

FACULDADE DE TECNOLOGIA PORTO DAS MONÇÕES
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**REDUÇÃO DE MATERIAL EM UMA PEÇA AUTOMOTIVA VISANDO A REDUÇÃO
DE CUSTOS DE PRODUÇÃO**

Porto Feliz / SP
2023

GABRIEL FÁVARO
GUSTAVO BELLO

**REDUÇÃO DE MATERIAL EM UMA PEÇA AUTOMOTIVA VISANDO A REDUÇÃO
DE CUSTOS DE PRODUÇÃO**

*Trabalho de conclusão apresentado a
Faculdade de Tecnologia Porto das
Monções – FAMO, como requisito para a
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção.*

Orientador: Prof. Rogério Borin

Porto Feliz / SP
2023

FACULDADE DE TECNOLOGIA PORTO DAS MONÇÕES
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**REDUÇÃO DE MATERIAL EM UMA PEÇA AUTOMOTIVA VISANDO A REDUÇÃO
DE CUSTOS DE PRODUÇÃO**

**GABRIEL FÁVARO
GUSTAVO BELLO**

Orientador: Prof. Rogério Borin

Banca Examinadora:

**Josemil Monteiro de Almeida
Prof. Convidado**

**Rogério Borin
Prof. Orientador**

**Marcos Martins Mioni
Coordenador**

Porto Feliz / SP
2023

RESUMO

Este presente trabalho consiste em apresentar conceitos sobre o processo de fabricação da carcaça da bomba d'água e a quantidade de quilogramas de alumínio utilizados para a confecção da mesma, visando uma redução consciente da quantidade de alumínio usada. A ideia do tema apresentado foi pensada visando a redução de massa na carcaça da bomba d'água que conseqüentemente reflete na parte financeira, ou seja, uma otimização no valor de fabricação do produto. É levantado um estudo sobre a redução de massa válida sem afetar a funcionalidade primária da peça. Ao término é apresentado o resultado obtido através dos estudos técnicos de aplicabilidade no motor.

Palavras-chaves: bomba d'água, carcaça, alumínio, redução, funcionalidade, motor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Ciclo PDCA

Figura 1.2 - Ciclo PDCA

Figura 2.1 – Brainstorm

Figura 2.2 – Brainstorm

Figura 3.1 - Lingote de alumínio

Figura 3.2 – Processo de fabricação do alumínio

Figura 4.1 - Sistema de arrefecimento

Figura 4.2 – Sistema de arrefecimento

Figura 5.1 – Bomba de água

Figura 5.2 – Bomba de água

Figura 6.1 – Injetora

Figura 6.2 – Injetora

Figura 7.1 – Exemplo de molde de injeção

Figura 7.2 – Exemplo de molde de injeção

Figura 7.3 – Exemplo de molde de injeção

Figura 8 – Paquímetro

Figura 9 – Simulação de estrutura

Figura 10 – Bomba de água

Figura 11 – Bomba de água e paquímetro

Figura 12 – Indicação da região da carcaça para redução de material

Figura 13 – Representação da altura da polia

Figura 14 – Proposta de carcaça com 20% de redução de massa

LISTA DE TABELAS / GRÁFICOS

Tabela 1 – Comparação entre produto atual x produto proposto

Tabela 2 – Payback do investimento (proposta 1 – 10%)

Tabela 3 – Payback do investimento (proposta 2 – 20%)

Gráfico 1 – Comparação Custo

Gráfico 2 – Comparação Alumínio

SUMÁRIO

RESUMO	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABELAS / GRÁFICOS	6
SUMÁRIO.....	7
1. INTRODUÇÃO.....	8
1.1. OBJETIVO GERAL.....	8
1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	8
1.2. PROBLEMA.....	9
1.3. JUSTIFICATIVA	9
1.4. METODOLOGIA.....	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 PDCA.....	12
2.2 BRAINSTORM	14
2.3 ALUMÍNIO.....	16
2.4 SISTEMA DE ARREFECIMENTO.....	18
2.5 BOMBA DE ÁGUA.....	20
2.6 INJETORA E MOLDE.....	21
2.7 PAQUÍMETRO	25
2.8 SOLIDWORKS.....	26
3. DESENVOLVIMENTO.....	28
3.1 AVALIAÇÃO DO PRODUTO ATUAL E LEVANTAMENTO DE DADOS.....	29
3.2 BRAINSTORM PARA AVALIAR A ÁREA E A QUANTIDADE DE MATÉRIA-PRIMA A SER REDUZIDA	30
3.3.1 COMPARAÇÃO ENTRE PRODUTO ATUAL X PRODUTO PROPOSTO.....	33
3.3.2 PAYBACK – PROPOSTA 1.....	34
3.3.3 PAYBACK – PROPOSTA 2.....	34
3.3.4 COMPARAÇÃO CUSTO	35
3.3.5 COMPARAÇÃO ALUMÍNIO	35
3.4 AVALIAÇÃO DO PROJETO.....	36
4. CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

A bomba d'água é um dos principais componentes do sistema de arrefecimento, sendo sua função fazer o líquido circular pelo motor, afinal, a água/aditivo no radiador só tem eficiência porque a bomba d'água circula e refrigera o motor.

A bomba de água é composta pela carcaça, polia, rotor, eixo, rolamento e selo mecânico, onde juntos fazem a função supracitada.

Se essa peça apresentar algum defeito, pode ocorrer o aquecimento do líquido, chegando até a ferver, danificando outros componentes do motor, gerando grande prejuízo para o proprietário do veículo.

Em tese, a bomba de água é responsável por manter a temperatura do motor estável, através da troca de calor gerado na combustão.

Quanto mais pesado for/estiver o veículo, mais combustível ele irá gastar, pois irá ter de forçar mais o motor para conseguirmos movê-lo.

Neste artigo será abordado uma oportunidade de redução de massa de alumínio da bomba d'água, a fim de tornar o veículo mais leve (benefício para o proprietário do veículo) e redução de custo na fabricação da bomba, sem prejudicar a qualidade e eficiência da bomba d'água no veículo e sem causar danos em seu funcionamento.

No decorrer dos capítulos será explicado e detalhado como essa redução acontecerá, os pontos de redução e a viabilidade dessa oportunidade de ganho no processo.

1.1. OBJETIVO GERAL

Colaborar para o desenvolvimento de projetos que visam reduzir material em uma bomba de água e avaliar os custos dessa modificação no produto.

1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- I. Reduzir custo de produção na fabricação de uma bomba de água através da redução de matéria-prima no produto.
- II. Comparar a bomba de água atual e a bomba de água proposta bem como

seus custos de fabricação.

- III. Definir, com base nos valores levantados, se o projeto será válido ou não.

1.2. PROBLEMA

Pensando nos custos elevados de produção, como reduzir custo na fabricação de uma bomba de água mantendo a qualidade e confiabilidade do produto?

1.3. JUSTIFICATIVA

Sendo um metal nobre, o alumínio possui um custo significativo na produção da bomba de água. A relevância deste estudo é para ter redução de custos através da redução de massa durante a fabricação da carcaça da bomba de água mantendo a segurança e confiabilidade do produto, assim, aumentando diretamente o lucro da empresa.

1.4. METODOLOGIA

Metodologia exploratória – estudo de caso

Toda pesquisa científica deve definir seu objeto de estudo e, a partir daí, construir um processo de investigação, delimitando o universo que será estudado. Não existe uma regra para definir, mas a escolha depende das circunstâncias: questões amplas e profundas. A mais importante diferenciação entre os vários métodos de pesquisa é classificar o tipo de questão que está sendo feito, baseadas no “como” e “por que” de uma determinada situação. O aspecto diferenciador do estudo de caso “reside em sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências – documentos, artefatos, entrevistas e observações” (YIN, 2001, p.27).

O estudo de caso é uma metodologia onde permite que os “investigadores” retenham uma perspectiva holística e do mundo real. Goode e Hatt (1979, p. 421-422) definem o estudo de caso como um método de olhar para a realidade social. “Não é uma técnica específica, é um meio de organizar dados sociais preservando o caráter unitário do objeto social estudado”.

Para Lüdke e André, a mais importante diferenciação entre os vários métodos de pesquisa é classificar o tipo de questão que está sendo feito. O estudo de caso pode ser classificado como:

- 1) intrínseco, ou seja, uma essência, a natureza de algo, que é próprio de algo, inerente, algo real;
- 2) particular, quando procura compreender melhor um caso particular em si;
- 3) instrumental, quando se examina algo a partir de um objeto para pesquisas futuras;
- 4) coletivo, quando se busca ampliar a compreensão sobre um conjunto de casos.

Segundo Sekaran (1984), o objetivo geral do método de pesquisa é encontrar respostas ou soluções aos problemas por meio de uma investigação organizada, crítica, sistemática, científica e baseada em dados observados. Portanto, o papel da metodologia da pesquisa é guiar o processo da pesquisa por meios de um sistema dos procedimentos.

Para Gil (1991), estudo de caso é um estudo profundo e exaustivo de um ou de mais objetos, permitindo um amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos de pesquisa. São várias as vantagens do estudo de caso, dentre elas pode-se citar:

- o estímulo a novas descobertas;
- a ênfase na totalidade;
- a simplicidade dos procedimentos

O estudo de caso, segundo Gil (1991), permite a análise de uma situação ou fenômeno. Em outras palavras, permite o estabelecimento de bases para uma investigação posterior, mais sistêmica e precisa.

Para fazer um estudo de caso é necessário seguir alguns passos, e dentro desses está a fase exploratória, que consiste em entrar em campo e localizar as fontes de dados necessárias para o estudo. “De difícil aplicação, ocorre geralmente em forma

narrativa, por meio da qual o investigador procura explicar um fenômeno, estipulando um conjunto de elos causais em relação a ele.” (YIN, 2001, p. 141)

Segundo Yin (2001, p.32): “o estudo de caso é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, sendo que os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”.

