

CENTRO ESTADUAL EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA

Etec PEDRO D'ARCÁDIA NETO

Técnico em Mecânica

Bruno Escaramboni Bueno

Emerson Cidemar André Correia

Felipe Augusto Miguel

Gabriel Onça Betoni

MARTELETE DE FORJA

**Assis
2025**

Bruno Escaramboni Bueno
Emerson Cidemar André Correia
Felipe Augusto Miguel
Gabriel Onça Betoni

MARTELETE DE FORJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso técnico em mecânica da ETEC Pedro D'arcádia Neto, orientado pelo Prof. José Domingos Torini, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Mecânica.

Assis
2025

MARTELETE DE FORJA

Bruno Escaramboni Bueno
Emerson Cidemar André Correia
Felipe Augusto Miguel
Gabriel Onça Betoni

BANCA EXAMINADORA

José Domingos Torini – Engenheiro de Produção, Professor Orientador.

Geraldo Batista Serra – Tecnólogo em Gestão da Produção, Professor Orientador.

Márcio Alessandro Araújo – Engenheiro de Produção, Professor Orientador.

Adalberto Farias Amaro – Engenheiro de Produção Mecânica, Professor Orientador.

DEDICATÓRIA

Primeiramente, gostaríamos de agradecer a Deus pela oportunidade e a motivação necessária para a realização desse trabalho, como também a nossos amigos que nos ajudaram ao decorrer do curso e à nossa família que nos momentos difíceis nos apoiou, sendo base para nosso desempenho.

AGRADECIMENTOS

Ao Coordenador Geraldo Batista Serra, manifestamos nossa sincera gratidão pelo apoio contínuo e pelo empenho em criar um ambiente propício ao aprendizado e à superação de desafios. Sua atuação firme e acolhedora contribuiu diretamente para o nosso progresso.

Ao Professor Márcio Alessandro Araújo, agradecemos profundamente por compartilhar sua experiência e sabedoria de forma tão generosa. Sua colaboração foi decisiva para a execução e finalização deste curso, sempre nos orientando com paciência e clareza.

Ao Professor Adalberto Farias Amaro, nosso reconhecimento por nos motivar a acreditar em nosso próprio potencial. Seu exemplo inspirador nos impulsionou a seguir com determinação, mesmo diante das adversidades.

Ao Professor Paulo Roberto Longhi, agradecemos pela parceria, pelo companheirismo e pelos valiosos conselhos que tanto contribuíram para nossa jornada. Sua postura ética e colaborativa foi um diferencial em nossa trajetória.

Agradecemos, com imensa gratidão, ao Professor José Domingos Torini, por sua dedicação incansável e pelo comprometimento com a formação de seus alunos. Sua orientação segura, seu conhecimento sólido e sua constante disposição em apoiar foram pilares importantes ao longo desta caminhada acadêmica. Sua presença foi essencial para que seguíssemos com confiança rumo à conclusão desta etapa.

A todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho, estendemos nosso mais sincero agradecimento. Cada gesto de apoio fez a diferença na conquista deste objetivo.

“ Portanto, não percam a coragem, pois ela traz uma grande recompensa. ”

Hebreus 10, 35

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo principal o desenvolvimento de um martelete de forja, utilizando os conhecimentos adquiridos ao longo do curso técnico em Mecânica. O projeto foi idealizado com a intenção de unir teoria e prática, proporcionando a aplicação concreta de conceitos fundamentais da mecânica e da fabricação mecânica. Além disso, visou preencher uma lacuna no meio acadêmico em relação à construção e aplicação de ferramentas tradicionais de conformação metálica.

A inspiração para o projeto surgiu de um vídeo veiculado em redes sociais, onde era demonstrado o funcionamento de um martelete artesanal. A partir dessa referência, foi proposto o desafio de projetar e construir um martelete funcional, aplicando técnicas como soldagem, usinagem, montagem mecânica, análise estrutural e ajuste dimensional. O processo de fabricação envolveu o uso de equipamentos como torno mecânico, furadeira de bancada, esmeril e máquina de solda elétrica.

O martelete de forja desenvolvido tem como finalidade executar operações mecânicas como estampagem, modelagem plástica a quente, moldagem de peças metálicas e recalque, sendo capaz de aplicar impactos controlados sobre o material aquecido, promovendo deformações permanentes. Durante o projeto, foram considerados princípios de segurança, ergonomia, eficiência energética e durabilidade dos componentes.

A construção deste equipamento permitiu a integração de diversos conteúdos abordados em sala de aula, como resistência dos materiais, cinemática de mecanismos, transferência de calor, e tecnologia dos materiais, resultando em uma experiência enriquecedora de aprendizado prático e multidisciplinar.

Este trabalho evidencia a importância da experimentação e da criatividade no processo de aprendizagem técnica, além de destacar o valor de ferramentas tradicionais adaptadas com os recursos e conhecimentos da engenharia moderna.

Palavras-chave: Conformação Mecânica, Martelete de Forja, Fabricação, Processos de Modelagem, Projeto Mecânico.

ABSTRACT

This research had as its main objective the development of a forging hammer, using the knowledge acquired throughout the technical course in Mechanics. The project was designed with the intention of uniting theory and practice, providing the concrete application of fundamental concepts of mechanics and mechanical manufacturing. Furthermore, it aimed to fill a gap in academia regarding the construction and application of traditional metal forming tools.

The inspiration for the project came from a video posted on social media, which demonstrated how a homemade hammer worked. Based on this reference, the challenge of designing and building a functional hammer was proposed, applying techniques such as welding, machining, mechanical assembly, structural analysis and dimensional adjustment. The manufacturing process involved the use of equipment such as a lathe, bench drill, grinder and electric welding machine.

The purpose of the developed forging hammer is to perform mechanical operations such as stamping, hot plastic modeling, molding of metal parts and pressing, being capable of applying controlled impacts to the heated material, promoting permanent deformations. During the project, principles of safety, ergonomics, energy efficiency and component durability were considered.

The construction of this equipment allowed the integration of various content covered in the classroom, such as resistance of materials, kinematics of mechanisms, heat transfer, and material technology, resulting in an enriching practical and multidisciplinary learning experience.

This work highlights the importance of experimentation and creativity in the technical learning process, in addition to highlighting the value of traditional tools adapted with the resources and knowledge of modern engineering.

Keywords: Mechanical Forming, Forging Hammer, Manufacturing, Modeling Processes, Mechanical Design.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura Martelete de forja.....	24
Figura 2 Base do martelete.....	26
Figura 3 Calços usinados.....	27
Figura 4 Processo de faceamento.....	28
Figura 5 Base para os mancais.....	29
Figura 6 Corte com esmerilhadeira.....	30
Figura 7 Eixo-árvore chavetado.....	31
Figura 8 Processo de fresamento.....	32
Figura 9 Came.....	33
Figura 10 Processo de fabricação do martelete.....	35
Figura 11 Reforço em “X” dos pés de sustentação.....	36
Figura 12 Base de forjamento já soldada.....	38
Figura 13 Flange do redutor e do motor.....	40
Figura 14 Motor.....	41
Figura 15 Motor e redutor montados.....	43
Figura 16 Mancais.....	44
Figura 17 Acoplamento de garras.....	45
Figura 18 Painel Elétrico.....	47
Figura 19 Estrutura preparada.....	48
Figura 20 Estrutura aplicada primer.....	49

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
JUSTIFICATIVA	16
OBJETIVOS	18
LISTA DE MATERIAIS	20
CAPÍTULO I - HISTÓRIA DO FORJAMENTO	21
1.1 PROCESSO ANTIGO E SUA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA	21
1.2 O Forjamento na Era Moderna: Inovações Tecnológicas	21
CAPÍTULO II - CONFECÇÃO DO MARTELETE DE FORJA	23
2.1 Processo de fabricação - solda da estrutura base	23
2.2 Calço do redutor	24
2.2.1. Processo de fabricação do calço do redutor	25
2.3 Base para os mancais	26
2.3.1 Processo de fabricação da base para os mancais	27
2.4 Eixo-árvore	28
2.4.1 Processo de fabricação do eixo-árvore	29
2.5 Came excêntrico	30
2.5.1 Processo de fabricação do came excêntrico	31
2.6. Estrutura principal – cabo do martelete	32
2.6.1. Cabeça do martelete	32
2.6.2. Processo de soldagem do martelete	32
2.6.3. Fixação na base	33
2.7 Reforço dos pés de sustentação	33
2.7.1 Processo de fabricação do reforço dos pés de sustentação	34
2.8 Suporte do painel elétrico	35
2.8.1 Processo de fabricação do suporte do painel elétrico	35
2.9 Base para forjamento	35
2.9.1 Processo de fabricação da base para forjamento	36
2.10 Flange de fixação do motor e do redutor	36
2.10.1 O que é o corte a laser e aplicações	37
2.11 Motor	38
2.12 Redutor	40
2.13 Mancais	41

2.14 Acoplamento do redutor e motor	42
2.15 Painel elétrico	44
2.16 Montagem e teste funcional	45
2.17 Pintura - preparação da superfície	46
2.17.1 Primer e acabamento	47
2.17.2. Demais elementos	47
Capítulo III - PROJETO	48
3.1 Projeto elétrico	48
3.2 Projeto modelagem 3D e detalhamento	49
CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51
ANEXOS	52

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta o dimensionamento, o projeto mecânico e a fabricação de um martetele de forja, com o objetivo de demonstrar sua mecânica de funcionamento e sua aplicação prática em processos de forjamento do aço no estado vermelho, ou seja, em temperaturas elevadas nas quais o metal se torna mais maleável, permitindo sua modelagem por meio de impactos repetitivos. O martetele desenvolvido é uma ferramenta voltada para a conformação plástica a quente, amplamente utilizada em ambientes artesanais e industriais para processos como recalque, repuxo, estampagem, corte e moldagem de peças metálicas.

A motivação para a realização deste projeto surgiu a partir do interesse em desenvolver uma solução mecânica alternativa, funcional e acessível, baseada em princípios clássicos da forjaria, mas pouco difundida no ambiente acadêmico moderno. A ideia foi concebida por meio de uma dinâmica de brainstorming entre os integrantes da equipe, durante a qual foram debatidas várias propostas de projetos mecânicos. A escolha do martetele de forja destacou-se por reunir critérios como viabilidade técnica, relevância prática, desafio construtivo e potencial de aplicação real. A inspiração inicial veio de um vídeo compartilhado em redes sociais, onde era demonstrada a eficácia de um martetele artesanal em operações de forjamento. Isso despertou o interesse em estudar, dimensionar e construir um equipamento semelhante, utilizando os conhecimentos adquiridos ao longo do curso técnico em Mecânica.

