de furo para fixação das rodas dentadas no eixo das escovas, foram selecionadas engrenagens de 17 dentes, 18 dentes e 35 dentes.

Na unidade motora, foi utilizada uma engrenagem de 18 dentes. Transmitindo a rotação para a escova de limpeza e secagem, última escova do fluxo de limpeza, a

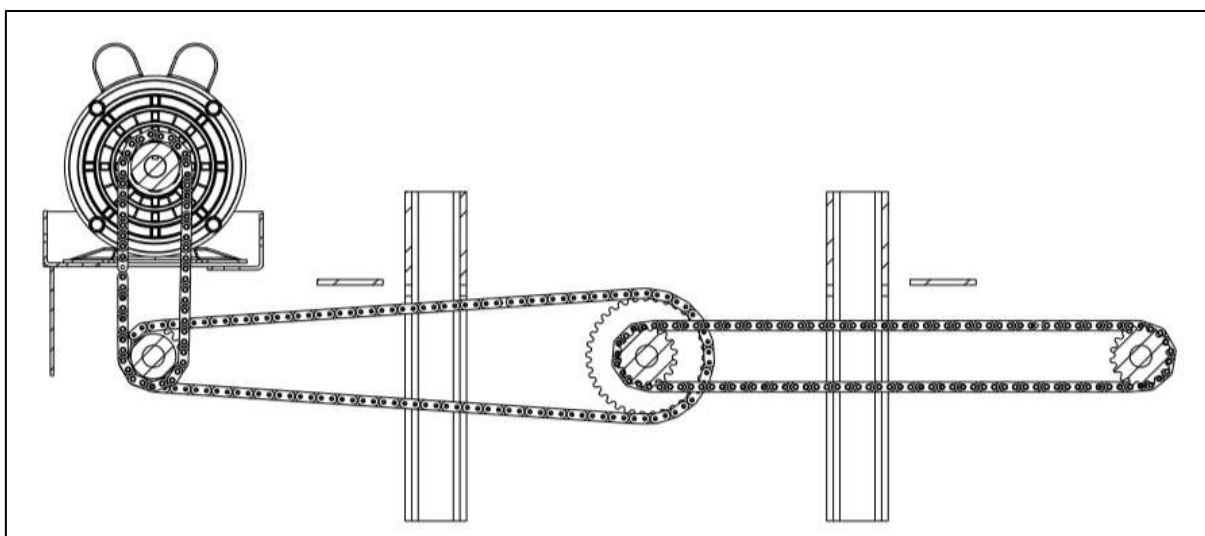
qual em seu eixo tem fixada 2 engrenagens de 17 dentes. Gerando uma rotação de saída na escova de aproximadamente 1905 RPM.

A rotação é então transmitida para a escova intermediária, onde estão acoplados uma roda dentada movida de 37 dentes e uma engrenagem de 17 dentes. Quando transmitida a rotação da escova de limpeza e secagem para a escova intermediária, o valor é reduzido para aproximadamente 876 RPM.

Por fim a engrenagem de 17 dentes motora acoplada ao eixo da escova intermediária transmite a rotação para a escova de limpeza leve, a qual possui em seu eixo uma engrenagem de 17 dentes que mantem a mesma rotação da escova intermediária.

Todo o esquema de transmissão acima descrito pode ser visto na Figura 20.

Figura 20 - Detalhamento da Transmissão



Fonte: Autor

Para sustentação dos eixos das escovas e permitir o livre giro foi optado pelo uso de mancais F204.

IX. Estrutura

A estrutura da parte superior, detalhada no Apêndice E, suporta todos os componentes de limpeza. Feita de aço carbono 1020 com revestimento anticorrosivo, permite o funcionamento do dispositivo.