Bruney, Herman e Schoutheete (in DUARTE e BARROS, 2006, p. 216) definem estudo de caso como “análise intensiva, empreendida numa única ou em algumas organizações reais.” Para eles, o estudo de caso reúne, tanto quanto possível, informações numerosas e detalhadas para apreender a totalidade de uma situação.

Wimmer (1996, p. 161) enumera quatro características do método:

- 1) Particularismo: via de análise prática de problemas da vida real;
- 2) Descrição: detalhes de um assunto submetido a indagação;
- 3) Explicação: novas interpretações e perspectivas, assim como o descobrimento de novos significados e visões antes despercebidas;
- 4) Indução: raciocínio indutivo, o estudo de caso pretende descobrir novas relações entre elementos.

Portanto, os estudos de caso não buscam a generalização de seus resultados, mas sim a compreensão e interpretação mais profunda dos fatos e fenômenos específicos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PDCA

O PDCA é uma metodologia de gestão que tem como objetivo a melhoria contínua dos processos. O ciclo PDCA envolve quatro etapas: planejar, executar, verificar e agir. Na fase de planejamento, são definidos os objetivos e as metas a serem alcançadas, bem como as ações necessárias para alcançá-los. Na etapa de execução, as ações são integradas. Na fase de verificação, os resultados são avaliados e comparados com metas protegidas. Finalmente, na etapa de ação, as correções e melhorias necessárias são implementadas.

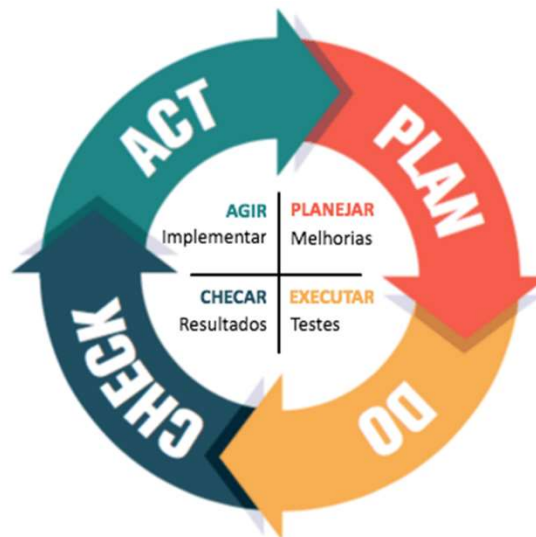


Figura 1.1 – Ciclo PDCA

Fonte: DOX Gerenciamento de Projetos e Obras; disponível em <
<https://www.doxplan.com/Noticias/Post/Ciclo-PDCA,-uma-ferramenta-imprescindivel-ao-gerente-de-projetos>> acesso em 16/11/2023

Plan (Planejar): O primeiro passo do ciclo PDCA é planejar a atividade que será executada. Nessa etapa, é necessário definir o objetivo da manutenção e estabelecer as etapas necessárias para alcançá-lo. Como disse Shewhart (1891-1967): “Planejar é uma atividade essencial para a melhoria contínua, pois ajuda a estabelecer metas claras e a definir as ações necessárias para alcançá-las.”

Do (Executar): A segunda etapa do ciclo PDCA é executar o plano estabelecido na etapa anterior. Nessa fase, é importante seguir as etapas definidas e executar as

atividades de acordo com as melhores práticas estabelecidas. Conforme afirma Deming (1900-1993): “A execução adequada é a chave para a melhoria contínua, pois permite que as organizações alcancem seus objetivos e melhorem seus processos.”

Check (Verificar): A terceira etapa do ciclo PDCA é verificar se as atividades executadas atingiram o objetivo definido. Nessa fase, é importante avaliar se a melhoria proposta está funcionando adequadamente e se os problemas identificados foram resolvidos. Como afirma Ishikawa (1915-1989): “Verificar é uma etapa crucial para a melhoria contínua, pois permite que as organizações avaliem os resultados obtidos e identifiquem novas oportunidades de melhoria.”

Act (Agir): A quarta e última etapa do ciclo PDCA é agir com base nos resultados obtidos na etapa anterior. Nessa fase, é importante implementar ações corretivas para melhorar ainda mais a eficácia. Conforme afirma Juran (1904-2008): “Agir é uma etapa crítica para a melhoria contínua, pois permite que as organizações implementem mudanças e ajustes que ajudem a alcançar os objetivos estabelecidos.”

Dessa forma, a aplicação da metodologia PDCA na manutenção de uma bomba de água automotiva pode ajudar a garantir que o equipamento esteja funcionando adequadamente e de acordo com as melhores práticas estabelecidas, promovendo um ciclo contínuo de melhoria.

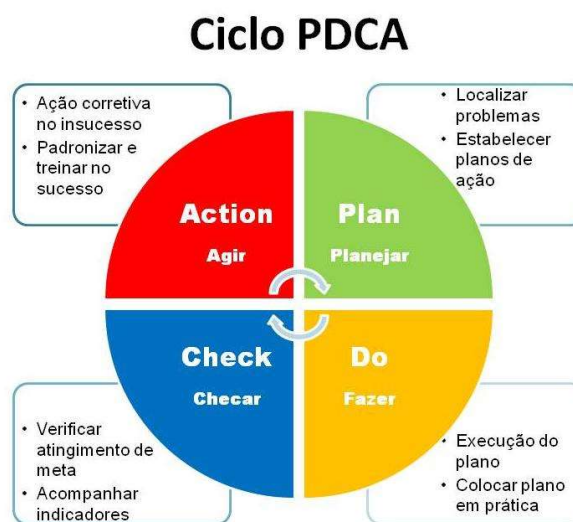


Figura 1.2 – Ciclo PDCA

Fonte: Eduardo, Paulo; **Blog do Aprendiz**; disponível em < [BLOG DO APRENDIZ: O CICLO PDCA E A MELHORIA CONTÍNUA \(paulooaprendiz.blogspot.com\)](http://BLOG DO APRENDIZ: O CICLO PDCA E A MELHORIA CONTÍNUA (paulooaprendiz.blogspot.com)) > acesso em 10/12/2023

2.2 BRAINSTORM

O brainstorming é uma técnica que visa estimular a criatividade e a geração de ideias em grupo. O objetivo é reunir um grupo de pessoas para discutir livremente um determinado tema ou problema, sem críticas ou julgamentos. Todas as ideias são registradas e avaliadas posteriormente para identificar as melhores soluções.



Figura 2.1 – Brainstorm

Fonte: FreePik; disponível em < <https://br.freepik.com/fotos-vetores-gratis/brain-storming> > acesso em 16/11/2023

Preparação: Antes de iniciar a sessão de brainstorming, é importante preparar a equipe e definir o objetivo da atividade. Segundo Alex Faickney Osborn (1888-1966), um dos criadores do brainstorming, “a preparação é essencial para a obtenção de ideias criativas e úteis. A definição clara do problema e dos objetivos é o primeiro passo para uma sessão bem-sucedida de brainstorming”.

Geração de ideias: Durante a sessão de brainstorming, a equipe deve gerar o maior número possível de ideias, sem se preocupar com a qualidade ou a exequibilidade das mesmas. Nessa etapa, é importante incentivar a participação de todos e estimular a criatividade. Como afirmou Peter Drucker (1909-2005), “a criatividade é a capacidade de ver o que todos veem, mas pensar no que ninguém pensou”.

Seleção e avaliação: Após a geração de ideias, é preciso selecionar e avaliar as melhores opções. Nessa etapa, é importante levar em consideração critérios como

viabilidade, eficácia e custo-benefício. Como disse Tom Peters (1942), “a qualidade é o resultado de um esforço constante para melhorar. A seleção e avaliação criteriosa das ideias geradas é fundamental para garantir que apenas as melhores soluções sejam implementadas”.

Implementação: Finalmente, é hora de implementar as ideias selecionadas e avaliadas. Nessa fase, é importante definir um plano de ação e acompanhar a execução das atividades para garantir que tudo seja realizado de acordo com o planejado. Conforme afirmou Jim Rohn (1930-2009), “o sucesso não é um destino, mas uma jornada. A implementação bem-sucedida das ideias geradas durante a sessão de brainstorming é essencial para alcançar os objetivos estabelecidos”.

Dessa forma, a aplicação da metodologia de brainstorming na avaliação de uma bomba de água automotiva pode ajudar a equipe a gerar ideias criativas e inovadoras para solucionar os problemas identificados, promovendo um ambiente colaborativo e estimulando a participação de todos.



Figura 2.2 – Brainstorm

Fonte: Pinterest; **O que é brainstorming**; disponível em <
<https://br.pinterest.com/pin/580471839464634515/>> acesso em 10/12/2023

2.3 ALUMÍNIO

O setor de produção de alumínio é um dos mais versáteis metais utilizados pelo homem, sendo hoje a segunda indústria metalúrgica do mundo, superada apenas pela siderúrgica.

O alumínio é um metal que apresenta elevada resistência mecânica e à corrosão e tem um ótimo aspecto estético.

Extraído da bauxita (encontrada em média 4,5 metros de profundidade da superfície), o alumínio é um metal formado a partir da decomposição de rochas alcalinas dada pela infiltração de água. O alumínio é formado a partir de uma série de reações químicas.



Figura 3.1 – Lingote de alumínio

Fonte: Aluminum Alloys LLC; disponível em < lingotes de aluminio - Bing images > acesso em 16/11/2023

É eliminado as impurezas da bauxita e depois transformada em uma pasta para ser extraído a alumina – um pó branco e refinado semelhante ao açúcar. Por meio de diferentes processos a alumina pode resultar em alumina calcinada, alumina tabular ou cimento de aluminato de cálcio, com diferentes aplicações.

As propriedades físicas do alumínio são: sólida, líquida (ponto de fusão –

660°C), gasoso (ponto de ebulição – 2470°C). Algumas características são a alta condutibilidade elétrica e térmica.

O alumínio é o metal não ferroso de maior densidade, apresentando 2,7g/ml, apresentando um aspecto maleável, ou seja, ele se molda ao formato que desejar.