O projeto também envolveu a construção de uma base sólida e resistente, capaz de absorver os impactos gerados durante o funcionamento, e a criação de um sistema de atuação por alavanca e mola, que reproduz o movimento oscilatório e de impacto característico desses equipamentos. Foram avaliadas também questões importantes como segurança operacional, facilidade de manutenção, custo-benefício e durabilidade dos materiais.

Além do desenvolvimento técnico, o projeto proporcionou aos alunos uma valiosa oportunidade de vivenciar na prática os desafios da engenharia aplicada, exercitando habilidades como trabalho em equipe, resolução de problemas, planejamento, interpretação de normas e documentação técnica. A experiência de

transformar uma ideia em um produto funcional reforçou a importância da integração entre teoria e prática no processo formativo.

Ao resgatar e modernizar um equipamento tradicionalmente utilizado por ferreiros e artesãos, este trabalho também contribui para a valorização de técnicas antigas de fabricação, promovendo uma ponte entre o conhecimento tradicional e a tecnologia mecânica atual. Em um contexto onde a automação e os processos industriais ganham cada vez mais espaço, projetos como este destacam o valor de soluções simples, eficazes e acessíveis, sobretudo para pequenos empreendedores, oficinas artesanais e instituições de ensino técnico.

JUSTIFICATIVA

A realização deste projeto justifica-se pela proposta de desenvolver uma ferramenta alternativa, funcional e didática, com o objetivo de demonstrar seu princípio de funcionamento aos demais alunos do curso Técnico em Mecânica. Trata-se de um projeto que visa não apenas a construção de um equipamento útil em processos de forjamento, mas também a criação de um recurso pedagógico capaz de enriquecer o ambiente de ensino técnico por meio da experimentação prática.

A proposta atende à necessidade de tornar o aprendizado mais dinâmico e significativo, promovendo a integração entre teoria e prática. Ao construir um martelete de forja, os integrantes do grupo puderam aplicar, de forma concreta, os conhecimentos adquiridos em sala de aula, abrangendo áreas como mecânica aplicada, elementos de máquinas, processos de fabricação, soldagem, usinagem, desenho técnico e segurança do trabalho. Essa abordagem favorece o desenvolvimento de competências técnicas essenciais ao futuro profissional da área mecânica, como capacidade de projetar, analisar, executar e validar soluções mecânicas.

Além disso, a construção do martelete representa uma oportunidade de ampliar o acervo de recursos disponíveis para uso didático no laboratório da instituição. Com isso, o equipamento poderá ser utilizado em aulas práticas futuras, permitindo que outros estudantes compreendam de forma mais clara o funcionamento de sistemas de impacto e processos de conformação mecânica, como o forjamento a quente.

Outro aspecto relevante é o fato de se tratar de um equipamento pouco abordado no contexto acadêmico, apesar de sua importância histórica e funcional em oficinas e ambientes de fabricação artesanal. Ao resgatar esse tipo de ferramenta e adaptá-la com os conhecimentos da mecânica moderna, o projeto também contribui para a valorização de práticas tradicionais, muitas vezes esquecidas no ensino técnico convencional, mas ainda extremamente relevantes para pequenas produções e atividades autônomas.

Portanto, este estudo se fundamenta na convicção de que o aprender fazendo é um dos caminhos mais eficazes para consolidar o conhecimento técnico. A iniciativa proporciona aos alunos uma vivência prática que transcende os limites da teoria, permitindo que eles experimentem os desafios reais do desenvolvimento de um

projeto mecânico completo – desde a concepção até a execução final. Com isso, espera-se não apenas a aquisição de habilidades técnicas, mas também o estímulo à criatividade, à resolução de problemas e à autonomia profissional.

OBJETIVOS

Objetivos gerais

Projetar, dimensionar e fabricar um martelete de forja funcional, com foco na aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso Técnico em Mecânica, promovendo a consolidação do aprendizado por meio da execução de um projeto real e tecnicamente desafiador. O objetivo é integrar conceitos teóricos de disciplinas como resistência dos materiais, processos de fabricação, elementos de máquinas, tecnologia dos materiais, desenho técnico e segurança do trabalho, resultando na construção de uma ferramenta alternativa que seja ao mesmo tempo didática, eficiente e acessível.

A proposta visa ampliar o acervo de equipamentos disponíveis no laboratório de mecânica da instituição, contribuindo para o aprimoramento das atividades práticas e fortalecendo o vínculo entre teoria e prática. Além disso, busca-se oferecer uma solução mecânica inspirada em técnicas tradicionais de conformação a quente, adaptadas aos recursos disponíveis e às realidades do ambiente escolar, permitindo a demonstração de processos industriais em escala reduzida, como modelagem, recalque e moldagem de peças metálicas aquecidas.

Este objetivo também engloba o estímulo ao trabalho colaborativo, à criatividade, ao pensamento crítico e à resolução de problemas técnicos, promovendo o desenvolvimento de habilidades indispensáveis à formação do profissional técnico em mecânica. Por meio da metodologia do "aprender fazendo", pretende-se ainda fomentar o protagonismo dos alunos na criação de soluções práticas e sustentáveis, capazes de contribuir não apenas para sua formação individual, mas também para o enriquecimento coletivo do ambiente educacional.

Objetivos específicos

- Apresentar e construir uma ferramenta alternativa, funcional e didática, baseada em princípios clássicos de funcionamento, mas adaptada às condições de fabricação disponíveis no ambiente escolar, proporcionando aos alunos contato com tecnologias não convencionais, porém relevantes no contexto da mecânica aplicada;
- Ampliar a qualidade e o aproveitamento das aulas práticas, oferecendo um novo recurso mecânico que possibilite a demonstração de processos como forjamento, recalque e moldagem de metais aquecidos, tornando o aprendizado mais visual, participativo e significativo;
- Aplicar na prática os conhecimentos teóricos adquiridos durante o curso, envolvendo conteúdos relacionados à resistência dos materiais, elementos de máquinas, processos de fabricação, desenho técnico, soldagem, usinagem e segurança do trabalho, promovendo uma formação mais completa e voltada para a realidade profissional;
- Estimular o trabalho em equipe, a organização de etapas de projeto e a resolução de problemas técnicos, desenvolvendo competências essenciais ao perfil profissional do técnico em mecânica, como o pensamento crítico, a capacidade de análise e a tomada de decisões técnicas;
- Incentivar o protagonismo dos alunos na produção de conhecimento técnico, valorizando o método do "aprender fazendo" como uma estratégia de ensino que favorece a autonomia, a experimentação e a criatividade;
- Criar um equipamento seguro, estável e de fácil manutenção, que possa ser utilizado em projetos futuros, ampliando sua utilidade além do trabalho inicial, servindo como base para novas melhorias, estudos de eficiência, ou até mesmo adaptações automatizadas;
- Valorizar práticas tradicionais de fabricação mecânica, como o forjamento manual com o auxílio de marteletes, resgatando e atualizando técnicas utilizadas por ferreiros e artesãos, que ainda encontram aplicação em oficinas de pequeno porte e processos produtivos manuais.

LISTA DE MATERIAIS

<u>Descrição</u>	<u>Especificação</u>	<u>Qtd.</u>	<u>Valor</u>
Chapa Aço Carbono 1045	¼" X 2000 X 200	1 und.	R\$250,00
Cantoneira Aço Carbono 1045	4" X 3000	1 und.	R\$100,00
Cantoneira Aço Carbono 1045	2" X 1100	1 und.	R\$80,00
Tubo DIN	4" X 3600	1 und.	R\$100,00
Motor Elétrico WEG	1,5 cv - 4 Polos	1 und.	R\$0,00
Redutor	1:22,5	1 und.	R\$0,00
Acoplamento	Elástico - Garras - Gr67	2 und.	R\$100,00
Mancal	UCP 204 – Pedestal – tipo Y	2 und.	R\$46,80

CAPÍTULO I - HISTÓRIA DO FORJAMENTO

1.1 PROCESSO ANTIGO E SUA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

O forjamento é uma técnica utilizada pelo homem há centenas de anos, com grandes transformações ao longo do tempo. Inicialmente, esse processo era realizado com o uso de ferramentas simples, como martelos e bigornas. Ao longo dos séculos, a humanidade acumulou um vasto conhecimento empírico e experimental, que foi sendo aprimorado com o tempo e registrado na história e na lenda. O forjamento, em seus primórdios, era baseado em deformação controlada sob pressão, podendo ser realizado com ou sem aquecimento.

Nos tempos antigos, o forjamento era fundamental para a fabricação de armas e ferramentas. Exemplos notáveis dessa época incluem as armas e ferramentas da Idade do Bronze e do Ferro, a arte egípcia de trabalhar o ouro, a famosa coluna de Delhi e as renomadas espadas de Damasco e Toledo. Esses marcos históricos representam os estágios iniciais da arte de forjar e o desenvolvimento de ferramentas essenciais para a sobrevivência humana.

1.2 O Forjamento na Era Moderna: Inovações Tecnológicas

Com o avanço da tecnologia, o forjamento evoluiu significativamente, especialmente com a introdução de novos equipamentos e máquinas. O desenvolvimento de ferramentas mais sofisticadas começou no século XIII, com o surgimento dos primeiros martelos hidráulicos, capazes de fornecer a energia necessária para forjar peças que não podiam ser trabalhadas com os recursos humanos limitados da época.

A revolução industrial trouxe consigo o advento das máquinas a vapor, permitindo a criação de equipamentos mais pesados e potentes. Em 1838, Naysmith projetou o primeiro martelo a vapor, um precursor dos “martelos pilões”, que dominaram as forjarias pesadas no final do século XIX e início do século XX. No meio do século passado, outras inovações surgiram, como o forjamento em matriz fechada, desenvolvido por Root e Billings na "Colt Army Company", e o martelo de queda,

patenteado nos Estados Unidos em 1862, o que acelerou a expansão do processo de forjamento.