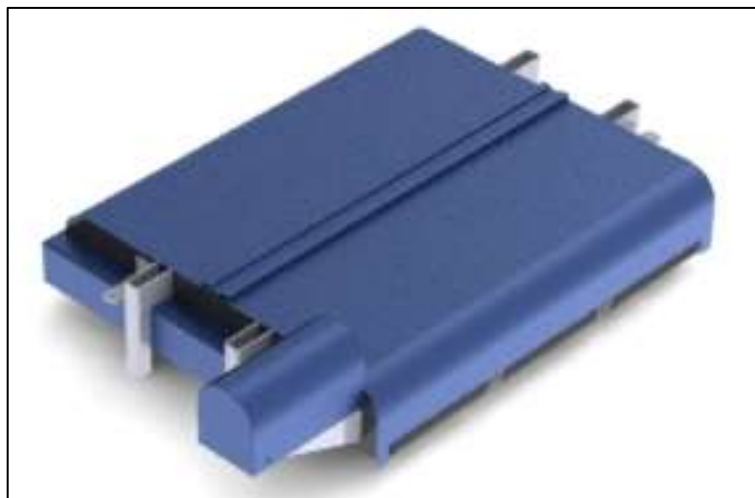
A disposição da estrutura foi elaborada visando o máximo aproveitamento da área, tendo apenas 1200mm de comprimento. Visando simplificar a fabricação as peças são simétricas, permitindo um melhor aproveitamento e menor número de operações de fabricação.

X. Enclausuramento

Para atender os requisitos de segurança necessários para o dispositivo, foi elaborado um sistema de enclausuramento de todos os elementos móveis da seção superior que poderiam gerar algum risco de segurança. Para isso foi realizado o fechamento dos mecanismos e limpeza e transmissão do dispositivo através de chapas de aço de 1 mm, fixadas com parafusos M6.

A peças que compõe o enclausuramento e o resultado final podem estão dispostos na Figura 21.

Figura 21 - Enclausuramento seção superior



Fonte: Autor

4.3.2.2 Seção Inferior

Identificada no item 4.3.1.3, a seção inferior abrange toda a estrutura de sustentação do equipamento limpeza e o sistema de movimentação. Desenvolvido em forma de mesa, no leiaute detalhado desta seção foram estabelecidas as dimensões finais, características e especificações dos elementos que a compõe. Visando o ser o mais compacto, seguro e simples possível.

As informações sobre o leiaute definitivo de desenho e forma dos itens que compõem a seção inferior e como foram desenvolvidos estão descritos a seguir.

XI. Roletes

Para movimentação das peças de modo a permitir o fluxo através do dispositivo, foram escolhidos roletes tracionados revestidos de borracha, com diâmetro de 50mm e 1290mm de largura útil e paredes do tubo de 2 mm.

Com eixo de 10mm o rolete é preso a mesa por parafusos M6. Para realizar a tração o rolete possui por padrão do fabricante, uma roda dentada ASA 40 de 13 dentes de Nylon.

Esse sistema de roletes permite a modularização do comprimento da mesa, já que se pode acrescentar mais roletes a sequência. A estrutura da mesa possui as furações necessárias para permitir essa expansão.

XII. Motorização e Transmissão

Para transmissão da força utilizou-se correntes ASA 40, compatíveis com a engrenagem do rolete.

Devido à baixa carga do sistema de transporte e a redução do RPM, foi utilizado um motor de 0,5 CV com 2 Polos, trifásico e rotação e saída de 3500 RPM. Sobre o motor foi acoplado um variador de velocidade com caixa de redução, que permitiu uma rotação de saída entre aproximadamente 6 e 100 RPM, permitindo assim uma velocidade de 1 a 16 m/min nos roletes.

Essa velocidade é compatível com a velocidade de trabalho do dispositivo de decapagem e rebarbação do processo seguinte à limpeza realizada.

4.3.2.3 Estrutura

Proposta em aço carbono 1020 e revestida de tinta anticorrosiva, a estrutura da seção inferior é representada pela mesa sustentação dos roletes tracionados, as pernas da mesa e a estrutura de sustentação da seção superior.

Para permitir uma maior modulabilidade, a estrutura foi desenvolvida com furações padrões, permitindo a mudança de posições das partes que formam o conjunto estrutura. O detalhamento da estrutura pode ser visto no Apêndice F.

Ainda visando uma maior compatibilidade de instalação, as pernas de sustentação da estrutura possuem pés de borracha e regulagem de altura através de uma barra roscada.