Autores como BRIDENBAUGH (1987), presidente do setor de pesquisas da Aluminium Company o.f America, Alcoa Center, destaca o alumínio e as ligas estruturais de alumínio como o material estrutural para o futuro, com base em questões ambientais como poluição, reciclagem, oferta de produto e possibilidades de melhoria da qualidade para atender o mercado.

O alumínio puro é um material com propriedades mecânicas inadequadas para certos usos, portanto precisa ser adicionado propriedades ao alumínio para dar liga: ligas tratáveis termicamente e não tratáveis termicamente. As ligas de alumínio, apresentam características que o torna competitivo em muitas situações.

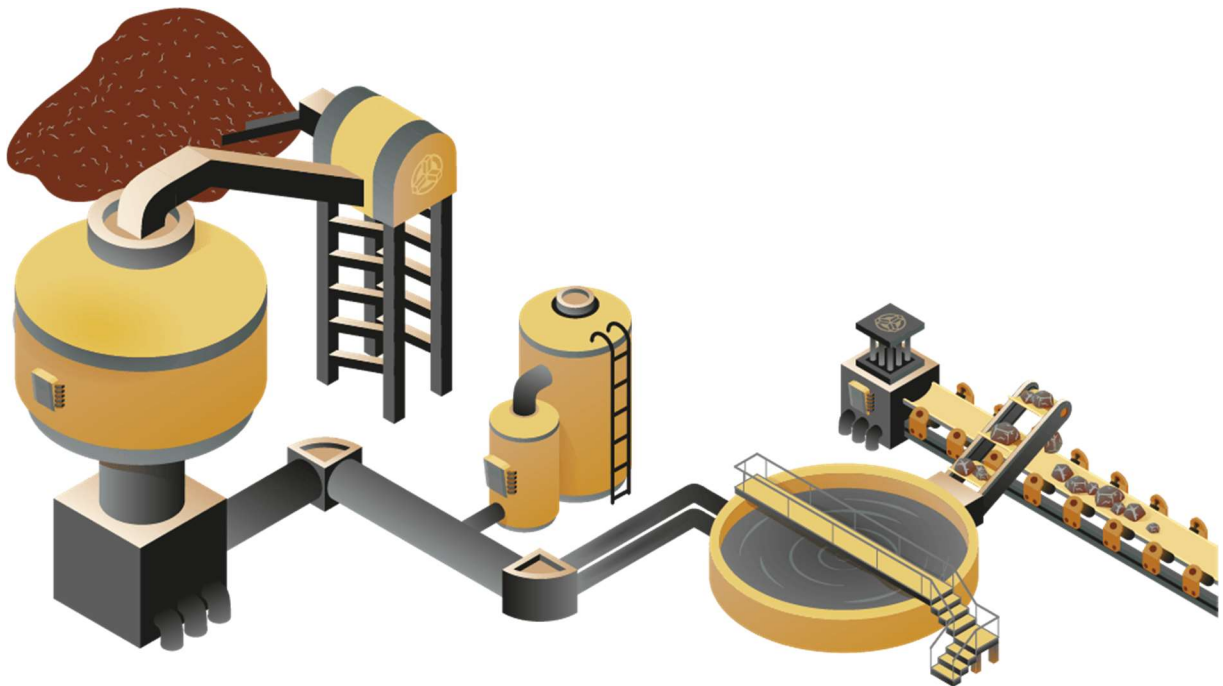


Figura 3.2 – Processo de fabricação do alumínio

Fonte: CopperMetal; **da bauxita à liga metálica**; disponível em <

<https://mkt.coppermetal.com.br/cadastro-infografico-da-bauxita-a-liga-metalica-como-e-o-processo-de-fabricacao-e-obtencao-do-aluminio> > acesso em 10/12/2023

2.4 SISTEMA DE ARREFECIMENTO

O sistema de arrefecimento desempenha um papel crucial na operação eficiente de uma bomba d'água automotiva. Ele é responsável por controlar a temperatura do motor, evitando o superaquecimento e garantindo seu funcionamento adequado. Além disso, um sistema de arrefecimento eficiente contribui para a redução do desgaste das peças e aumenta a vida útil do motor. Segundo John B. Heywood (1988), em seu livro "Internal Combustion Engine Fundamentals", um sistema de arrefecimento bem projetado e mantido é essencial para o desempenho e confiabilidade do motor, além de influenciar diretamente nos custos operacionais e de manutenção. Com a evolução, surgiram veículos de alto desempenho e que exigem alta eficiência dos motores causando superaquecimento, necessitando de um sistema para resfriamento do motor, onde é usado o sistema de arrefecimento, que tem como função, fazer a troca do líquido arrefecido com o calor do ar ambiente. A finalidade do sistema é manter o motor com a temperatura ideal em aproximadamente 90 °C, para que os componentes mecânicos não sejam danificados devido ao aumento de temperatura que é gerado no motor devido ao processo de combustão.

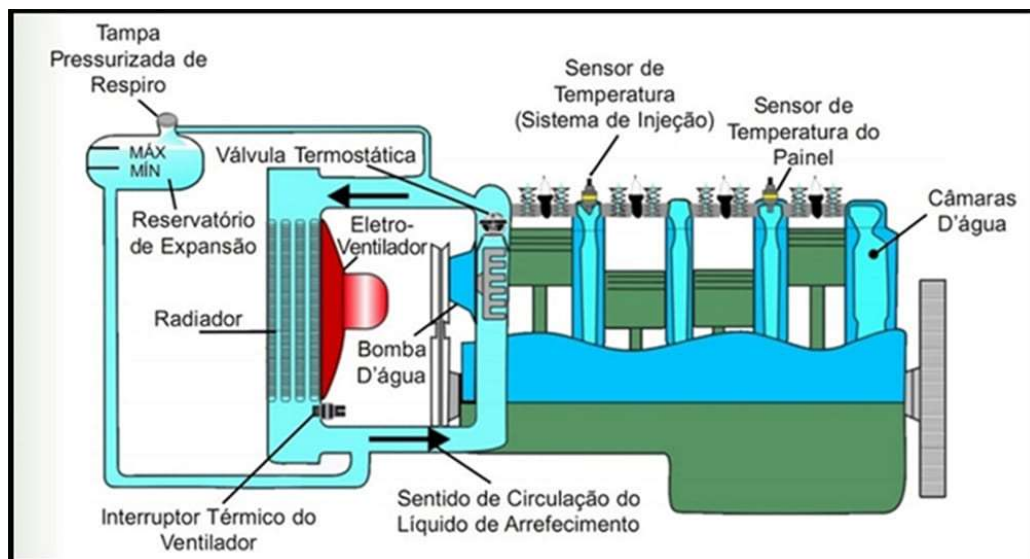


Figura 4.1 – Sistema de arrefecimento

Fonte: Portal Lubes; disponível em < Funções do líquido para sistema de arrefecimento - Lubes em Foco (portallubes.com.br) > acesso em 16/11/2023

Segundo TILLMANN (2013), o sistema de arrefecimento a ar apresenta manutenção e execução simplificada, já o sistema arrefecido a água tem uma

eficiência melhor, pois o controle de temperatura é mais estável em relação ao sistema refrigerado a ar, devido à troca de calor ser mais eficiente. O líquido de arrefecimento é formado por água desmineralizada somado a aditivos que conduz o calor entre o motor e o ar atmosférico.

Neste trabalho, focaremos no sistema de arrefecimento a água pelo qual se dá o uso da bomba de água, um dos componentes que compõem esse sistema.

Componentes são partes que juntas trabalham para que ocorra o devido funcionamento do motor, atuando como auxiliares TILLMANN (2013).

Os componentes que compõem o sistema de arrefecimento são: radiador, válvula termostática, reservatório de expansão, ventilador, líquido de arrefecimento e bomba de água.

De acordo com MET-THOMSON (2014), seu funcionamento tem início na ignição do motor, onde o líquido de arrefecimento circula apenas por uma parte do circuito. Quando chega a temperatura ideal de trabalho a válvula termostática se abre entre 85 °C a 95 °C e o fluído de arrefecimento circula por todo o sistema sob pressão. O fluído é bombeado através das camisas do motor passando por uma mangueira até o radiador. O radiador com o auxílio de um ventilador e a corrente de ar externa resfria o líquido de arrefecimento.

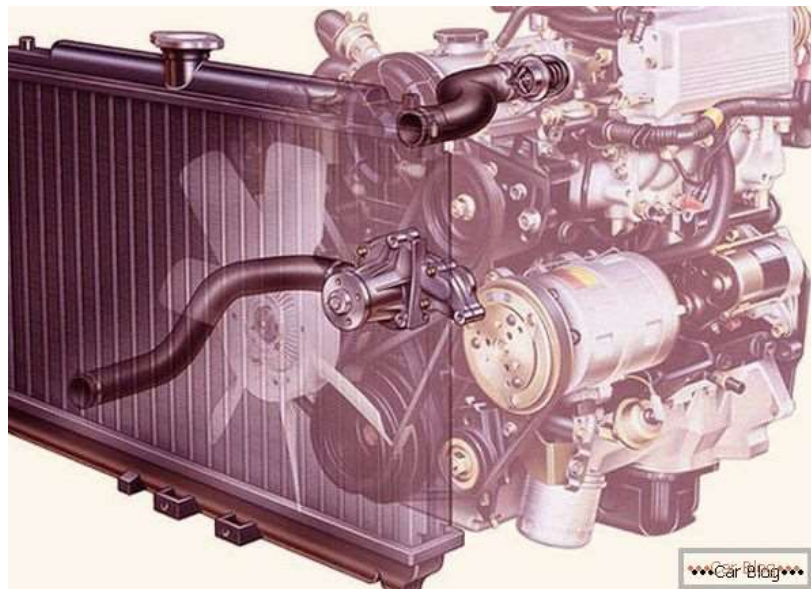
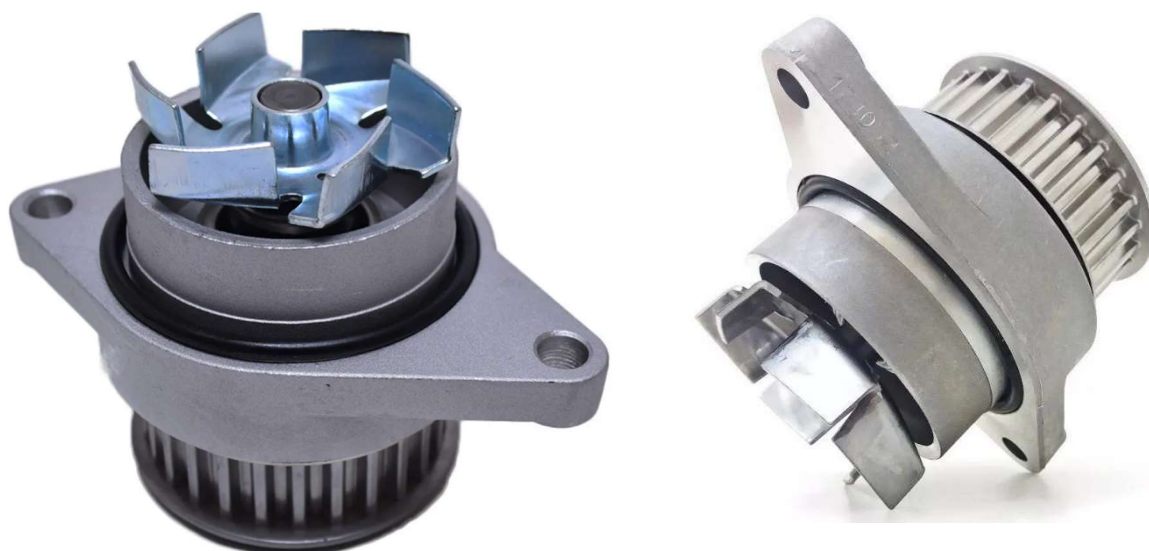