Nos Estados Unidos, o desenvolvimento das máquinas para forjar parafusos, como a "English Oliver" de 1830 e a máquina da "American Screw Company" de 1887, permitiu a automação de processos de forjamento. Essas inovações abriram caminho para as prensas hidráulicas e as modernas linhas de automação integral utilizadas nas indústrias atualmente. As prensas hidráulicas, por exemplo, alcançam capacidades de até 14.000 toneladas, permitindo forjar lingotes de até 300 toneladas, substituindo os antigos "martelos pilões" e ampliando as perspectivas para a indústria do forjamento. As prensas mecânicas também passaram por uma evolução acelerada e se impuseram nas forjarias, especialmente em processos de forjamento em matriz fechada.

Dessa forma, o forjamento, um dos processos mais antigos da fabricação por conformação, foi se tornando, ao longo dos séculos, uma técnica sofisticada e fundamental na indústria moderna.

Figura 1 - Martelete de forja



Fonte – Autoria própria

CAPÍTULO II - CONFEÇÃO DO MARTELETE DE FORJA

Primeiramente construímos uma estrutura base para que futuramente suporte o martetele e seus periféricos. Iniciamos com a junção de quatro cantoneiras, nas quais foram realizados cortes em 45° nas extremidades para uma junção perfeita.

Para maior sustentabilidade da carga foi criado um reforço transversal por baixo da ESTRUTURA BASE afim de servir como apoio para a CHAPA DE APOIO. Como terceiro passo para a criação da estrutura implantamos uma chapa

Concluindo a estrutura, foram adicionados 4 tubos com a finalidade de servir como apoio, elevando a base para 900mm acima do chão, trazendo assim mais conforto e segurança para o operador.

2.1 Processo de fabricação - solda da estrutura base

Para a união dos componentes estruturais do projeto, foi empregado o processo de soldagem por eletrodo revestido, também denominado *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Esse método foi utilizado na montagem da base do equipamento, iniciando-se pela soldagem das quatro cantoneiras responsáveis pela conformação do quadro estrutural. Em sequência, realizaram-se as soldagens do reforço transversal, dos reforços triangulares de estabilização e, por fim, da chapa de apoio superior. Todas as dimensões, posicionamentos e especificações técnicas das soldas utilizadas estão devidamente apresentadas no projeto técnico (p. 31).

A soldagem com eletrodo revestido é um processo de união por fusão amplamente utilizado na indústria metalmeccânica. Esse processo baseia-se na utilização de um eletrodo metálico revestido, conectado a uma fonte de corrente elétrica, que ao ser aproximado do metal de base forma um arco elétrico. Esse arco gera calor suficiente para fundir tanto o eletrodo quanto o material da peça, formando uma poça de fusão que, ao se solidificar, resulta na junta soldada.

O revestimento do eletrodo tem funções essenciais, como a geração de gases de proteção, que impedem a contaminação atmosférica da poça de fusão, e a formação de uma escória protetora que cobre a solda durante o resfriamento,

contribuindo para sua integridade e acabamento. Trata-se de um processo versátil, aplicável em diversos tipos de metais, especialmente em ligas ferrosas como o aço carbono e o aço inoxidável. Pode ser realizado tanto em ambientes internos quanto externos, sendo adequado inclusive para condições adversas, como locais com incidência de vento.

Apesar de apresentar vantagens como simplicidade de equipamentos, baixo custo e possibilidade de aplicação em locais de difícil acesso, o processo demanda maior habilidade do operador e menor produtividade se comparado a métodos automáticos ou semiautomáticos. Além disso, há a necessidade de remoção da escória após a soldagem, o que pode impactar o tempo total de fabricação.

Figura 2 – Base do martelete



Fonte - Autoria própria

2.2 Calço do redutor

Para a sustentação do redutor, foram empregados dois calços de ferro com seção quadrada, proporcionando suporte estável e adequado alinhamento ao

conjunto, garantindo a fixação segura e minimizando vibrações durante o funcionamento.

Figura 3 - Calços usinados



Fonte – Autoria própria

2.2.1. Processo de fabricação do calço do redutor

Durante o processo de fabricação dos calços, inicialmente realizou-se o corte bruto do material utilizando uma esmerilhadeira, seguida do acabamento final através do processo de faceamento em torno mecânico.

O corte com esmerilhadeira consiste na utilização de uma ferramenta elétrica portátil equipada com um disco abrasivo giratório em alta velocidade. Este disco promove a abrasão do material da peça, removendo-o progressivamente até a separação desejada. A esmerilhadeira é adequada para cortes rápidos e precisos em materiais metálicos, como aço e ferro, e é amplamente empregada na indústria para operações de desbaste, corte e acabamento preliminar devido à sua versatilidade e praticidade.

Após o corte inicial, os calços passaram pelo processo de faceamento em torno mecânico para obtenção de superfícies planas e perpendiculares ao eixo da peça. O faceamento é uma operação de usinagem que consiste em posicionar a ferramenta de corte perpendicularmente ao eixo de rotação da peça fixada no torno. Durante a rotação da peça, a ferramenta remove material em camada fina,

promovendo o nivelamento da superfície e garantindo precisão dimensional e acabamento adequado para posterior montagem. Esse processo é essencial para assegurar que as faces dos calços estejam adequadamente alinhadas e com as dimensões corretas, favorecendo a estabilidade e o perfeito assentamento dos componentes na estrutura.

A combinação desses processos assegura que os calços apresentem resistência mecânica, exatidão dimensional e acabamento superficial compatíveis com as exigências do sistema de sustentação do redutor, contribuindo para a segurança e a eficiência operacional do conjunto.

Figura 4 - Processo de faceamento



Fonte – Autoria própria

2.3 Base para os mancais

Para garantir a fixação e sustentação adequadas dos mancais utilizados no projeto, foram confeccionadas duas bases de apoio a partir de cantoneiras metálicas. Essas cantoneiras foram devidamente posicionadas e fixadas à estrutura principal do

martetele por meio de soldagem, proporcionando rigidez estrutural e alinhamento adequado ao sistema de transmissão mecânica.

Figura 5 – Base para os mancais



Fonte – Autoria própria

2.3.1 Processo de fabricação da base para os mancais

O processo de fabricação das bases envolveu inicialmente o corte das cantoneiras metálicas utilizando uma esmerilhadeira equipada com disco abrasivo apropriado. Este método foi escolhido devido à sua praticidade, rapidez e capacidade de realizar cortes precisos em perfis metálicos. Em seguida, foram realizadas duas dobras em cada peça, com o objetivo de ajustar a geometria das bases ao formato necessário para a correta acomodação dos mancais. As dobras foram executadas manualmente com o auxílio de uma morsa e de alavancas, técnica comum em processos de conformação a frio para materiais com espessuras reduzidas.

Após as dobras, foram efetuados dois furos em cada suporte, posicionados de forma precisa para permitir a fixação dos mancais com parafusos e porcas. Esses furos foram realizados com broca apropriada em furadeira de bancada, garantindo a perpendicularidade e o alinhamento necessários para o funcionamento eficiente do sistema. A correta execução desse conjunto de operações foi fundamental para assegurar o perfeito encaixe dos mancais e, conseqüentemente, o alinhamento do eixo rotativo do martetele, minimizando vibrações e perdas mecânicas durante o funcionamento.

Figura 6 – Corte com esmerilhadeira



Fonte – Autoria própria

2.4 Eixo-árvore

O eixo-árvore é um elemento mecânico essencial em sistemas de transmissão de potência. Sua função principal é transmitir torque e movimento rotacional entre diferentes componentes de uma máquina, sendo também utilizado como elemento de apoio para peças rotativas, como engrenagens, polias, cames e mancais. Um projeto adequado de eixo deve considerar fatores como resistência mecânica, rigidez, tipo de carga aplicada (estática e dinâmica), rotação, e interferências com outros elementos acoplados.

No projeto em questão, o eixo-árvore desempenha papel fundamental na conversão de energia rotacional em energia de impacto. Ele atua em conjunto com o came excêntrico, sendo o responsável por transformar o movimento giratório contínuo fornecido pelo motor em movimentos alternativos lineares, que são transmitidos ao cabo do martelete, provocando o movimento de batida característico da ferramenta. O came excêntrico, acoplado ao eixo, gera um deslocamento não uniforme que, ao ser transmitido, permite a geração de impactos regulares e controlados.

Figura 7 – Eixo-árvore chavetado



Fonte – Autoria própria

2.4.1 Processo de fabricação do eixo-árvore

A fabricação do eixo foi realizada por meio de usinagem em torno mecânico convencional. O processo incluiu tanto o corte da barra metálica quanto o desbaste das superfícies, respeitando rigorosamente as tolerâncias dimensionais e geométricas definidas no projeto técnico. As tolerâncias aplicadas foram estabelecidas conforme a função do eixo e o tipo de ajuste necessário com os demais componentes, como rolamentos e chavetas. Tais tolerâncias são essenciais para garantir a montagem adequada, evitar folgas excessivas ou interferências, e assegurar o alinhamento do conjunto.

A execução do rasgo de chaveta foi feita utilizando uma fresadora universal, na qual se empregou uma fresa do tipo topo com o diâmetro compatível com o perfil da chaveta especificada. O rasgo de chaveta é necessário para acoplar o eixo a componentes rotativos (como polias ou cames) de maneira firme e segura, evitando o deslizamento relativo entre as peças durante o funcionamento. Todo o processo foi

realizado conforme as normas técnicas e os desenhos mecânicos, assegurando precisão dimensional e qualidade no acabamento.

Figura 8 – Processo de fresamento



Fonte – Autoria própria

2.5 Came excêntrico

O came é um elemento mecânico projetado para transformar movimento rotativo contínuo em movimento linear alternado, normalmente oscilatório ou de translação. Esse tipo de componente é amplamente empregado em máquinas onde há necessidade de movimentos rítmicos e precisos, como em sistemas de válvulas de motores, máquinas de costura, prensas e mecanismos de impacto. A variação do raio do came em relação ao centro de rotação é o que gera o deslocamento linear do seguidor, um componente que se mantém em contato com a superfície excêntrica do came.

No projeto em questão, foi utilizado um **came excêntrico**, solidamente acoplado ao eixo-árvore, com o objetivo de promover o movimento alternado (sobe e desce) do eixo do martetele. Este movimento é essencial para o funcionamento do equipamento, pois é ele que gera os impactos regulares na extremidade do cabo do martetele, simulando uma ação percussiva. Ao girar, o came pressiona o seguidor — neste caso, o eixo vertical do martetele — elevando-o em função do raio excêntrico. Quando o came completa o giro, o seguidor retorna à sua posição original por gravidade ou força de retorno, completando assim o ciclo de batida.