XIII. Captador

Para coleta dos resíduos resultantes da limpeza foi desenvolvido um captador em aço inox de 1mm acoplado a estrutura. Estende-se por toda área do dispositivo de limpeza, visa sanar aspectos de segurança e meio ambiente que a contaminação do óleo pode causar.

O elemento de captação só executa o direcionamento dos resíduos para armazenagem, cabendo ao cliente que opera o dispositivo, dar destino final aos resíduos.

4.3.3 Verificação de erros e fatores de perturbação

Para identificar e verificar os erros e fatores de perturbação que afetam o dispositivo, foi aplicada a lista de verificação proposta por Pahl & Beitz (1996). Os resultados estão dispostos no Quadro 14, abaixo.

Quadro 14 - Lista de verificação de erros e fatores de perturbação

TÍTULO	QUESTÃO	RESPOSTAS
Função	A função estipulada é cumprida?	Sim
Princípio de solução	Os princípios de solução escolhidos produzem as vantagens e os efeitos desejados?	Sim
Leiaute	A escolha do leiaute geral, das formas dos componentes, material e dimensões produzem: durabilidade adequada (resistência), deformação permissível (rigidez) estabilidade adequada, ausência de ressonância, espaço para expansão, desgaste e corrosão compatíveis com a vida útil e as cargas estipuladas?	Sim
Segurança	Foram considerados todos os fatores afetando a segurança dos componentes, da função, da operação e do ambiente?	Sim

Continua

Continuação

Ergonomia	Foram consideradas as relações homem máquina?	Sim
	Foram evitadas as causas de ferimentos humanos ou stress desnecessários?	Sim
	Prestou-se atenção à estética?	Sim
Produção	Houve uma análise econômica e tecnológica dos processos de produção?	Sim
Operação	Foram considerados todos os fatores de operação como ruídos, vibração e manuseio?	Sim
Manutenção	A manutenção, a inspeção e a revisão podem ser realizadas e verificadas?	Sim

Fonte: Autor

4.3.4 Revisão do projeto

O Quadro 15 apresenta a verificação com base nas especificações do projeto, onde cinco requisitos não foram atendidos, quatro destes requisitos dependem do estudo feito a partir de um protótipo, ficando como pendentes nesta proposta de conceito. E o custo de fabricação demanda um desenvolvimento e análise mais detalhada de um processo produtivo completo, não abordados neste trabalho.

Quadro 15 - Lista de verificação

	Requisito	Valor meta	Valor	Atende
1	Espessura regulável	0 até 90mm	0 até 90mm	Sim
2	Fácil Regulagem	100%	100%	Sim
3	Manutenção simples	< 3h	< 3h	Sim
4	Remover excesso de óleo superficial	90%	90%	Sim
5	Velocidade de avanço adaptável	1 a 16 m/min	1 a 16 m/min	Sim
6	Atender as normas aplicáveis	100%	100%	Sim
7	Atender as normas de segurança	100%	100%	Sim
8	Isolamento das partes móveis	100%	100%	Sim
9	Elementos de fixação padronizados	90%	90%	Sim
10	Altura do dispositivo compatível	750 a 900 mm	750 a 900 mm	Sim
11	Captação do óleo e resíduos	100%	100%	Sim
12	Fácil Operação	100%	100%	Sim
13	Permitir implantação em diferentes equipamentos	≤ 1300 mm	≤ 1300 mm	Sim
14	Vida útil Longa	> 9 anos	> 9 anos	Sim
15	Resistência a corrosão	100%	100%	Sim
16	Fluxo do processo em sentido único	Linear	Linear	Sim
17	Material padronizado	90%	90%	Sim