Figura 4.2 – Sistema de arrefecimento

Fonte: Med-Auto.com; **Sistema de arrefecimento do motor também é uma coisa**; disponível em <
<https://pt.med-auto.com/reparo-automotivo/sistema-de-arrefecimento-do-motor-tambem-e-uma-coisa.html>> acesso em 10/12/2023

2.5 BOMBA DE ÁGUA

A bomba d'água é um componente fundamental no sistema de arrefecimento de veículos automotivos. Sua função principal é circular o líquido de arrefecimento, controlando a temperatura do motor e prevenindo o superaquecimento. Uma bomba d'água eficiente contribui para o desempenho adequado do motor, aumentando sua vida útil e reduzindo os custos de manutenção. De acordo com o livro “Sistemas Automotivos: Arrefecimento” de Paulo Sérgio Guimarães (2013), a bomba d'água desempenha um papel essencial na estabilidade térmica do motor, garantindo que ele funcione em condições ideais de temperatura e operação, resultando em menor desgaste e maior eficiência do sistema. Sendo um dos componentes que compõem o sistema de arrefecimento, a bomba de água é responsável por promover vazão do líquido de arrefecimento por todo o motor e sistema de arrefecimento. Quando acompanha a rotação do motor a mesma pode absorver até 15% da eficiência do mesmo, onde seu acionamento é feito por manivelas. A densidade da água aumenta devido ao aumento de sua temperatura, fazendo com que esta passe do bloco do motor, cabeçote e vá para o radiador através de conectores ou mangueiras. MET-THOMSON (2014).



Figuras 5.1 e 5.2– Bomba de água

Fonte: Altese; disponível em < Bomba Dagua Gol 1997 até 2018 - Altese > acesso em 16/11/2023

Fonte: Mercado Livre; disponível em < <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1260496680-bomba-de-agua-vw-gol-g5-g6-g7-golf-fox-polo-saveiro-voyage-JM> > acesso em 10/12/2023

2.6 INJETORA E MOLDE

A carcaça da bomba de água é fabricada em alumínio que é derretido e misturado com ligas em sua composição. Esse alumínio derretido pode ser moldado quando submetido a altas temperaturas e injetado com alta pressão nos moldes que dão formato a carcaça. Posteriormente, o molde é resfriado, aberto e as peças são extraídas do molde automaticamente. A injetora utilizada no processo é a Injetora Buhler, segue um exemplo na imagem abaixo (figura 6.1).



Figura 6.1 – Injetora

Fonte: Operatrix, Mercado Máquinas Operatrizes; disponível em < [injetora de alumínio bühler 1100 toneladas](#) - Pesquisar Imagens (bing.com) > acesso em 16/11/2023

A utilização da Injetora Buhler desempenhou um papel crucial no desenvolvimento da peça da bomba de água automotiva neste projeto de engenharia de produção. A máquina, fabricada pela renomada empresa Buhler, é amplamente reconhecida como uma referência na indústria de injeção de plástico de alta precisão.

Nosso trabalho com a Injetora Buhler foi orientado por conceitos e técnicas

estabelecidas por experts como Dr. Robert W. Speight, cuja experiência em processos de injeção de plástico é amplamente respeitada. Seguindo diretrizes semelhantes, como as apresentadas por Speight, conseguimos otimizar o processo de moldagem por injeção para atender aos requisitos de qualidade e tolerâncias exigidos para a peça da bomba de água.

A precisão e a confiabilidade da Injetora Buhler garantiram a produção consistente e eficiente das peças, o que é essencial na fabricação de componentes automotivos.

Além disso, a capacidade de monitoramento e controle avançados da máquina Buhler possibilitou a obtenção de resultados consistentes e de alta qualidade. A contribuição da Injetora Buhler e a expertise de especialistas como o Dr. Speight desempenharam um papel fundamental no sucesso deste projeto de engenharia de produção.

A Injetora Buhler é amplamente utilizada na fabricação de componentes automotivos devido à sua capacidade de produzir peças de alta precisão com eficiência.



Figura 6.2 – Injetora

Fonte: Tecnointer; disponível em < Tecnointer – Importação, Manutenção e Serviços – Venda, Importação e Serviços Especializados > acesso em 16/11/2023

Segundo Vendramim, J.C. e Enokibara, F. a construção de peças automotivas com peso reduzido é um setor de alto crescimento devido às necessidades ecológicas de economizar combustível e aumentar a capacidade de carga dos veículos. Esses componentes com alta qualidade vêm sendo produzidos em moldes metálicos permanentes através de processo à gravidade e sob pressão. Os moldes permanentes são construídos em aços da classe trabalho a quente e comparado com os moldes de areia, os moldes metálicos permanentes permitem produções de maior volume e peças mais uniformes com tolerâncias dimensionais mais fechadas, acabamento superficial superior e melhores propriedades mecânicas a custos relativamente baixos.

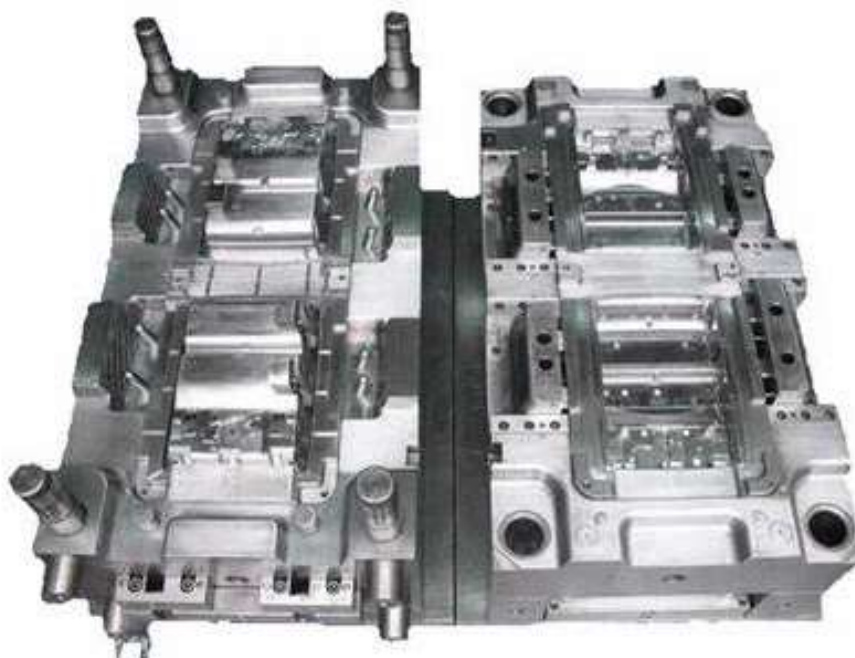


Figura 7.1 – Exemplo de Molde de Injeção

Fonte: Gang Mould; disponível em < Professional Die Casting Mould Maker (gang-mould.com) > acesso em 16/11/2023

Alguns aspectos da construção do molde para uma maior vida útil incluem:

- Evitar grandes variações de massa e cantos vivos;
- Canal de refrigeração de forma a garantir máxima uniformidade de temperatura do molde;
- Atender às recomendações dos manuais para as distâncias dos canais, cavidade e gates;

- Menor rugosidade;
- Dimensionamento da matriz e a relação com a força de fechamento da injetora.

A vida útil do molde e por consequência o bom desempenho está condicionado à sua correta utilização, conforme a seguir:

- Indispensável pré-aquecimento antes do início das operações (em torno de 300°C);
- Recomendável alívio de tensões depois de concluída a injeção de aproximadamente 5% da quantidade total prevista de peças;
- Utilização de lubrificante / desmoldante conforme recomendação de fabricante (contatar fabricante para utilização correta);
- Alívio de tensões intermediário (quando possível é saudável);
- Manter molde aquecido (150° C em estufa) se a parada de produção é prolongada;
- Manutenção com solda (a quente, mas ver recomendação de fornecedor de eletrodo de solda).