A escolha por um came de perfil excêntrico simples se deu por sua eficiência, baixo custo de fabricação e facilidade de integração com o sistema mecânico projetado. Além disso, seu funcionamento confiável e repetitivo o torna ideal para aplicações onde movimentos percussivos constantes são requeridos.

2.5.1 Processo de fabricação do came excêntrico

O came utilizado foi fabricado em aço carbono e fixado diretamente ao eixo-árvore por meio de soldagem, procedimento que garantiu rigidez e confiabilidade na transmissão do movimento, eliminando folgas e garantindo o sincronismo entre a rotação do motor e o movimento alternativo do martelete. A geometria do came foi dimensionada de acordo com a frequência de impactos desejada (1 Hz) e a amplitude necessária para a batida efetiva. Seu perfil foi definido com base no deslocamento máximo do seguidor, levando em consideração as limitações geométricas e os esforços envolvidos no sistema.

Figura 9 - Came



Fonte – Autoria própria

2.6. Estrutura principal – cabo do martelete

O martelete, componente responsável pela execução do impacto no sistema, foi composto por duas partes principais: o cabo e a cabeça percussiva. Para a construção do cabo, foi utilizado um tubo metálico conforme a norma DIN (Deutsches Institut für Normung), com diâmetro e espessura adequados à resistência mecânica exigida no projeto. Este tubo foi cortado utilizando uma esmerilhadeira angular equipada com disco de corte para metais. Posteriormente, foi realizado o lixamento da peça para remoção de rebarbas, preparação para soldagem e melhoria do acabamento superficial.

2.6.1. Cabeça do martelete

A cabeça do martelete foi reaproveitada a partir de um martelo metálico industrial que se encontrava fora de uso no Laboratório de Mecânica da ETEC. Visando a união entre as duas peças, foi necessário usinar o furo central da cabeça do martelo, ampliando seu diâmetro interno para permitir o encaixe do tubo com interferência mínima. O ajuste foi realizado de forma precisa, a fim de garantir um acoplamento justo e eficiente entre as partes.

2.6.2. Processo de soldagem do martelete

Com as peças posicionadas, a fixação inicial foi feita por interferência mecânica, utilizando leve pressão axial. A seguir, procedeu-se à soldagem do perímetro completo entre a extremidade do tubo e a cabeça metálica do martelete, utilizando o processo de soldagem por eletrodo revestido (SMAW). Esta união proporcionou robustez estrutural ao componente, assegurando a transmissão eficaz da energia cinética gerada pelo movimento alternado do sistema de came.

Figura 10 – Processo de Fabricação do Martetele



Fonte – Autoria própria

2.6.3. Fixação na base

Além disso, foi realizado um furo passante transversal no tubo, com o objetivo de possibilitar o travamento do cabo do martelete em seus guias laterais no sistema. Este detalhe construtivo é essencial para restringir movimentos indesejados e garantir o alinhamento correto do martelete durante o funcionamento.

A combinação entre o aproveitamento de componentes existentes e os processos de corte, usinagem e soldagem empregados resultou em um martelete funcional, resistente e de baixo custo, atendendo plenamente aos requisitos operacionais do projeto.

2.7 Reforço dos pés de sustentação

Com o objetivo de aumentar a estabilidade e a resistência estrutural da base do martelete durante seu funcionamento, foram implementados reforços adicionais nos pés de sustentação do equipamento. A estrutura original da base, composta por

cantoneiras metálicas, embora suficiente para suportar cargas estáticas, necessitava de maior rigidez para resistir às vibrações e esforços dinâmicos gerados pelo movimento repetitivo do marteleto.

2.7.1 Processo de fabricação do reforço dos pés de sustentação

Os tubos utilizados foram cortados com esmerilhadeira angular e seus ângulos de extremidade ajustados para proporcionar um encaixe preciso com as bases verticais. As soldagens foram realizadas pelo processo de eletrodo revestido (SMAW), garantindo boa penetração e resistência das juntas.

Para isso, foram soldados dois tubos metálicos de seção circular, dispostos em formato de "X" entre os pés de sustentação. Essa geometria foi escolhida por sua eficiência em distribuir esforços, aumentar a resistência à flambagem e conferir rigidez transversal à estrutura, evitando deformações durante o funcionamento do equipamento.

A presença desse reforço em "X" contribuiu significativamente para a durabilidade e segurança da estrutura, reduzindo os efeitos das vibrações e assegurando um funcionamento mais estável do sistema como um todo.

Figura 11 - Reforço em X dos pés de sustentação



Fonte – Autoria própria

2.8 Suporte do painel elétrico

Com o objetivo de garantir o posicionamento adequado e a sustentação segura do painel elétrico responsável pelo controle do martetele, foi desenvolvido um suporte fixado diretamente na estrutura principal da base. Para a construção deste suporte, foram utilizadas duas cantoneiras metálicas dispostas na lateral de um dos pés de sustentação da base principal.

2.8.1 Processo de fabricação do suporte do painel elétrico

As cantoneiras foram previamente cortadas com esmerilhadeira e ajustadas para permitir o posicionamento perpendicular ao pé estrutural. A fixação delas foi realizada por meio de soldagem utilizando o processo de eletrodo revestido (SMAW), garantindo resistência mecânica suficiente para suportar o peso do painel elétrico e absorver as vibrações geradas durante o funcionamento do equipamento.

A escolha pela fixação lateral visa facilitar o acesso ao painel de controle durante a operação e manutenção do sistema, além de otimizar o uso do espaço físico disponível no conjunto. A altura e a orientação das cantoneiras foram definidas de forma ergonômica, considerando a visibilidade dos comandos e a segurança do operador.

Esse suporte contribui não apenas para a organização dos componentes elétricos, mas também para a confiabilidade e manutenção do sistema, ao evitar deslocamentos, torções e danos por vibração ao painel elétrico durante o funcionamento do martetele.

2.9 Base para forjamento

Com o objetivo de facilitar o manuseio e posicionamento do material durante os processos de forjamento e conformação realizados pelo martetele, foi desenvolvida uma base auxiliar que serve de apoio para a peça a ser trabalhada.

2.9.1 Processo de fabricação da base para forjamento

A base foi confeccionada a partir do corte de um tubo metálico, escolhido conforme as especificações dimensionais e resistência mecânica requeridas. Em uma das extremidades desse tubo, foi soldada uma chapa retangular de aço, formando uma superfície plana e estável para o apoio do material.

Esse conjunto foi posicionado estrategicamente no final do curso do martelete, de modo a permitir que a peça em forjamento seja sustentada e alinhada corretamente durante o impacto. A base auxiliar foi fixada por soldagem diretamente na estrutura principal da base do martelete, seguindo rigorosamente as dimensões e tolerâncias estabelecidas no projeto, assegurando estabilidade e segurança operacional.

Dessa forma, a base para forjamento contribui para a eficiência do processo, melhorando o controle sobre a peça e garantindo maior precisão e repetibilidade nos golpes aplicados pelo martelete.

Figura 12 – Base de forjamento já soldada



Fonte – Autoria própria

2.10 Flange de fixação do motor e do redutor

Para garantir a fixação segura e a sustentação adequada do motor elétrico e do redutor de velocidade no conjunto do martelete, foram confeccionados duas

flanges metálicas, fabricadas com precisão por meio do processo de corte a laser CNC, conforme os desenhos técnicos especificados no projeto.

2.10.1 O que é o corte a laser e aplicações

O corte a laser é uma tecnologia de usinagem que utiliza um feixe de luz altamente concentrado e coerente para incidir sobre o material a ser cortado. A energia térmica gerada pelo laser eleva rapidamente a temperatura da região focalizada, promovendo a fusão ou vaporização local do material, o que permite cortes extremamente precisos e limpos, com alta repetibilidade e mínima deformação térmica.

Essa técnica é especialmente vantajosa para a fabricação de peças com geometrias complexas e tolerâncias rigorosas, como os flanges projetados para o suporte do motor e do redutor, garantindo o alinhamento correto dos eixos e a distribuição uniforme das cargas transmitidas.

A escolha do corte a laser CNC contribuiu para a eficiência da fabricação, proporcionando qualidade superior nas bordas cortadas, redução do tempo produtivo e melhor acabamento superficial dos flanges, elementos essenciais para o desempenho e a durabilidade do sistema.

Figura 13 – Flange do redutor (esquerda) e do motor (direita)



Fonte – Autoria própria

2.11 Motor

A função principal de um motor elétrico é converter energia elétrica em energia mecânica por meio de interações eletromagnéticas. Esse tipo de dispositivo é amplamente utilizado na indústria e em sistemas mecânicos diversos devido à sua eficiência, confiabilidade e controle preciso de rotação. No contexto deste projeto, o motor elétrico é responsável por fornecer o torque necessário para movimentar o eixo-árvore, que por sua vez aciona o cabo do martelete, gerando o impacto cíclico desejado. O princípio de funcionamento baseia-se na indução eletromagnética: quando uma corrente elétrica percorre os enrolamentos do estator, um campo magnético é criado, interagindo com o rotor e promovendo seu movimento giratório.

Para o funcionamento do sistema de percussão do martelete desenvolvido, foi utilizado um motor elétrico trifásico com potência nominal de 1,5 CV (cavalos-vapor), equivalente a aproximadamente 1,1 kW, e rotação nominal de 1760 rotações por minuto (RPM), valor típico para motores síncronos com frequência de alimentação de 60 Hz. Esse motor foi acoplado a um redutor mecânico de velocidade, cuja função foi diminuir a rotação de saída para 60 RPM. A redução da velocidade teve como objetivo principal adequar a frequência de impacto do martelete para 1 Hz, ou seja, uma batida por segundo, o que é compatível com os requisitos operacionais do sistema.

A escolha do motor considerou aspectos como a carga mecânica a ser vencida, o torque necessário na saída do redutor, a eficiência do conjunto e a disponibilidade comercial de componentes. O uso de um redutor foi essencial não apenas para a redução de velocidade, mas também para o aumento do torque de saída, já que há uma relação inversa entre rotação e torque em transmissões mecânicas. Isso possibilitou o acionamento eficaz do sistema de impacto com esforço mínimo sobre o motor.

Além disso, o motor selecionado apresenta construção robusta, baixo índice de manutenção e alta durabilidade, características importantes para aplicações que exigem operação contínua ou cíclica sob condições mecânicas rigorosas. A integração do motor ao sistema foi feita com acoplamento adequado e fixação em base rígida, a fim de evitar vibrações e perdas de rendimento.