Continua

Continuação

18	Fácil fornecimento de peças	1 m (Alimentação)	1 m (Alimentação)	Sim
19	Peças sofisticadas padronizadas	100%	100%	Sim
20	Período entre manutenções	> 3 meses	Pendente	Não
21	Largura de trabalho	1300 mm	1300 mm	Sim
22	Possível de instalação na rede local	380V	380V	Sim
23	Número de controles	3	3	Sim
24	Custo de manutenção	< 500 R\$/mês	Pendente	Não
25	Custo de fabricação	< R\$ 20.000,00	≈ R\$ 13.500,00	Não
26	Dimensões Limitadas	2m x 2,5m	1,95 m x 2,1m	Sim
27	Fácil Fabricação	4 processos	4 processos	Sim
28	Fabricação sem máquinas especiais	100%	100%	Sim
29	Tempo de instalação final	< 5 Hrs	Pendente	Não
30	Custo de operação	< R\$ 15,00 /h	Pendente	Não

Fonte: Autor

CONCLUSÃO

Em um mercado globalizado e de alta competitividade, o processamento de chapas de aço é uma das bases da indústria metalmeccânica. Entre uma grande variedade de processos utilizados, os processos de remoção de óxido de corte e rebarbação são tratados de forma diferenciada por possuírem restrições específicas de funcionamento, dentre suas várias características, uma das mais comuns para estes processos é a necessidade de ausência de óleo, que geram riscos de inflamabilidade e perda de desempenho em equipamentos que funcionam por abrasão.

O desenvolvimento do presente trabalho, visou desenvolver um conceito de dispositivo para remoção do excesso de óleos protetivos sintéticos de superfícies metálicas planas como preparação da matéria prima para um processo rebarbação e remoção de óxidos que utiliza um equipamento com princípio de funcionamento mecânico e ação abrasiva com largura de trabalho de 1300 milímetros que processa peças metálicas planas com espessuras que variam de 0,4 a 90 milímetros e que possui ao final do processo abrasivo um sistema de adição de óleo protetivo em forma de película.

O trabalho teve o objetivo de desenvolver o projeto informacional a partir do problema gerado pelos óleos, desenvolver o projeto conceitual focado em um dispositivo de fluxo contínuo e desenvolver o projeto detalhado do conceito de mecanismo. O trabalho foi desenvolvido sobre a metodologia de projeto de produto de Reis (2003), sendo assim possível desenvolver o projeto completo do dispositivo da forma que melhor atendeu as necessidades dos clientes.

Com o desenvolvimento das etapas de projeto, o trabalho atingiu os objetivos propostos, apresentando as informações do problema e as necessidades do cliente no projeto informacional, selecionando, juntamente com outros elementos do dispositivo, a escova de nylon agregada a pulverização de solvente como instrumento de remoção mecânica de óleos protetivos sintéticos que não agride a superfície metálica e desenvolvendo o detalhamento de todo o dispositivo, sua disposição e forma, permitindo sua produção.

Foram identificadas como melhorias e evoluções a serem implementadas no dispositivo o dimensionamento da bomba d'água necessária para gerar a pressão de pulverização do sistema além da escolha do solvente e das proporções em que ele deve estar diluído na água. Essas melhorias demandam a construção de um protótipo e estudo e análise específica do nível de contaminação do óleo das peças a serem processadas no dispositivo. Outra melhoria sugerida como passo futuro é a sensorização dos bicos pulverizadores para permitir um consumo menor de água.

Em suma, com a elaboração da monografia foi possível aplicar os conhecimentos adquiridos na graduação e agregar novos conhecimentos sobre a área de processamento de superfícies e mecanismos.

REFERÊNCIAS

AMARAL, D. C. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006

ANDRADE, Alan S. **Elementos Orgânicos De Máquinas II: AT-102**. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasalan/AT102-Aula02.pdf>>. Acesso em: 20 out. de 2017.

ARGENTIÈRE, Rômulo. **Novíssimo receituário industrial**: enciclopédia de fórmulas e receitas para pequenas e grandes indústrias. Brasil: Manuais técnicos LEP, 1960.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. 5.Ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, São Paulo: Manole, 2008.

BAHADORI, Alireza. **Essentials of Coating, Painting, and Lining for the Oil, Gas, and Petrochemical Industries**. Waltham: Elsevier Inc, 2015.

Bolz, R. W.; TVER, D. F.. **Encyclopedic Dictionary of Industrial Technology: Materials, Processes and Equipment**. New York: Chapman and Hall, 1984.