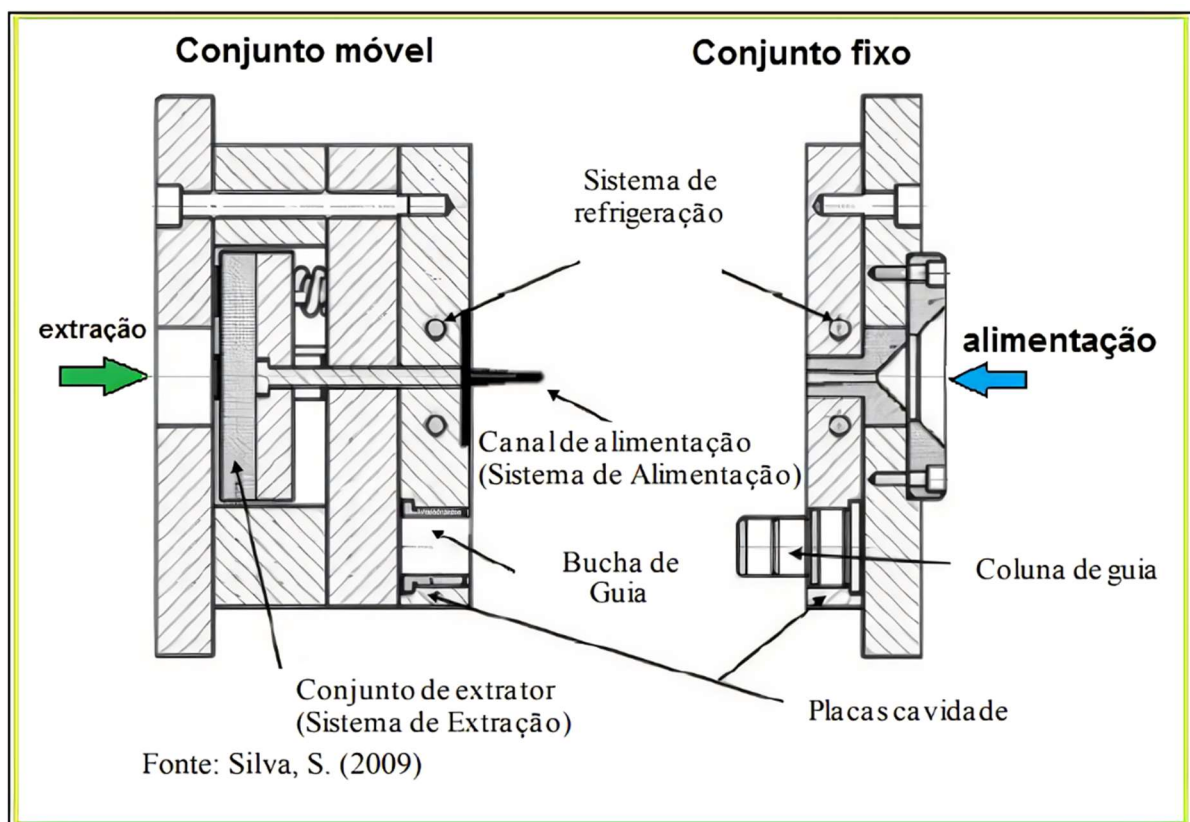


Figura 7.2 – Exemplo de molde de injeção

Fonte: *Moldes Injeção Plásticos*; disponível em < <http://moldesinjecaoplasticos.com.br/molde-de-injecao-e-sua-relacao-com-a-injetora/> > acesso em 16/11/2023

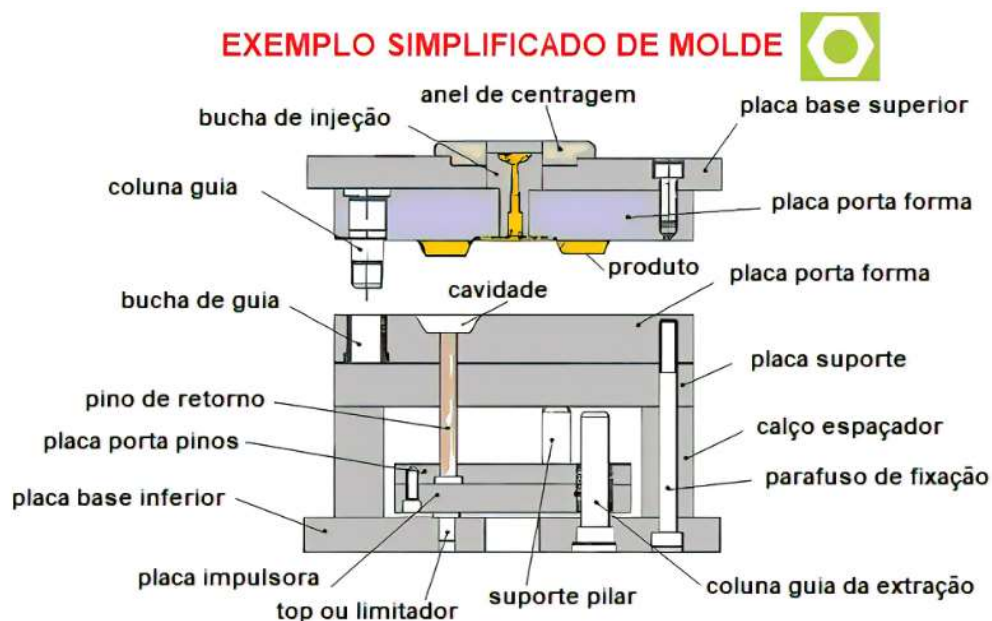


Figura 7.3 – Exemplo de molde de injeção

Fonte: Moldes Injeção Plásticos; disponível em < <http://moldesinjecao plasticos.com.br/molde-de-injecao-e-sua-relacao-com-a-injetora/> > acesso em 16/11/2023

2.7 PAQUÍMETRO

Para a medição de todos os formatos da peça da bomba de água automotiva, um dos instrumentos utilizados foi o paquímetro, uma ferramenta de medição precisa e essencial na engenharia de produção. Esta técnica de medição foi empregue seguindo os princípios de metrologia, garantindo a precisão e qualidade das peças produzidas.

Destaca-se que a utilização do paquímetro segue os ensinamentos de renomados especialistas em metrologia, como Joseph R. Davis e M. Hume, cujas contribuições fundamentais no campo da medição e instrumentação têm sido referência na área de engenharia de produção.

O uso do paquímetro, entre outros instrumentos de medição, permitiu a aferição rigorosa de dimensões críticas da peça da bomba de água, garantindo que todos os padrões de qualidade e tolerâncias fossem atendidos durante o processo de fabricação. Essa abordagem metrológica contribuiu para o sucesso do projeto e a confiabilidade do produto final.

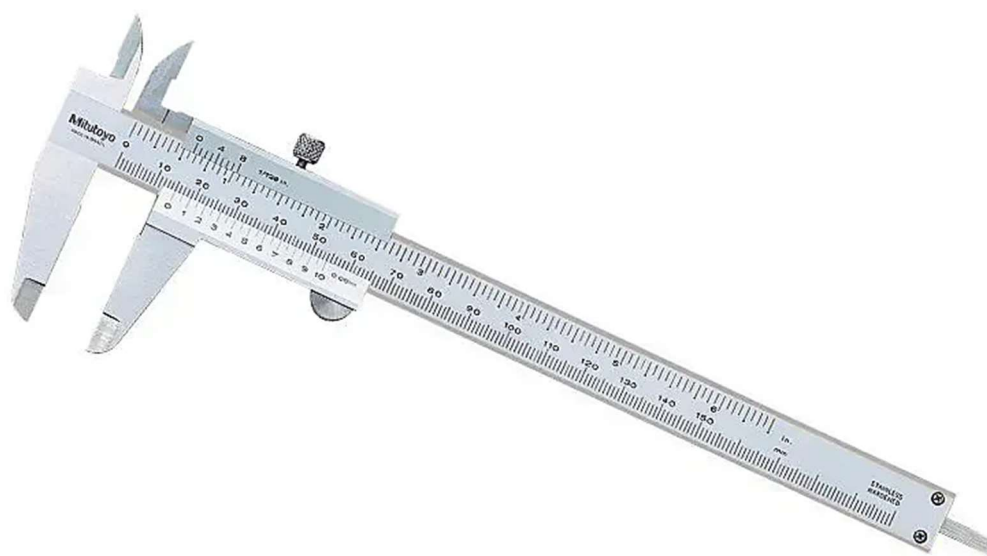


Figura 8 – Paquímetro

Fonte: Cofermeta; disponível em < Paquímetro Universal de 200 mm 530-118 - MITUTOYO|Cofermeta Ferramentas > acesso em 16/11/2023

2.8 SOLIDWORKS

Existem softwares tipo CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing) e CAE (Computer Aided Engineering), podendo ter uma, duas ou as três dessas características no mesmo programa. Os que possuem CAD estão relacionados com o desenho, os CAM são um meio de ligação entre o projeto e a produção, agilizando e otimizando a fabricação e os CAE simulam situações de trabalho do produto, ou seja, o comportamento do produto perante a uma determinada situação. Esses que têm como objetivo a simulação, são cada vez mais utilizados, devido a diversos motivos, como a “redução da necessidade de testes de protótipos físicos, testes mais completos do produto, melhor convencimento do potencial cliente em relação ao adequado funcionamento do produto, redução do tempo de desenvolvimento do produto e um melhor entendimento do produto.” (BACK, 2008, p.469).

O uso de softwares CAE é de grande auxílio para os profissionais ajudando a gerar, verificar, validar e otimizar as soluções de design e processos.

Economicamente falando, a tecnologia CAE é o que há de melhor para análise

de qualidade e defeitos, podendo prevê-los antes mesmo da fabricação do ferramental tendo um custo muito menor (HONG, 2013).

Para a peça, a simulação pode trazer dados de campos de tensão, pontos frágeis, defeitos provenientes de contração e porosidade, com isso permitindo-se ajustar os parâmetros (TSENG, 1992).