Figura 14 - Motor



Fonte – Aatoria Própria

2.12 Redutor

No contexto de sistemas mecânicos acionados por motores elétricos, os redutores de velocidade exercem papel fundamental na adequação da rotação e do torque transmitidos ao componente final. A função principal de um redutor mecânico é diminuir a velocidade angular proveniente de uma fonte motriz — como um motor elétrico — e, simultaneamente, aumentar o torque disponível na saída. Isso ocorre devido à relação inversamente proporcional entre velocidade e torque, conforme os princípios da conservação de potência mecânica (desconsiderando perdas por atrito e eficiência do sistema). Além disso, os redutores permitem que o movimento seja transmitido de forma mais adequada, segura e eficiente ao mecanismo a ser acionado, contribuindo para a longevidade e estabilidade do conjunto.

No projeto em questão, foi empregado um redutor com razão de transmissão de 1:22,5, o que significa que, para cada 22,5 rotações do motor, o eixo de saída do redutor realiza uma única rotação. Essa configuração permitiu a conversão da rotação original do motor elétrico, de 1760 rotações por minuto (RPM), para aproximadamente 60 RPM na saída do sistema. Essa redução foi necessária para adequar o movimento ao objetivo de se obter uma frequência de impacto de 1 Hz (uma batida por segundo) no martetele, conforme detalhado no tópico anterior.

A escolha do redutor também considerou a necessidade de aumento significativo de torque na saída, uma vez que a função de impacto requer força concentrada em baixa rotação. A seleção foi baseada em critérios como relação de redução, capacidade de torque, eficiência mecânica e compatibilidade com o eixo do motor. O acoplamento entre o motor e o redutor foi realizado com o uso de flanges e acoplamentos rígidos, a fim de minimizar folgas, vibrações e perdas de rendimento no sistema.

Além de sua função de conversão cinemática, o redutor contribui para a proteção do motor contra sobrecargas, reduzindo os esforços diretos sobre o mesmo. Dessa forma, a aplicação do redutor tornou-se essencial para garantir o desempenho mecânico, a confiabilidade e a eficiência energética do sistema como um todo.

Figura 15 - Motor e redutor montados



Fonte - Autoria própria

2.13 Mancais

Os mancais são componentes fundamentais em sistemas rotativos, sendo responsáveis por guiar, sustentar e permitir a rotação eficiente de eixos. Eles atuam como elementos de apoio, assegurando a estabilidade do eixo e possibilitando sua rotação com baixo atrito e desgaste reduzido, contribuindo diretamente para a durabilidade e o desempenho do conjunto mecânico. Em sistemas com cargas radiais ou axiais, os mancais devem ser cuidadosamente selecionados conforme os requisitos de carga, velocidade de rotação, precisão e tipo de aplicação.

No presente projeto, foi adotado um conjunto de mancais do tipo pedestal, modelo UCP204 (também conhecidos como mancais tipo “Y”). Esse modelo é amplamente utilizado na indústria por sua facilidade de montagem, manutenção e alinhamento. O mancal UCP204 é composto por uma carcaça em ferro fundido com furos de fixação e por um rolamento esférico autocompensador de uma carreira de esferas, o que permite certa liberdade angular e facilita o alinhamento com o eixo. O diâmetro interno do rolamento utilizado neste mancal foi selecionado de modo a ser compatível com o diâmetro do eixo rotativo do martelete, garantindo o ajuste adequado e a estabilidade do sistema de transmissão.

A escolha por mancais do tipo pedestal se justifica pela necessidade de suportar um eixo horizontal e pela facilidade de fixação dos mancais sobre a base

previamente preparada. A utilização de rolamentos integrados aos mancais também permite maior eficiência na rotação, com menor resistência ao movimento e maior capacidade de suportar cargas dinâmicas durante o funcionamento do equipamento.

Figura 16 - Mancais



Fonte - <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2753250142-2-kits-ucp-205-mancal-pedestal-rolamento-para-eixo-25mm>

2.14 Acoplamento do redutor e motor

Os acoplamentos são elementos mecânicos destinados a unir dois eixos rotativos, possibilitando a transmissão de torque entre eles. Além dessa função principal, os acoplamentos exercem papéis importantes na absorção de pequenas variações angulares ou axiais (desalinhamentos), na atenuação de vibrações e impactos e na proteção dos componentes do sistema contra sobrecargas mecânicas. A escolha do tipo de acoplamento a ser utilizado depende de fatores como tipo de carga, rotação, necessidade de flexibilidade, espaço disponível e facilidade de montagem e manutenção.

No presente projeto, foi adotado um acoplamento elástico do tipo garra, também conhecido como acoplamento de garras com elemento elástico (ou acoplamento tipo "spider"). Este tipo de acoplamento é formado por duas garras

metálicas simétricas (geralmente em aço ou ferro fundido) e um elemento intermediário de material elástico (normalmente poliuretano ou borracha), que é posicionado entre as garras. Essa configuração permite a transmissão do torque entre os dois eixos, enquanto o elemento elástico compensa desalinhamentos angulares e paralelos, além de amortecer vibrações e reduzir ruídos operacionais.

O acoplamento de garras utilizado conecta diretamente o eixo de saída do redutor ao eixo-árvore do martetele. Essa conexão foi essencial para garantir a transferência eficiente de torque e rotação do sistema motriz para o mecanismo percussivo. A escolha desse modelo de acoplamento considerou a simplicidade de montagem, a confiabilidade do componente e a capacidade de absorver as irregularidades de alinhamento entre os eixos do redutor e do eixo-árvore.

O acoplamento foi devidamente dimensionado de acordo com os parâmetros operacionais do sistema, como o torque nominal, a rotação de trabalho (60 rpm após a redução) e o diâmetro dos eixos conectados. Sua instalação seguiu os padrões recomendados pelos fabricantes e normas técnicas aplicáveis, assegurando uma operação segura, com mínima manutenção e máxima eficiência na transmissão de potência.

Figura 17 – Acoplamento de garras



2.15 Painel elétrico

O painel elétrico é um dos elementos mais importantes em sistemas de distribuição de energia elétrica, atuando como o centro de controle e proteção de circuitos em instalações residenciais, comerciais e industriais. Sua função principal é distribuir, proteger e controlar a energia elétrica de forma segura e eficiente, evitando sobrecargas, curtos-circuitos e outros tipos de falhas que possam comprometer a integridade do sistema ou representar riscos aos usuários.

Os painéis elétricos são compostos por uma série de dispositivos eletromecânicos e eletrônicos organizados dentro de um invólucro metálico, geralmente confeccionado em aço galvanizado ou aço inox, com proteção contra poeira e umidade conforme as normas da **ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)** e **NR-10**.

A montagem e manutenção de painéis elétricos devem seguir rigorosamente normas técnicas e regulamentações, especialmente a **NR-10**, que trata da segurança em instalações e serviços em eletricidade. Além disso, o projeto do painel deve estar de acordo com as normas **NBR 5410** (instalações elétricas de baixa tensão) e **NBR IEC 61439** (montagem de quadros elétricos).

A correta instalação e manutenção de um painel elétrico garante o funcionamento adequado dos sistemas elétricos, proporcionando segurança, economia de energia e durabilidade aos equipamentos. Em ambientes industriais, o painel é essencial para o controle de processos produtivos, contribuindo diretamente para a eficiência operacional.

Figura 18 – Painel Elétrico



Fonte – Autoria própria

2.16 Montagem e teste funcional

Após a conclusão do processo de soldagem de todos os componentes estruturais e mecânicos do martelete, deu-se início à etapa de montagem do conjunto. Inicialmente, foram posicionados e fixados o motor elétrico, o redutor de velocidade e seus respectivos acoplamentos, assegurando o alinhamento correto entre os eixos para garantir a transmissão eficiente de torque. Em seguida, procedeu-se à instalação do eixo-árvore e dos mancais de suporte, conferindo o suporte e a estabilidade necessários para o movimento rotativo.

Com todos os componentes mecânicos devidamente montados e ajustados, foi realizada a instalação elétrica do painel de controle, respeitando rigorosamente as especificações e esquemas previstos no projeto. O painel foi conectado ao motor para possibilitar o acionamento e controle do martelete.

Realizou-se, então, o teste funcional do sistema, no qual foram avaliados o desempenho do motor, a eficiência do redutor, a operação do eixo-árvore e o movimento percussivo do martelete. Esse teste teve como objetivo verificar o correto funcionamento, identificar possíveis falhas e assegurar que o equipamento atendesse aos requisitos operacionais definidos.

Com a validação positiva do teste funcional, o processo foi concluído com a etapa de acabamento superficial e pintura da estrutura, proporcionando proteção contra corrosão e melhorando a estética do equipamento.

2.17 Pintura - preparação da superfície

Antes da aplicação da tinta sobre a superfície da estrutura principal do projeto, foi realizado um preparo criterioso para garantir a aderência e a durabilidade do revestimento. Inicialmente, a superfície metálica foi lixada utilizando um disco do tipo “flap”, o qual promove um desbaste uniforme, removendo impurezas, oxidações superficiais e promovendo o nivelamento da peça.

Em seguida, a estrutura foi cuidadosamente limpa com thinner, solvente orgânico utilizado para eliminar resíduos de óleo, poeira e partículas soltas, assegurando uma superfície limpa e pronta para receber o tratamento de pintura.

Figura 19 – Estrutura preparada



Fonte – Autoria própria

2.17.1 Primer e acabamento

Como etapa inicial do revestimento, aplicou-se uma camada de tinta do tipo primer na cor cinza, utilizando tinta spray. O primer atua como fundo preparatório, melhorando a aderência das camadas subsequentes, além de oferecer proteção anticorrosiva ao metal exposto.

Após o tempo necessário para a completa secagem do primer, aplicou-se a tinta de acabamento na cor preto fosco, também em spray, conferindo à estrutura uma aparência estética uniforme e proteção adicional contra agentes ambientais.