BORBA, Francisco S. et al. **Dicionário UNESP do português contemporâneo**. São Paulo: Editora UNESP, 2004.

BRINK, Chris. **Engineering Fabrication: Sheet Metalwork**. Pearson Education SA, Africa do Sul, 2008.

BROWN, James A. **Modern Manufacturing Processes**. New York, Industrial Press Inc., 1991.

BUDYNAS, R. G.; MISCHKE, C. R.; SHIGLEY J. E. **Projeto de Engenharia Mecânica**. 7ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

CARISTAN. Charles L. **Laser Cutting Guide for Manufacturing**. Estados Unidos: Society of Manufacturing Engineers, 2004.

CARVALHO, J. R.; MORAES, P. L. J. **Órgãos de máquinas: dimensionamento**. 2ª

ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos Editora S.A., 1978.

CARPES, Jr. WIDOMAR, P. **Introdução ao Projeto de Produtos**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

DAHOTRE, N.B.; HARIMKAR, S. P. **Laser Fabrication and Machining of Materials**. New York: Springer, 2008.

EPA. Guide to Cleaner Technologies: Cleaning and Degreasing Process Changes. Estados Unidos, Diane Publishing Company, 1994.

FERREIRA, C. et al. **Projeto do produto**. Elsevier Editora Ltda., São Paulo, 2011.

FERREIRA, Joel; GORDO, Nívia. **Elementos de Máquinas – 1**. 1. ed. São Paulo: SESI SENAI Editora, 2014.

FITZPATRICK, Michael. **Introdução à Manufatura**. AMGH Editora Ltda. São Paulo, 2013.

FILHO, Moacyr P. **Gestão da Produção Industrial**. Editora Ibplex, Curitiba, 2007.

FORCELLINI, F. A. **Desenvolvimento de produtos e sua importância para a competitividade**. 122 p. Apostila. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Paraná. 2002.

ANTONELLO, Miguel Guilherme; FRANCESCHI, Alessandro de. **Elementos de Máquinas**. Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria – CTISM, 2014.

GEARY, D. MILLER, R. **Soldagem. 2.ed.**: Série Tekne. São Paulo: Bookman Editora, 2013.

GENEROSO, Daniel J. **Apostila elementos de máquina**. Araranguá: UFSC, 2009.

GILLESPIE, LaRoux. **Troubleshooting Manufacturing Processes: Adapted from the Tool and Manufacturing Engineers Handbook: a Reference Book for Manufacturing Engineers, Managers, and Technicians**. 4 ed. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers, 1988.

GRF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Física 2: Física Térmica e Óptica Vol. 2**. 5 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.

GRILLO, Newton L. **Mecanismos: Elementos de Cinemática e Dinâmica**. Disponível em: <<http://www.cronosquality.com/aulas/mecanismos.pdf>>. Acesso em: 20 de set de 2017.

HARNOY, Avraham. Bearing Design in Machinery: Engineering Tribology and

Lubrication. Marcel Dekker, New York. Inc. 2003.

JUVINALL, Robert C.; MARSHEK, Kurt M. **Fundamentals of Machine Component Design**. 5ª Ed. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc., 2012.

KRAMER, C.; MÜHLBAUER, A.; STARCK A. V.. **Handbook of Thermoprocessing Technologies: Fundamentals, Processes**. Vulkan-Verlag. Alemanha, 2005.

KOTI. **Industrial and technical brushes**. Disponível em: <<https://www.koti-eu.com/en/products/industrial-and-technical-brushes>>. Acesso em 23 de set de 2017.

KOFHAX. **Bicos aspersores industriais**. Disponível e em: <<http://www.kofhax.com.br/bicos-aspersores-industriais>>. Acesso em: 28 out. 2017.

LESKO, Jim. **Industrial Design: Materials and Manufacturing Guid – Second Edition**. John Wiley & Sons, Inc. Estados Unidos, 2008.

LIPOWSKY. H.; ARPACI, E. **ACopper in the Automotive Industry**. Weinheim: WILEY-VCH, 2007.