Um dos softwares de simulação é o SolidWorks® com interface que usa sua própria rotina matemática para realizar as simulações. Este foi criado em 1995 e o nome da companhia também era SOLIDWORKS e a funcionalidade gerou interesse da empresa francesa Dassault Systèmes. A princípio, a junção da SOLIDWORKS com a Dassault Systèmes possibilitou criar projetos em 3D. Em seguida, o software foi criado e integrado à base de produtos em 1997 e desde então tem feito muito sucesso. O SolidWorks permite a construção de modelos 3D detalhados de peças e montagens. Estes modelos são fundamentais para visualizar o produto final em todas as suas dimensões, facilitando a identificação e correção de possíveis falhas antes da fabricação. Além disso, o software oferece recursos avançados de simulação, permitindo aos engenheiros testarem e analisarem o comportamento dos produtos sob diferentes condições.

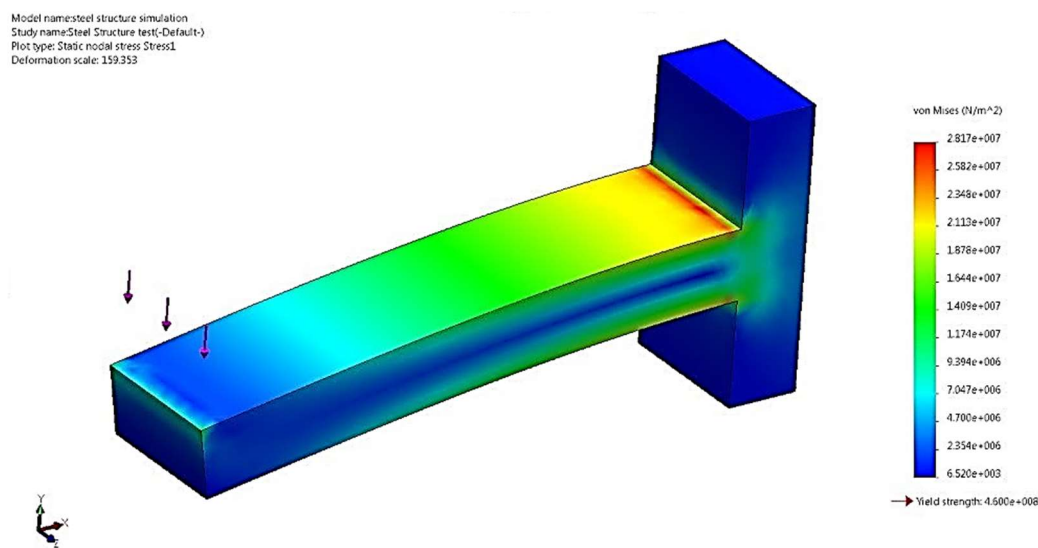


Figura 9 – Simulação de estrutura

Fonte: disponível em < solidworks simulação de tensao - Pesquisar Imagens (bing.com) > acesso em 23/11/2023

3. DESENVOLVIMENTO

Para a realização deste trabalho, denominamos o nome fictício da empresa “FB Injeções de Alumínio”. Esta empresa fornece produtos de alumínio que são injetados de acordo com projetos específicos dos clientes e o foco deste estudo é uma carcaça para bomba de água usada em motores automotivos, sobre a qual descreveremos como “carcaça”.

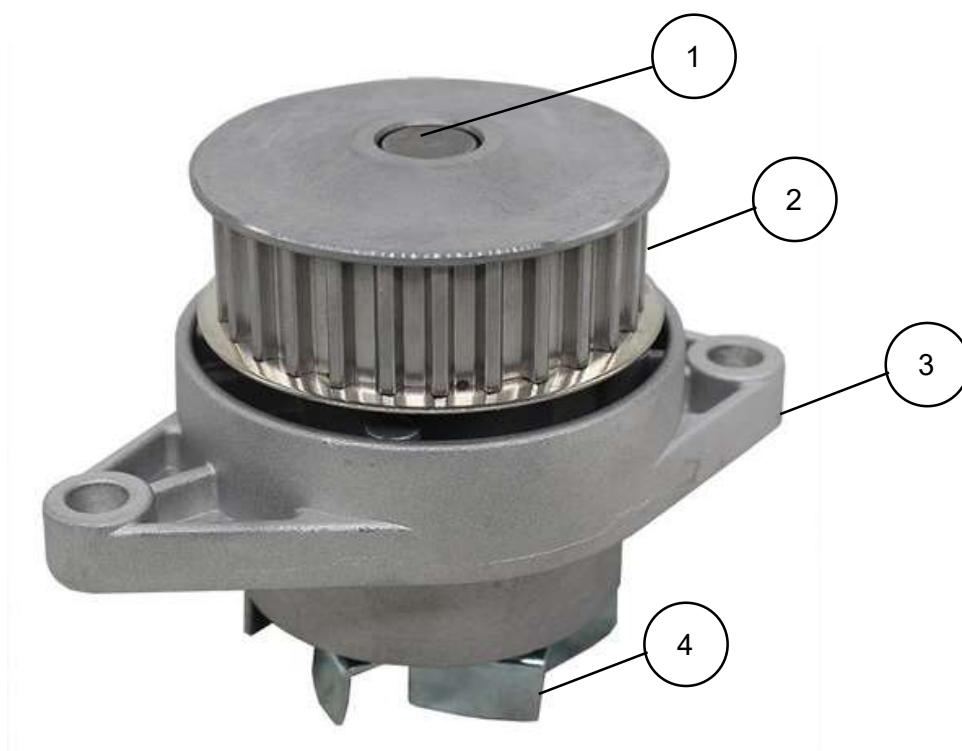
Para obtenção de dados apresentados neste trabalho, foi realizado uma pesquisa de campo em caráter de entrevista com o departamento de engenharia da empresa “FB Injeções de Alumínio” no mês de junho de 2023.

Mostraremos, primeiramente, o modelo de bomba de água cuja carcaça representa o modelo atual de fabricação da “FB Injeções de Alumínio” e que é fornecida para mais de um cliente.

Tendo em vista o alto volume de fabricação desta carcaça, foi verificado a oportunidade de melhoria e consequente redução de custo de fabricação. A melhoria trata-se da redução de massa na fabricação da carcaça e, para a realização deste projeto, foram definidas as seguintes etapas:

1. Avaliação do produto atual e levantamento de dados;
2. Brainstorm para avaliar a área e a quantidade de matéria-prima a ser reduzida;
3. Comparação entre produto atual x produto proposto;
4. Avaliação do projeto.

3.1 AVALIAÇÃO DO PRODUTO ATUAL E LEVANTAMENTO DE DADOS



*Figura 10 – Bomba de água; carcaça conforme produção atual da “FB Injeções de Alumínio”
Fonte: Mercado Livre; disponível em < bomba de agua para gol g6 original - Bing images > acesso
em 16/11/2023*

A bomba de água apresentada na imagem acima, é composta por eixo-rolamento (1) polia (2), carcaça (3), rotor (4) e selo mecânico (no interior da bomba). Conforme já informado, a carcaça dessa bomba, foco deste trabalho, representa o modelo atualmente fabricado pela “FB Injeções de Alumínio”.

A “FB Injeções de Alumínio” possui uma produção mensal de 52.800 carcaças e, para isso, utiliza 15,840 toneladas de alumínio sendo o custo unitário da carcaça de R\$ 10,00.

3.2 BRAINSTORM PARA AVALIAR A ÁREA E A QUANTIDADE DE MATÉRIA-PRIMA A SER REDUZIDA

As sugestões para avaliar quais regiões da carcaça poderiam ser reduzidas foram realizadas por representantes dos departamentos de Desenvolvimento de Produtos, Processos e Manufatura e incluem regiões da peça como base de assentamento no bloco do motor, diâmetro da carcaça próximo de onde monta a polia, diâmetro da carcaça próximo de onde monta o rotor e altura da carcaça próximo da polia. Avaliando a carcaça conforme produção atual da “FB Injeções de Alumínio” foi definido que a redução de material será realizada na altura da carcaça próximo da polia. Foi determinada essa região da carcaça para redução de massa, pois é uma região que não afetará a qualidade do produto nem a aplicação da bomba no motor. Isso é comprovado tecnicamente visto que uma das dimensões importantes para o correto funcionamento da bomba de água é a altura da polia, ou seja, a dimensão da base de assentamento da bomba no bloco do motor até a face superior da polia e, por sua vez, essa altura não vai ser alterada ao reduzir massa da carcaça próximo da polia. Posteriormente, serão apresentados valores que são especificamente referentes a carcaça injetada da bomba de água.

A bomba de água foi dimensionada pelo próprio autor e um dos instrumentos de medição utilizado foi o paquímetro e, posteriormente, o produto foi desenvolvido em software.

Abaixo seguem as figuras com tais representações:



Figura 11 – Bomba de água e paquímetro

Fonte: Arquivo próprio

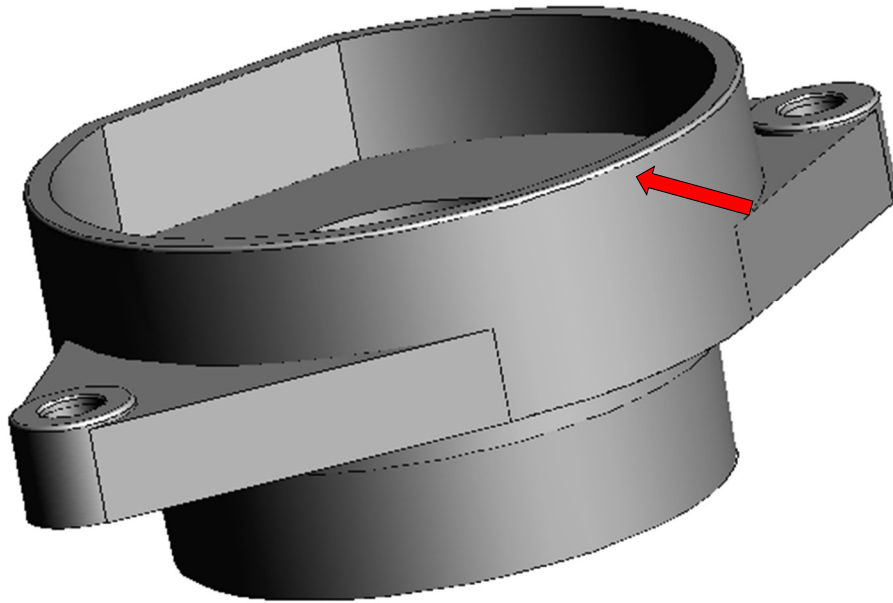


Figura 12 – Indicação da região da carcaça definida para redução de material
Fonte: Arquivo próprio