Figura 20 – Estrutura aplicada primer



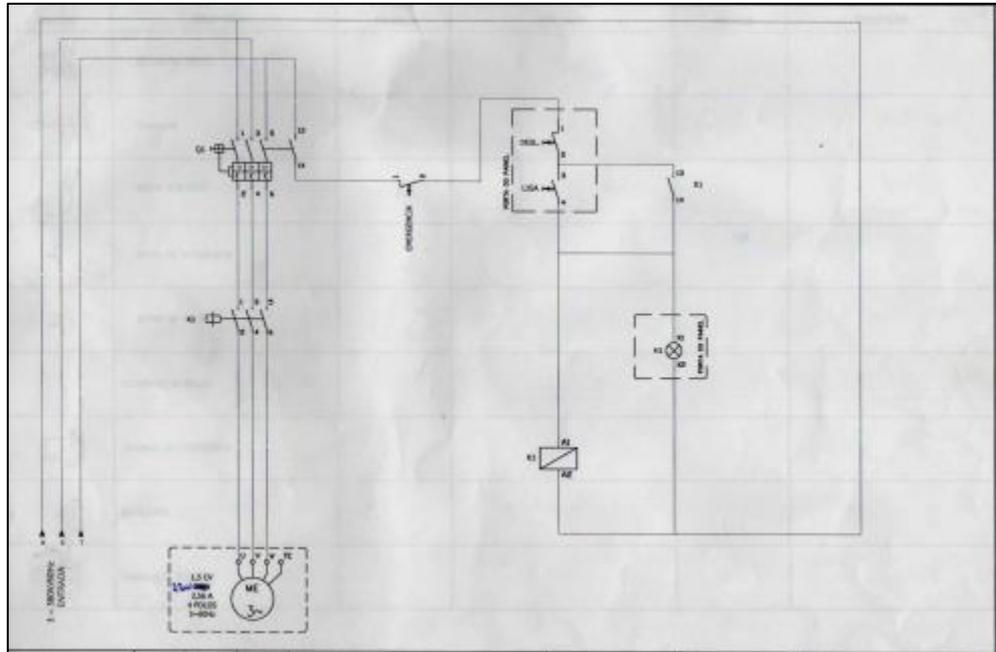
Fonte – Autoria própria

2.17.2. Demais elementos

Quanto aos componentes específicos do martelete, adotaram-se cores diferenciadas para facilitar a identificação e manutenção: o corpo principal do martelete recebeu pintura em azul escuro, mesma tonalidade utilizada para retoques no motor elétrico; os acoplamentos foram pintados na cor laranja, proporcionando maior visibilidade; e o redutor teve sua pintura renovada na cor original dele, assegurando o aspecto profissional e a proteção da peça.

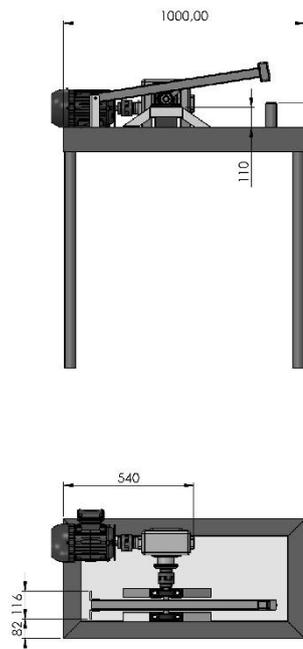
Capitulo III - PROJETO

3.1 Projeto elétrico

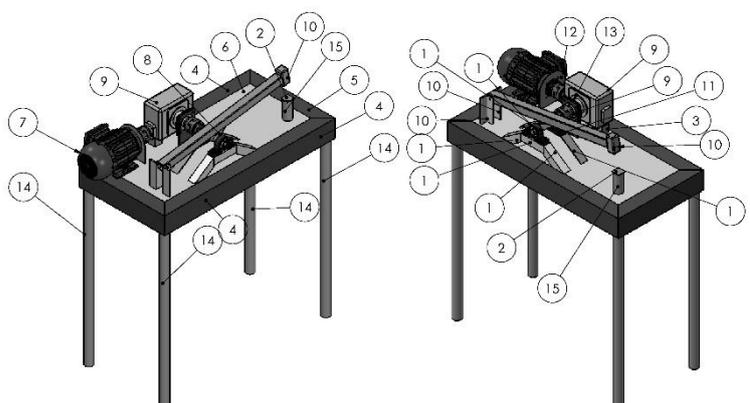


3.2 Projeto modelagem 3D e detalhamento

CONJUNTO MONTADO



ITEM NO.	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.	PESO
1	ARMAÇÃO	CONJUNTO CANTONEIRAS	1	2777,91
2	BASE - 3mm	CHAPA P. 11 GA / 3.00MM 1200 X 3000 ASTM A36	1	4,80
3	BLOCO	BLOCO MACIÇO ILUSTRATIVO	2	64,00
4	CANT. 1000MM	CANTONEIRA 4 X 4 X 1/4 FB128 ASTM A36	2	8070,25
5	CANT. 500MM	CANTONEIRA 4 X 4 X 1/4 FB128 ASTM A36	2	3892,91
6	CHAPA-BASE	CHAPA P. 03GA / 6.35MM 1200 X 3000 ASTM A572 GR50	1	15238,69
7	L80_RIGHT1	Alto Rendimento-Tipo-Motor de Indução - Galala -	1	5037,89
8	MCNT. EIXO	FE RED LAM 5" - Ø20MM - SAE 8640	1	82,37
9	MCNT. REDUTOR	MONTAGEM REDUTOR	1	4068,49
10	MCNTAGEM MARIELO	BRAÇO MARIELO	1	1343,69
11	Montagem Manca Rolamento F 20 mm NOVO	MANCAL ROLAMENTO F Ø20MM	1	99,34
12	TRAVAMENTO	CHAPA P. 11 GA / 3.00MM 1200 X 3000 ASTM A36	1	47,05
13	TRAVAMENTO 02	CHAPA P. 03GA / 6.35MM 200 X 3000 ASTM A572 GR50	1	69,49
14	TUBO 42.7 X 3.25 1000	TUBO 42.7 X 3.25	4	402,79
15	TUBO 42.7 X 3.25 1000	TUBO 42.7 X 3.25	1	40,28



Aluno:	Data:	Escala:	Quantidade:
Professor:	Data:	Material:	Peso:
projeto:			
Nº Peça	Descrição	Projeção:	Prazo Entrega:

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento e a execução de um martelete de forja, como proposto neste Trabalho de Conclusão de Curso, permitiram a consolidação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo da formação técnica em mecânica. O projeto envolveu a concepção, fabricação e montagem de um equipamento voltado à conformação de metais aquecidos, com ênfase no aço forjado, destacando-se como uma atividade integradora dos principais eixos temáticos do curso.

A realização do projeto exigiu a aplicação criteriosa de processos mecânicos fundamentais, como soldagem, usinagem, fresamento, corte e acabamento superficial por lixamento. A montagem estrutural e funcional do martelete incorporou ainda conhecimentos de eletromecânica, com a instalação de motor, redutor e painel de comando elétrico, garantindo o acionamento seguro e eficiente do sistema. A etapa final contou com o acabamento visual e a proteção do equipamento por meio da pintura com tinta spray, reforçando o aspecto profissional do produto final.

O desempenho do martelete foi avaliado através de ensaios práticos realizados no laboratório de mecânica, nos quais o equipamento demonstrou plena capacidade de realizar a conformação do ferro em estado incandescente, conforme os parâmetros estabelecidos. O sucesso nos testes comprova a viabilidade técnica da solução desenvolvida e atesta a eficácia das decisões tomadas ao longo do processo de construção.

Dessa forma, constata-se que os objetivos propostos foram integralmente atingidos. O projeto não apenas resultou em um equipamento funcional e coerente com as demandas práticas da área de atuação, como também proporcionou uma experiência significativa de aprendizagem. A execução deste trabalho favoreceu o desenvolvimento de habilidades técnicas, pensamento crítico e capacidade de resolução de problemas — competências essenciais à formação de um profissional técnico em mecânica.

Além disso, o projeto abre possibilidades para aprimoramentos futuros, como a automatização do sistema de impacto, melhorias na ergonomia operacional e a implementação de dispositivos de controle mais precisos, contribuindo para a evolução contínua das soluções mecânicas voltadas à conformação de metais

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 13722:1996 – Acoplamentos mecânicos – Tipos e aplicações. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1996. Acesso em: 28 maio 2025, às 21h.

ABNT. NBR 6158:2016 – Sistema de tolerâncias e ajustes. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2016. Acesso em: 29 maio 2025, às 20h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5410:2004. Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Acesso em: 30 maio 2025, às 19h30.

COUTO, A. A. do. Tecnologia da soldagem. 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2010. Acesso em: 3 jun. 2025, às 20h45.

FAG. Catálogo técnico de rolamentos e mancais. Schaeffler Brasil, 2021. Disponível em: <https://www.schaeffler.com.br>. Acesso em: 9 jun. 2025, às 21h15.

JUVINALL, R. C.; MARSHEK, K. M. Projeto de componentes de máquinas. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2018. Acesso em: 6 jun. 2025, às 22h.

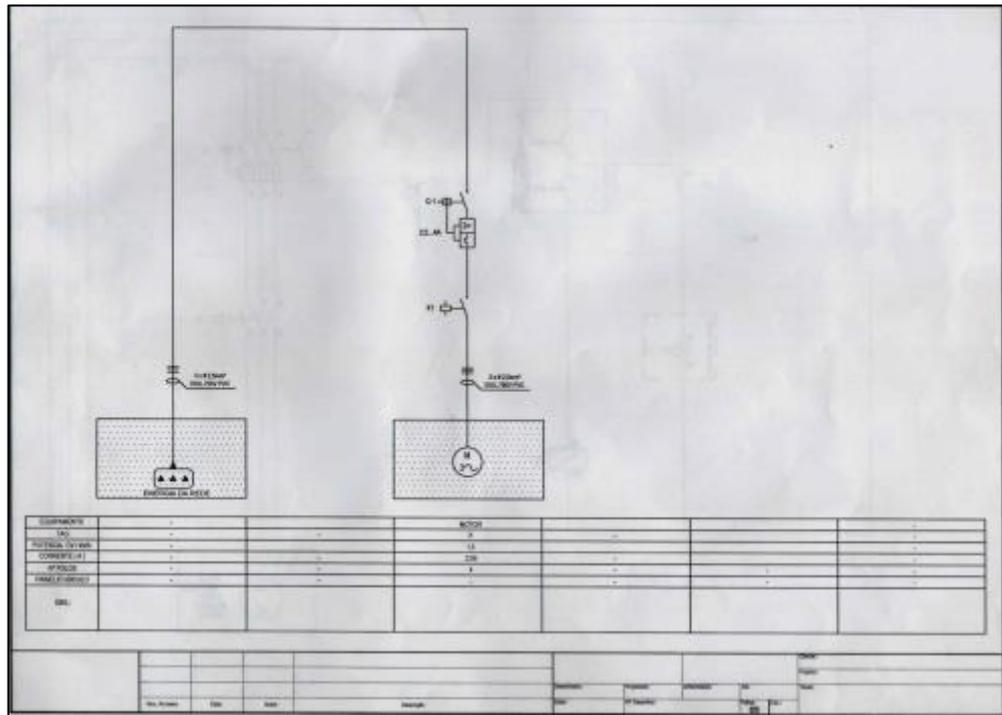
KRAJEWSKI, L. G. Processos de fabricação: usinagem e conformação. Rio de Janeiro: LTC, 2015. Acesso em: 4 jun. 2025, às 20h.