MANTOVANI CÉSAR A. **Apostila Projeto de Produto**. Arquivo disponibilizado em aula. FAHOR – Faculdade Horizontina. 2012.

MARQUES, Cícero F. **Estratégia de Gestão Da Produção E Operações**. Curitiba: IESDE Brasil S.A, 2012;

MELLO, Willyams B. **Proposta de um tétodos aberto de projeto de produt – Três alternativas de criação**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.

MICHAELIS. **Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa**. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/chapa/>>. Acesso em: 02 set. 2017.

NPL. **Guide to Temporary Corrosion Protectives**. National Corrosion Service. Inglaterra, 2003.

OSBORNE, H. E. **XXth Century Sheet Metal Worker - A Modern Treatise on Modern Sheet Metal Work**. Read Books Ltda. Inglaterra, 2013.

PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. Tradução de Hans Andreas Werner; Revisão Nazem Nascimento. - São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design: A systematic Approach**. Berlin: 1996.

PANITZ, Mauri A. **Dicionário técnico: português-inglês**. EDIPUCRS, Porto Alegre, 2003.

PEREIRA, Luiz Arthur Malta. Robô **Autômato para monitoramento de rebanho e medição da Forragem do Pasto**. 1. ed. São Paulo: Biblioteca24horas, 2011.

REIS, A. V. **Desenvolvimento de concepção para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas**. Florianópolis. 2003. Tese – PPGEM – UFSC, 2003.

RODRIGUES, A. R. et al. **Desenho técnico mecânico: Do planejamento do produto ao controle de qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SARKAR, Jayanta. Computer Aided Design: A Conceptual Approach. New York: CRC Press, 2015.

SOUZA, Julio S. I. et al. **Enciclopédia agrícola brasileira: S-Z**. Editora USP, São Paulo, 1995.

SPRAY SYSTEMS. **Características básicas dos bicos**. Disponível em: <http://www.spray.com.br/cat70pt/cat70ptpdf/ssco_cat70pt_a.pdf>. Acesso em: 22 de out. de 2017.

STAR RAPID. **7 Methods For Finishing A Metal Surface**. Disponível em: <<https://www.starrapid.com/blog/top-7-methods-for-finishing-a-metal-surface/>> Acesso em: 14 de abr. de 2017.

TALBERT, Rodger. **Paint Technology Handbook**. CRC Press, Nova York, 2008.

TEKROLL, Equipamentos Industriais. **Roletes com Engrenagem Simplex**. Disponível em: <https://www.tekroll.com.br/rolete_simplex.html>. Acesso em: 20 de set. de 2017.


TEIXEIRA, Mauri M. **Bicos Hidráulicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000.

TORIYA, H.; CHIYOKURA, H. **3D CAD: Principles and Applications**. Kyoritsu Shuppan Co., Tokyo, 1991.

TODD, R. H.; ALLEN D. K.; ALTING, L. A. **Fundamental Principles of Manufacturing Processes**. USA: Industrial Press Inc., 1994

UFMT. **Decapagem de Superfícies**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAe7kUAE/decapagem-superficies>>. Acesso em: 20 de abr. de 2017.

APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO NECESSIDADES DOS CLIENTES