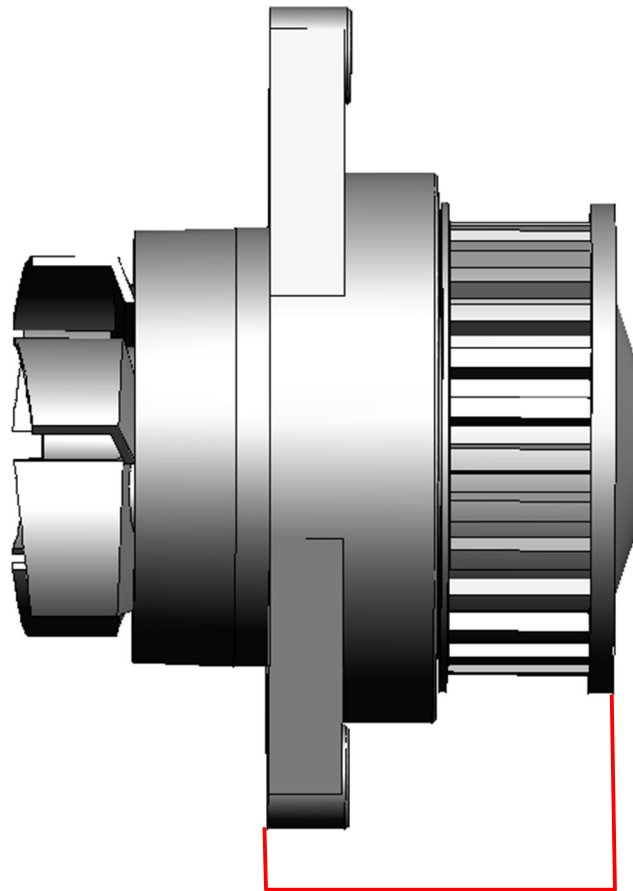


Figura 13 – Representação da altura da polia
Fonte: Arquivo próprio

Com base no projeto do produto e na região definida, foram apresentadas duas propostas de carcaças com redução de material conforme exposto a seguir:

Na proposta 1, foi reduzido 10% de alumínio da carcaça na região indicada anteriormente, dessa forma, para produzir a mesma quantidade de 52.800 carcaças mensais a empresa utilizará 14,256 toneladas de alumínio e terá um custo unitário de R\$ 9,00.

Na proposta 2, foi reduzido 20% de alumínio da carcaça na região indicada anteriormente, dessa forma, para produzir a mesma quantidade de 52.800 carcaças mensais a empresa utilizará 12,672 toneladas de alumínio e terá um custo unitário de R\$ 8,00.

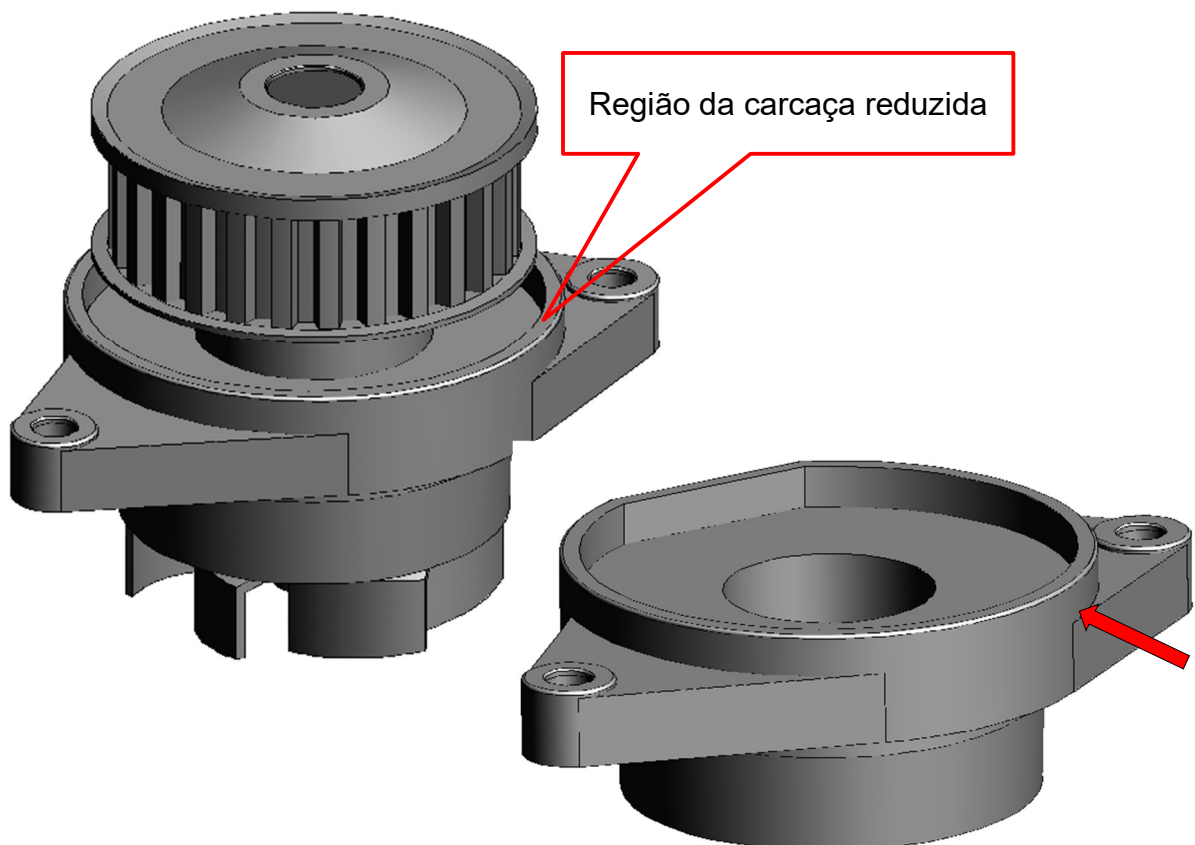


Figura 14 – Proposta de carcaça com 20% de redução de massa

Fonte: Arquivo próprio

OBS.: reduzir muita massa da carcaça pode ocasionar fragilidade na mesma e, nessa condição, consequências indesejáveis são trinca ou quebra da peça.

Para fabricação da carcaça proposta, será necessária aquisição de um novo molde cotado no valor de R\$ 500.000,00.

3.3.1 COMPARAÇÃO ENTRE PRODUTO ATUAL X PRODUTO PROPOSTO

OBS.: Os valores apresentados nas tabelas e gráficos abaixo são especificamente referentes a carcaça injetada da bomba de água.

Comparação entre produto atual x produto proposto			
	Carcaça Atual	Proposta 1 (Redução 10%)	Proposta 2 (Redução 20%)
Demanda (mensal)	52800	52800	52800
Alumínio unitário (KG)	0,300	0,270	0,240
Alumínio mensal (Tonelada)	15,840	14,256	12,672
Redução de alumínio unitário (KG)	-	0,030	0,060
Redução mensal de alumínio (Tonelada)	-	1,584	3,168
Custo unitário	R\$ 10,00	R\$ 9,00	R\$ 8,00
Custo mensal	R\$ 528.000,00	R\$ 475.200,00	R\$ 422.400,00
Redução de custo unitário	-	R\$ 1,00	R\$ 2,00
Redução mensal de custo	-	R\$ 52.800,00	R\$ 105.600,00

Tabela 1 – Comparação entre produto atual x produto proposto

Fonte: Arquivo próprio

3.3.2 PAYBACK – PROPOSTA 1

Payback do investimento (proposta 1 - 10%)		
Valor do molde		R\$ 500.000,00
Mês	Redução Mensal	Valor Acumulado
1	R\$ 52.800,00	R\$ 52.800,00
2	R\$ 52.800,00	R\$ 105.600,00
3	R\$ 52.800,00	R\$ 158.400,00
4	R\$ 52.800,00	R\$ 211.200,00
5	R\$ 52.800,00	R\$ 264.000,00
6	R\$ 52.800,00	R\$ 316.800,00
7	R\$ 52.800,00	R\$ 369.600,00
8	R\$ 52.800,00	R\$ 422.400,00
9	R\$ 52.800,00	R\$ 475.200,00
10	R\$ 52.800,00	R\$ 528.000,00

Tabela 2 – Payback do investimento (proposta 1 – 10%)

Fonte: Arquivo próprio

3.3.3 PAYBACK – PROPOSTA 2

Payback do investimento (proposta 2 - 20%)		
Valor do molde		R\$ 500.000,00
Mês	Redução Mensal	Valor Acumulado
1	R\$ 105.600,00	R\$ 105.600,00
2	R\$ 105.600,00	R\$ 211.200,00
3	R\$ 105.600,00	R\$ 316.800,00
4	R\$ 105.600,00	R\$ 422.400,00
5	R\$ 105.600,00	R\$ 528.000,00

Tabela 3 – Payback do investimento (proposta 2 – 20%)