KTR DO BRASIL. Catálogo técnico de acoplamentos de garras ROTEX®. São Paulo: KTR, 2020. Disponível em: <https://www.ktr.com>. Acesso em: 9 jun. 2025, às 21h30.

MACHADO, A. R.; SILVA, L. F. da. Fundamentos de usinagem. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2018. Acesso em: 5 jun. 2025, às 20h30.

MACHADO, A. R.; SILVA, L. F. da. Fundamentos de usinagem: conceitos e processos. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2018. Acesso em: 5 jun. 2025, às 21h45.

ANEXOS



SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	PARAR MOTOR				
	EMERGENCY STOP				
	MOTOR ELÉTRICO				
	MOTOR DE EMERGENCIA				
	MOTOR DE PULSO				
	CONTACTO AUXILIAR				
	BOBINA DO CONTACTOR				
	SINALIZADOR				
	TOMADA 3 PINOS				

Tamanho	Torque [Nm]		ppm	d ₁ [mm]			D ₂ [mm]	B [mm]	LE [mm]	S ₁ [mm]	J [kgm ²]	Massa [kg]	Tamanho
	Nominal	Máximo		Máx	Mín	Máx							
50	39	45	5000	-	22	33	50	25	52	2.0	0.0002	0.46	50
67	33	75	6500	-	30	46	67	30	62.5	2.5	0.0004	0.93	67
82	75	160	5400	-	35	53	82	40	83	3.0	0.0072	1.76	82
97	157	340	4500	-	45	68	97	50	109	3.0	0.0208	5.48	97
112	247	540	4000	-	50	79	112	60	123.5	3.5	0.0062	5.00	112
128	397	860	3500	-	60	90	128	70	143.5	3.5	0.0172	7.90	128
148	637	1350	3200	-	70	107	148	80	163.5	3.5	0.0255	11.30	148
168	1035	2250	2650	-	80	124	168	90	183.5	3.5	0.0450	18.40	168
194	1605	3630	2300	-	90	140	194	100	203.5	3.5	0.0894	26.30	194
214	2400	5400	2100	-	100	157	214	110	224	4.0	0.1668	35.70	214
240	3700	8350	1850	-	120	179	240	120	244	4.0	0.2508	48.70	240
265	5800	13000	1700	44	130	198	265	140	285.5	5.5	0.4350	66.30	265
295	7600	18000	1550	50	140	214	295	150	308	6.0	0.6858	84.80	295
330	9900	23400	1450	56	170	248	330	160	318	6.0	1.1650	101.00	330

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

ITEM N.O.	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.	PESO
1	CHAPA-BASE	CHAPA P. 03GA / 6.35MM * 200 X 3000 ASTM A572 GR50	1	15238,69

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

ITEM NO.	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.	PESO
1	CANTONEIRA 1-1/2 X 1-1/2 X 1-1/2	CANTONEIRA 1.1/2 X 1.1/2 X 1.2 AISI 304	1	475.13

Aluno:	Data:	Escala:	Quantidade:
Professor:	Data:	Material:	Peso:
projeto:			
Nº Peça	Descrição	Projeção:	Prazo Entrega:

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

ITEM NO.	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.	PESO
1	CANT. 1000MM	CANTONEIRA 4 X 4 X 1/4 PB128 ASTM A36	1	8070.25

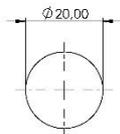
Aluno:	Data:	Escala:	Quantidade:
Professor:	Data:	Material:	Peso:
projeto:			
Nº Peça	Descrição	Projeção:	Prazo Entrega:

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

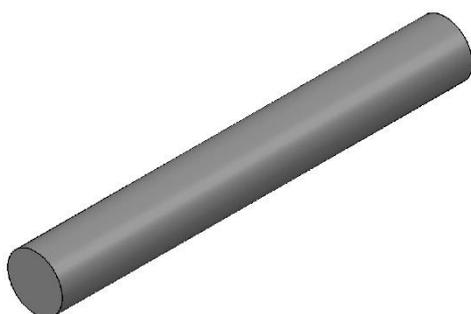
ITEM NO.	N° DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.	PESO
1	EIXO 20 mm	FE RED LAM 5 - Ø20MM - SAE 8640	1	47,12



150,00



Ø 20,00



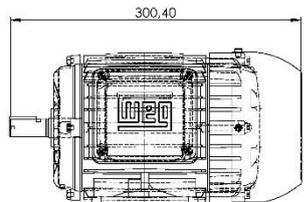
	Aluno:	Data:	Escala:	Quantidade:
	Professor:	Data:	Material:	Peso:
projeto:				
N° Peça	Descrição		Projeção:	Prazo Entrega:

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

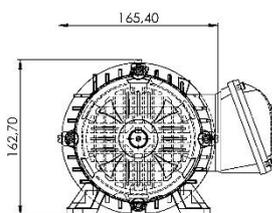
ITEM NO.	N° DA PEÇA	QTD.
1	L80_RIGHT1	1

FICHA TÉCNICA

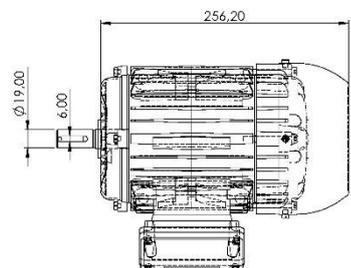
| Modelo Plus Alto Rendimento-Tipo-Motor de Indução - Gaiola -
 Número de Série - 1027825328 - Data de Fabricação | 31/03/2015 -
 Grau de Proteção - IP55 | Carcaça | AL80 | Norma | NBR 17094-1
 Potência | 1 CV (0,75 kW) | Frequência | 60 Hz | Tensão |
 220/380/440 V | Corrente | 4,22 / 2,56 / 2,21 A | Fator de Serviço
 (SF) | 1,15 | Tipo de Isolação | Classe F | Conexão | Δ (220V) / Y
 (380V e 440V) | Cos φ (Fator de Potência) | 0,80
 Dados Mecânicos | Item | Informação | Tipo de Rolamento | 6204-ZZ
 (DIANTEIRO) / 6203-ZZ (TRASEIRO) | Lubrificante | Mobil Polyrex EM |



300,40



165,40
162,70



256,20
Ø 19,00



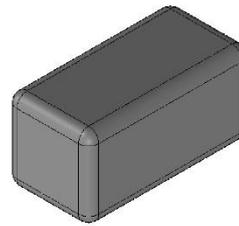
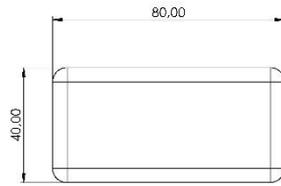
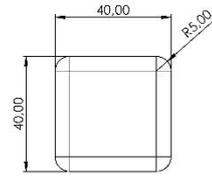
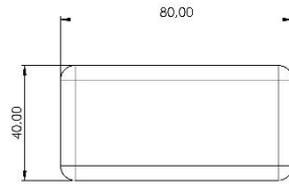
IMAGEM MERAMENTE ILUSTRATIVA

	Aluno:	Data:	Escala:	Quantidade:
	Professor:	Data:	Material:	Peso:
projeto:				
N° Peça	Descrição		Projeção:	Prazo Entrega:

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

IMAGEM MERAMENTE ILUSTRATIVA

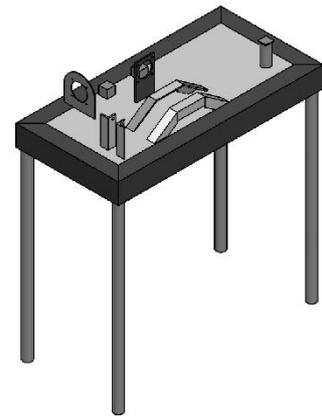
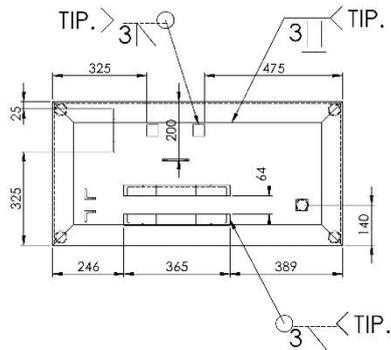
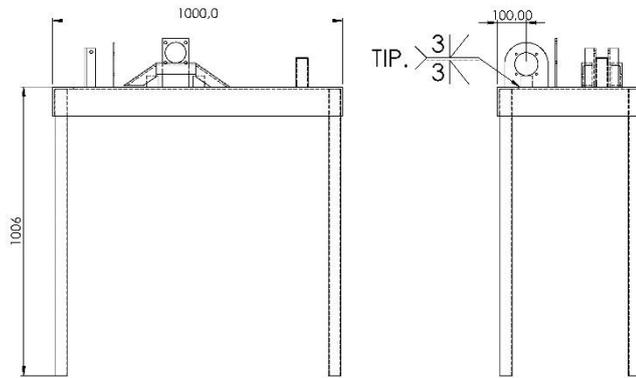
ITEM NO.	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.	PESO
1	MARTELO		1	



Aluno:	Data:	Escala:	Quantidade:
Professor:	Data:	Material:	Peso:
projeto:			
Nº Peça	Descrição	Projeção:	Prazo Entrega:

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

CONJUNTO SOLDADO



Aluno:	Data:	Escala:	Quantidade:
Professor:	Data:	Material:	Peso:
projeto:			
Nº Peça	Descrição	Projeção:	Prazo Entrega:

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

ITEM NO.	N° DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.	PESO
1	TRAVAMENTO	CHAPA P. 11 GA / 3.00MM 1200 X 3000 ASTM A36	1	47,05

Aluno:	Data:	Escala:	Quantidade:
Professor:	Data:	Material:	Peso:
projeto:			
N° Peça	Descrição	Projeção:	Prazo Entrega:

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

ITEM NO.	N° DA PEÇA	QTD.
1	MONT. ACOPLAMENTO	2
2	REDUTOR	1

IMAGEM MERAMENTE ILUSTRATIVA

Aluno:	Data:	Escala:	Quantidade:
Professor:	Data:	Material:	Peso:
projeto:			
N° Peça	Descrição	Projeção:	Prazo Entrega:

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

ITEM NO.	Nº DA PEÇA	QTD.
1	Mancal Ferro Fundido	1
2	Parafuso S.Cab M6 x 6 mm (B) 18.3.6M - M6 x 1.0 x 6 Hex Socket Type I Cup PL SS - S)	2
3	Roamento UC70e - F 20 mm	1

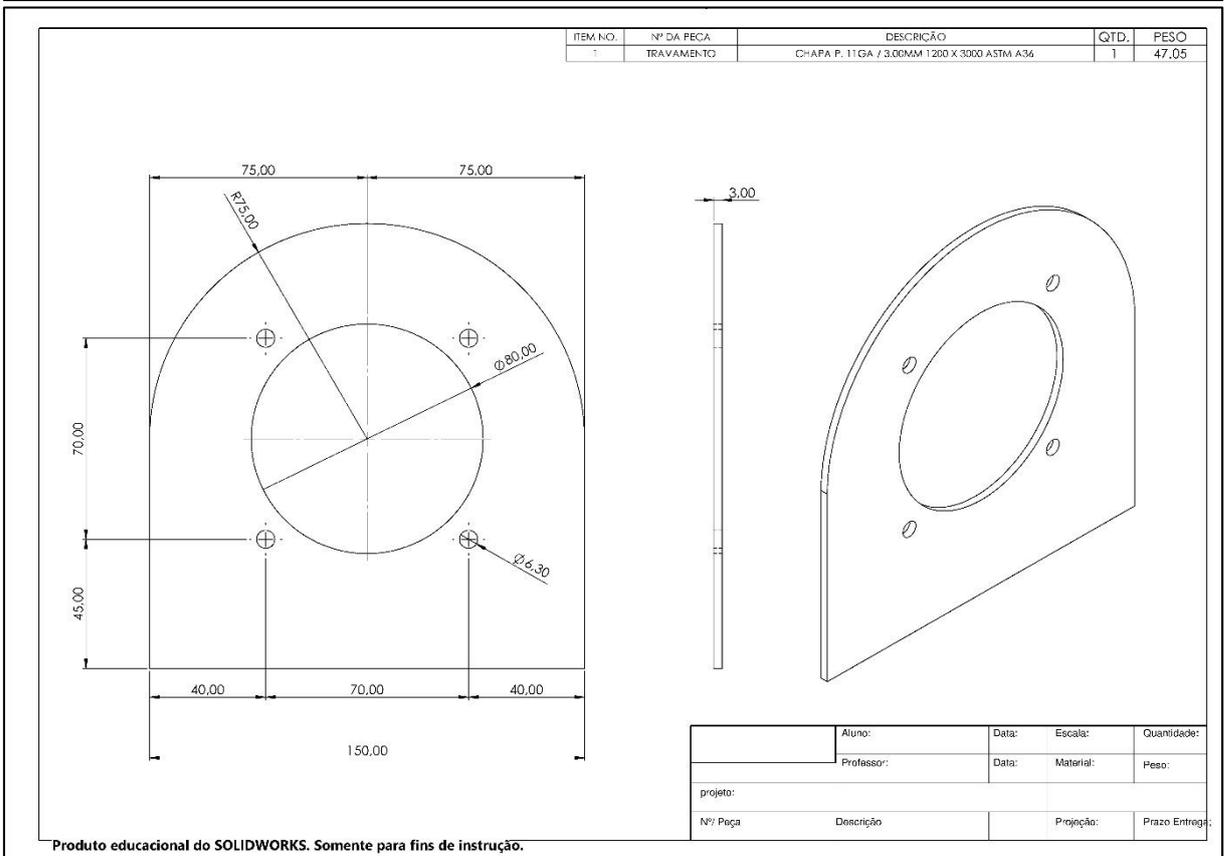
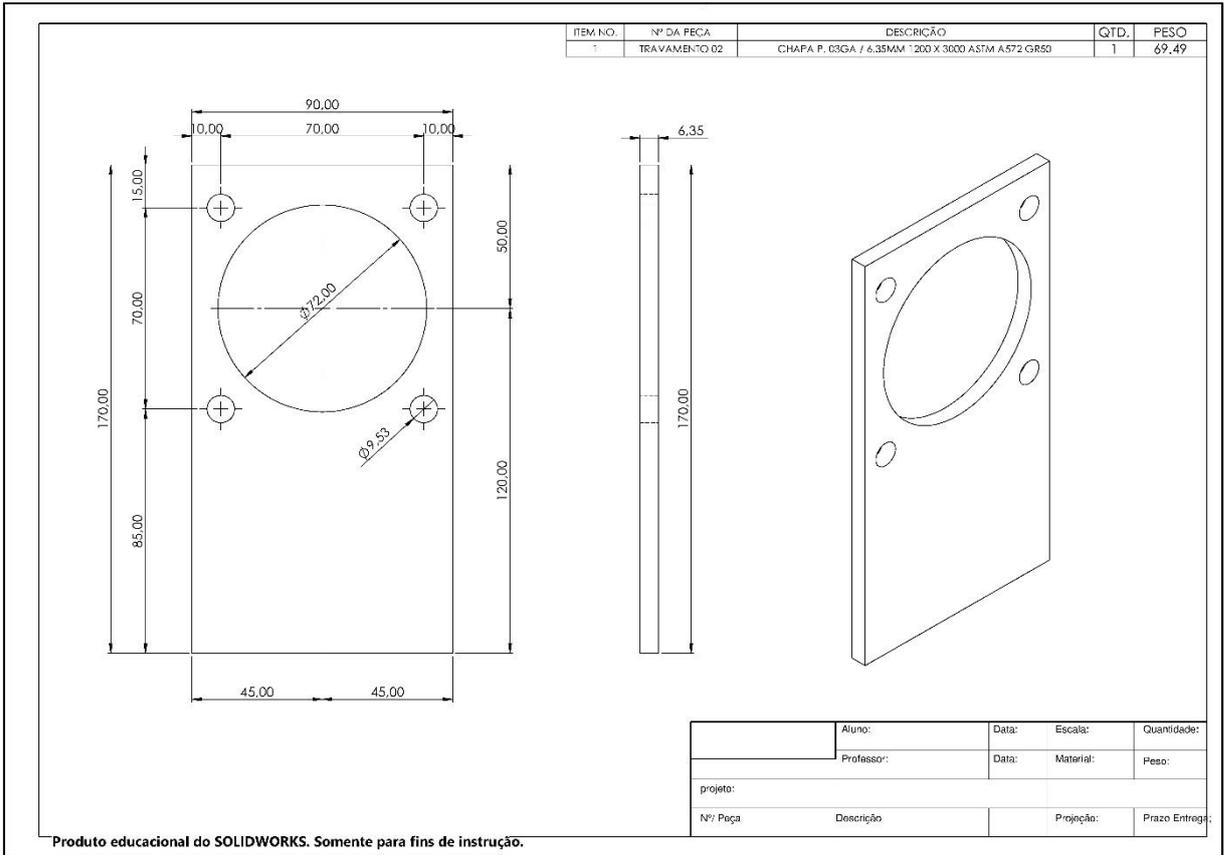
Aluno:	Data:	Escala:	Quantidade:
Professor:	Data:	Material:	Peso:
projeto:			
Nº Peça	Descrição	Projeção:	Prazo Entrega:

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.

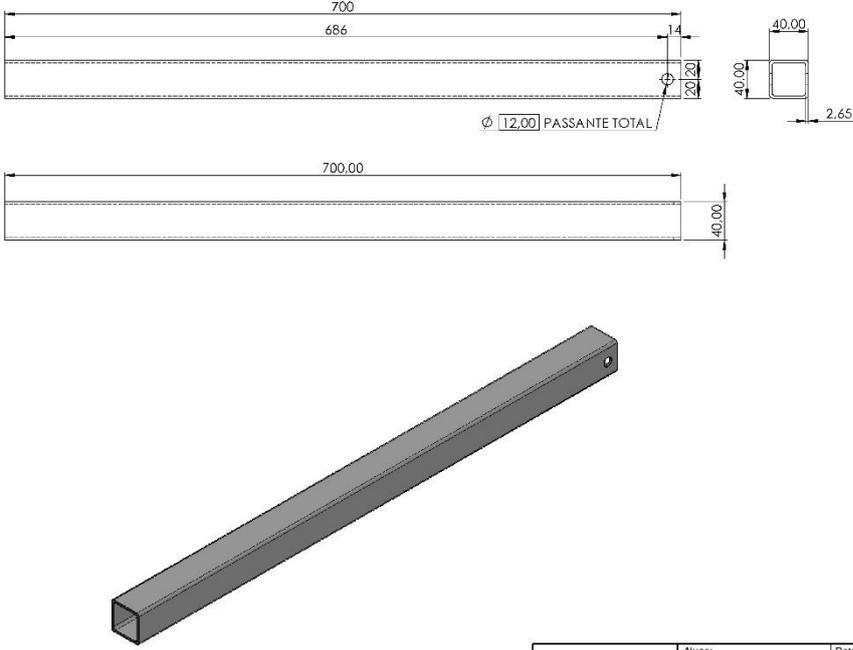
ITEM NO.	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.	PESO
1	FINO	CHAPA P. 1" / 25.4MM - 1240 X 3000MM ASTM A572 GR50	1	35.24

Aluno:	Data:	Escala:	Quantidade:
Professor:	Data:	Material:	Peso:
projeto:			
Nº Peça	Descrição	Projeção:	Prazo Entrega:

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.



ITEM NO.	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.	PESO
1	Tubo quadrado 40 x 40 x 2,65	TUBO QUADRADO DE METALON 40X40 X 2,65mm	1	276,54



Technical drawing showing dimensions for a square metal tube:

- Top view: Total length 700, hole diameter $\phi 12,00$ PASSANTE TOTAL.
- Side view: Length 686, wall thickness 1,4.
- Cross-section: Square profile 40.00 x 40.00, wall thickness 2,65.
- 3D view: Perspective view of the tube with a hole at one end.

Aluno:	Data:	Escala:	Quantidade:
Professor:	Data:	Material:	Peso:
projeto:			
Nº Peça	Descrição	Projeção:	Prazo Entrega:

Produto educacional do SOLIDWORKS. Somente para fins de instrução.