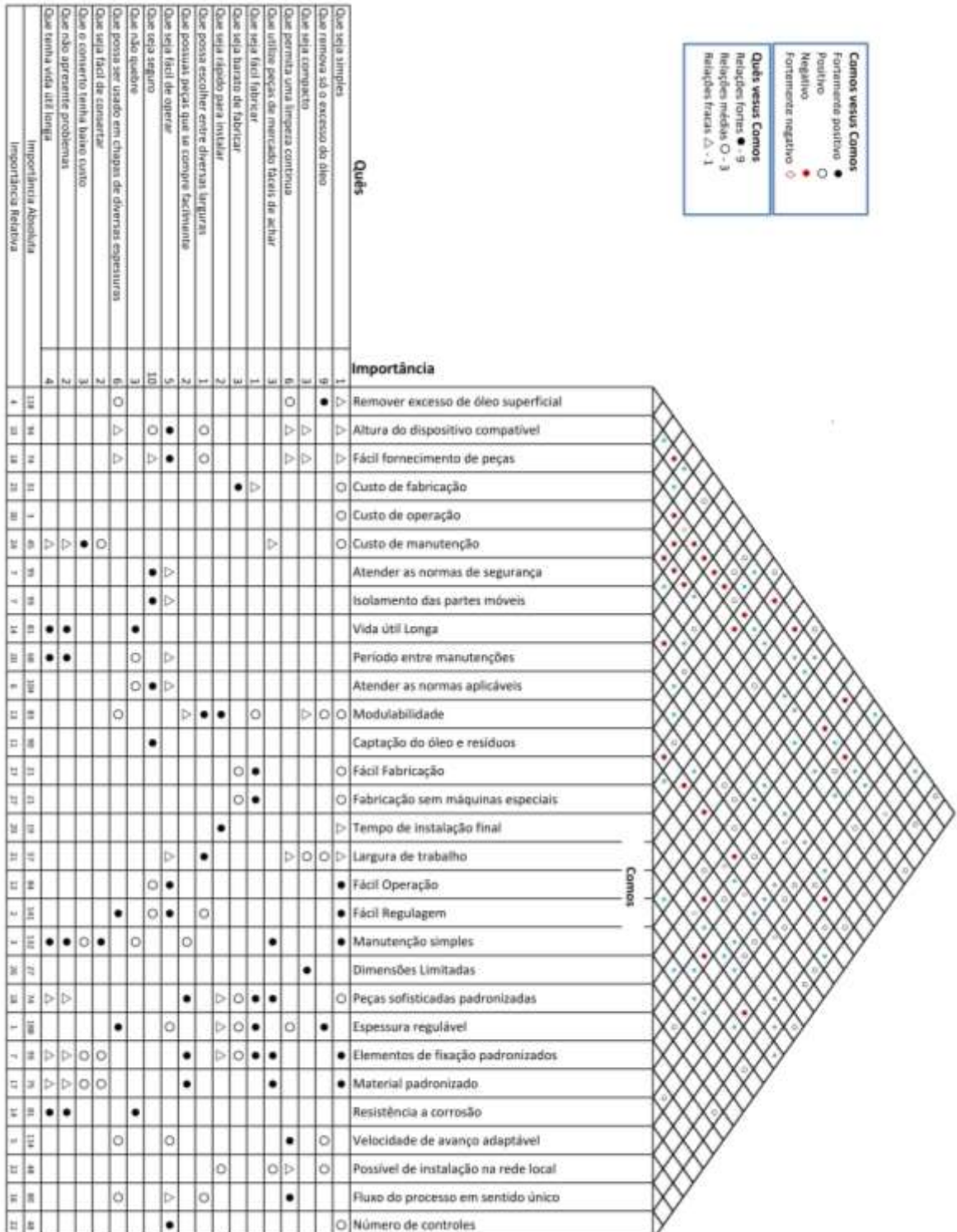
	FAHOR FACULDADE DE HORIZONTINA CURSO: ENGENHARIA MECÂNICA
	Levantamento de necessidades - Projeto Informativo. Trabalho De Conclusão De Curso Orientadora: Francine Centenaro