Fonte: Arquivo próprio

3.3.4 COMPARAÇÃO CUSTO

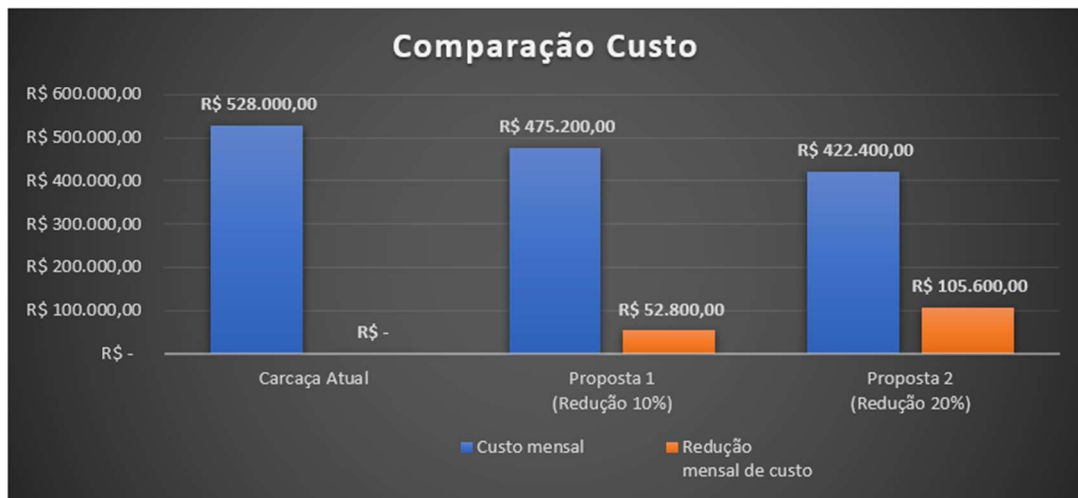


Gráfico 1 – Comparação Custo

Fonte: Arquivo próprio

3.3.5 COMPARAÇÃO ALUMÍNIO

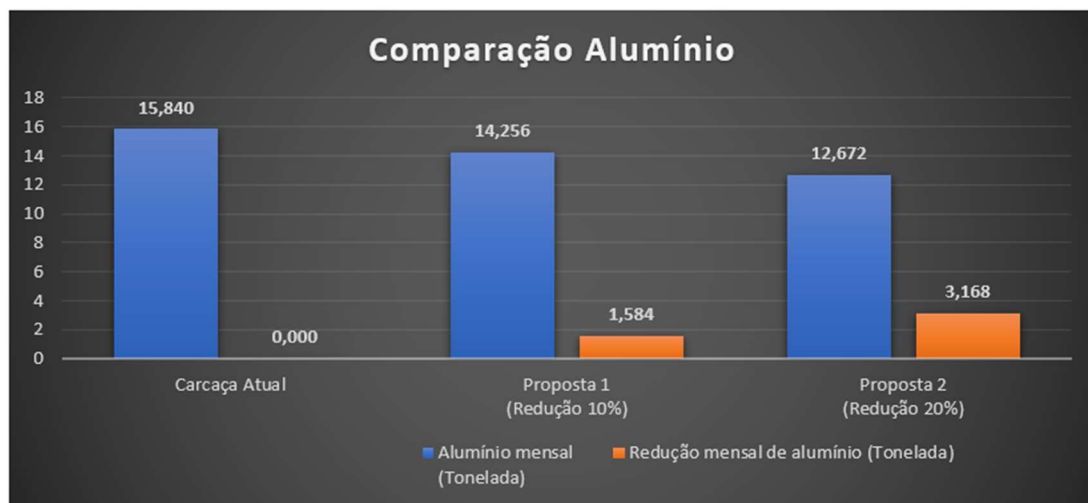


Gráfico 2 – Comparação Alumínio

Fonte: Arquivo próprio

3.4 AVALIAÇÃO DO PROJETO

Observa-se que após a redução de massa no produto (proposta 2), a mesma quantidade de carcaças produzidas por mês gera uma redução de 3,168 toneladas de alumínio mensal, que representa uma redução de 20% na matéria-prima totalizando uma redução de R\$ 105.600,00 por mês.

Tendo como referência um payback de 12 meses, o valor investido no molde terá retorno em 4,73 meses. De acordo com os dados apresentados na tabela 1, considerando o payback e as características expostas referente a correta aplicação da bomba de água no motor, foi validado a proposta 2 de redução de massa na carcaça.

4. CONCLUSÃO

Foram levantados dados referentes à carcaça atual da bomba de água e às propostas de melhorias para redução de massa. Foi avaliado o modelo atual da carcaça e projetado uma percentagem de redução de matéria-prima no produto das quais foi determinado uma quantidade válida de redução para melhor aproveitamento. Para validação do projeto, foi considerado o payback e concluído que o projeto é válido por atender aos objetivos propostos representando uma oportunidade de melhoria e redução de custo para a empresa. A redução de massa na carcaça da bomba de água é uma melhoria relacionada a diminuição dos custos de fabricação da carcaça, pois com tal melhoria não há alteração da qualidade e funcionalidade do produto após aplicado no motor automotivo.

No projeto em questão, foi validado a segunda proposta com 20% de redução de massa na carcaça; essa redução beneficia diretamente nos custos de fabricação da empresa e beneficia também ao meio ambiente. Para este último, alguns dos pontos positivos incluem menos exploração de recursos naturais (a extração da matéria-prima pode causar danos ao meio ambiente, como desmatamento, contaminação do solo e da água, além de afetar a fauna e flora local), redução de acúmulo de resíduos e menos consumo de energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Augusto Toledo, LUCIANO - Farias Shiaishi, GUILHERME, **Estudo de caso em pesquisas exploratórias qualitativas: um ensaio para a proposta de protocolo de estudo de caso.** disponível em < Rev. FAE, Curitiba, v.12, n.1, p.103-119, jan./jun. 2009 > acesso em 17/11/2023

Barboza, Matheus Malaquias. **Aplicação do ciclo PDCA para redução de surplus em estoque da divisão de peças de reposição de uma indústria automotiva pesada.** Disponível em < <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16323> > acesso em 25/04/2023

BDE, Redação; **O que é SOLIDWORKS: Entenda a Importância Deste Software na Engenharia.** Disponível em < <https://blogdaengenharia.com/especiais/software/o-que-e-o-solidworks/> > acesso em 10/12/2023

Buzinelli, Didiane Victória. **Dimensionamento de elementos estruturais em alumínio.** Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-23042018-153707/publico/Dissert_Buzinelli_DidianeV.pdf> acesso em 27/04/2023

Casaes, Gabriel Arraiol; **ANÁLISE DA SIMULAÇÃO CAE DE UMA PEÇA FABRICADA PELO PROCESSO DE INJEÇÃO DE ALUMÍNIO SOB PRESSÃO.** Disponível em < <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/243415/AN%c3%81LISE%20DA%20SIMULA%c3%87%c3%83O%20CAE%20DE%20UMA%20PE%c3%87A%20FABRICADA%20PELO%20PROCESSO%20DE%20INJE%c3%87%c3%83O%20DE%20ALUM%c3%8dNIO%20SOB%20PRESS%c3%83O.pdf?sequence=1&isAllowed=y> > acesso em 10/12/2023

Consultoria, Reaction. **Os 14 princípios de Deming e a Qualidade Total.** Disponível em < <https://www.reactionconsultoria.com.br/post/os-14-principios-de-deming-e-a-qualidade-total#:~:text=Os%20quatorzes%20princ%C3%ADpios%20s%C3%A3o%3A,os%20n%C3%ADveis%20com%20a%20organiza%C3%A7%C3%A3o> > acesso em 25/04/2023

Donus, escritórios. **20 frases de Peter Drucker para alavancar seu negócio.** Disponível em < <https://donuz.com.br/blog/frases-de-peter-drucker/> > acesso em 28/04/2023

Etienne, Fabio – PUC, Rio – **Certificação Digital nº 0813046/CA, 2010.** Disponível em < [*Microsoft Word - Lavinha Cap 4.doc \(puc-rio.br\)](#) > Acesso em: 10/10/2023
Filho, Valdeci Gomes; Gasparotto, Angelita Moutin Segoria. **A importância do ciclo**

PDCA aplicado à produtividade da indústria no Brasil. Disponível em < <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/660> > acesso em 24/04/2023

Heywood, John B. **Livro "Internal Combustion Engine Fundamentals"**, aborda os fundamentos dos motores de combustão interna; acesso em 13/06/2023

Jehniffer, Jaíne. **Tom Peters: conheça o guru da gestão e suas contribuições.** Disponível em < <https://investidorsardinha.r7.com/biografias/tom-peters-biografia/> > acesso em 25/04/2023

K. Yin, Robert – Estudo de caso, Planejamento e métodos, 5ª edição, 2015
Machado, Frank Henrique Guerra. **Sistema de arrefecimento de motores automotivos a combustão interna.** Disponível em <[Frank Henrique Guerra Machado 155967 \(unis.edu.br\)](http://Frank.Henrique.Guerra.Machado.155967@unis.edu.br)> acesso em 08/05/2023

Melo, Leonardo Menezes; **Ensino do software solidworks para professores de engenharia em Timor-Leste: novas possibilidades para o ensino e o desenvolvimento industrial.** Disponível em < <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/343/298> > acesso em 10/12/2023

Ramos, Davidson. **6 Gurus da Qualidade que revolucionaram a história!** Disponível em < <https://blogdaqualidade.com.br/gurus-da-qualidade/#:~:text=Al%C3%A9m%20disso%2C%20Deming%20foi%20respons%C3%A1vel,para%20promo%C3%A7%C3%A3o%20de%20melhoria%20continua> > acesso em 18/04/2023

RAMOS, João Pedro da Silva. **Análise de um sistema de arrefecimento automotivo para a categoria formula SAE. 2021. 90f.** Disponível em < <https://app.uff.br/riuff/handle/1/17004> > acesso em 11/06/2023

Ribas, Thomas. **O que é ciclo PDCA e como aplicá-lo em sua empresa.** Disponível em < <https://thomazribas.com/gestao/ciclo-pdca/#:~:text=Tamb%C3%A9m%20conhecido%20como%20Ciclo%20de,empresa%20possa%20atingir%20seus%20objetivos> > acesso em 23/04/2023

Santana, Matheus. **Jim Rohn - 6 Princípios do Sucesso.** Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=ulMppd5Omtg> > acesso em 28/04/2023

Vendramim, J.C., Enokibara, F. **Considerações sobre a vida útil de moldes para fundição de alumínio sob pressão.** Disponível em < http://assets.cimm.com.br/uploads/cimm/publicacao/arquivo/374/InTec_014_Fundio_Al.pdf > acesso em 11/06/2023

Ventura. **O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa Pedagogia Médica. 2007**