DATA: ____ / ____ / ____

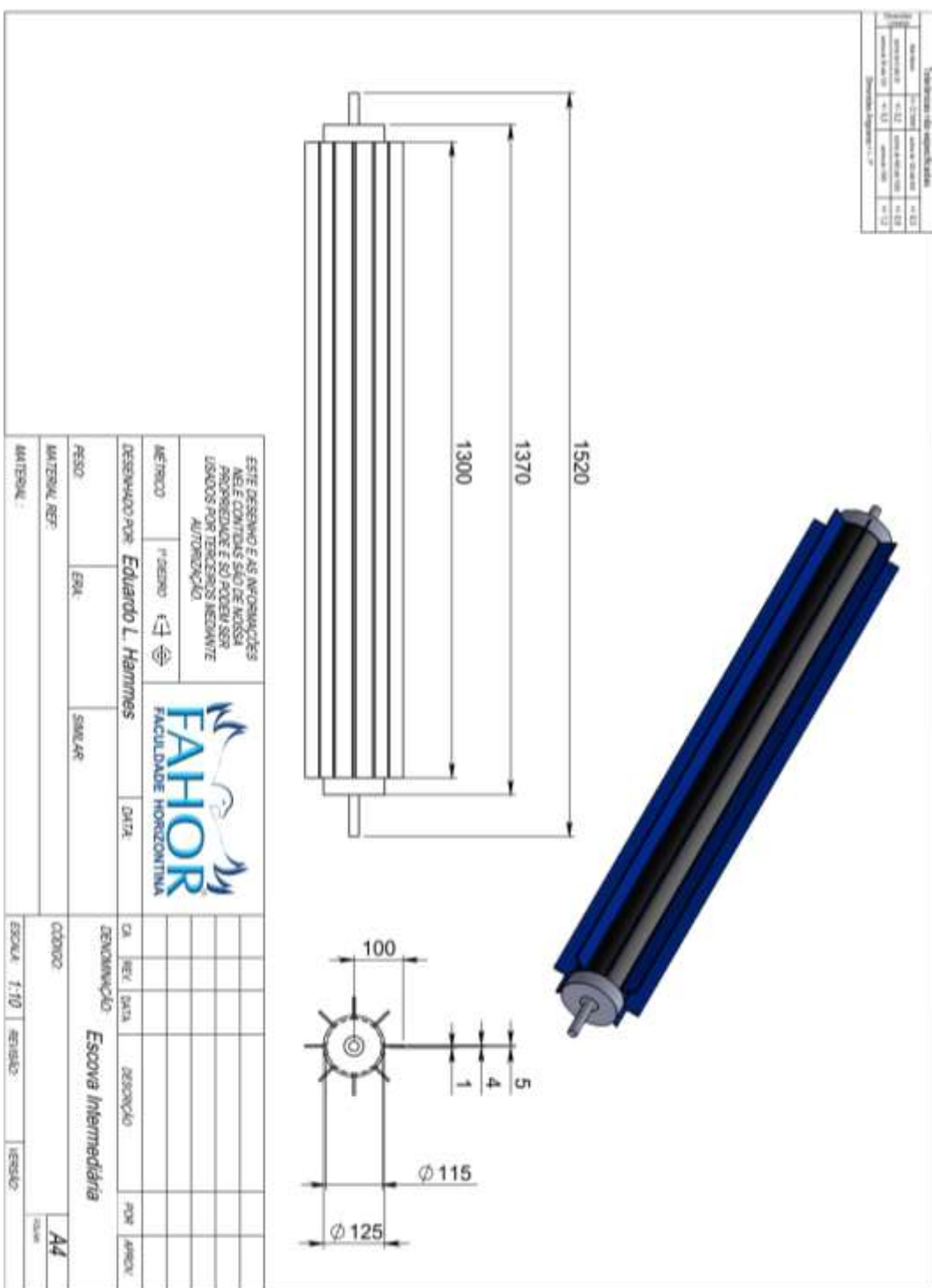
DISPOSITIVO DE REMOÇÃO DE ÓLEO DE CHAPAS METÁLICAS
<ol style="list-style-type: none"> 1) Qual a necessidade da empresa? 2) Quais características desejáveis no dispositivo? 3) Quais restrições de instalação? 4) Quais critérios ampliam as chances de Aquisição? 5) Como gostaria de utilizar? 6) Como você espera que seja a Operação? 7) Quais as características de manutenção esperadas?

Observações
<p>As informações industriais ou de caráter invisual obtidas através deste questionário não serão divulgadas, sendo os dados obtidos agrupados de forma abstrata com a finalidade única e exclusiva de obter um levantamento das necessidades de possíveis clientes do produto a ser desenvolvido para o trabalho de conclusão de curso.</p>

APÊNDICE B: DIAGRAMA QFD



APÊNDICE C: DETALHAMENTO DAS ESCOVAS



APÊNDICE D: DETALHAMENTO PULVERIZADORES

