

## Considerações Sobre Aplicação de Projetos Mecânicos em Projetos de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação

GARCIA Cisneros Edry Antonio<sup>1</sup>

Doctor, Professor of Mechanical Engineering at Amazonas State University, Brazil

PARENTE de Oliveira Josias

Doctor, Professor of Electrical Engineering at Amazonas State University, Brazil

Printes, André Luis

MSc Professor of Electrical Engineering at Amazonas State University, Brazil

SOUZA Gomes Raimundo Claudio

Doctor, Professor of Electrical Engineering at Amazonas State University, Brazil

CARDOSO, Fabio de Souza

Doctor, Professor of Electrical Engineering at Amazonas State University, Brazil

DA SILVA, Navarro Pedro Emanuel

Student of Electrical Engineering of Embedded Systems Laboratory at Amazonas State University,  
Brasil

PEDRAÇA, Júnior Neirival Rodrigues

Student of Mechanical Engineering at Amazonas State University, Brazil

ABREU Furtado Diogo

Student of Mechanical Engineering at Amazonas State University, Brazil

FARIAS dos Santos Yuri

Student of Electrical Engineering of Embedded Systems Laboratory at Amazonas State University,  
Brasil

SOBREIRA, Lucio Mateus

Student of Electrical Engineering of Embedded Systems Laboratory at Amazonas State University,  
Brasil

### Abstract

*The research and development project constitutes an important step in the path of excellence in the industries, they allow the development of new products, improve technologies and provide solutions to complex problems in companies. As an integral part of these projects, mechanical projects often form the basis for the construction of new technologies or for the creation of technologies that can then be extended to levels of production processes. Due to the complexity in the development of these projects, it is necessary to follow certain sequences and, in turn, preserve the necessary elements so that they can effectively be the basis of graphic expression in production processes. In this work, considerations about the development of mechanical projects are*

---

<sup>1</sup> Corresponding author: edry1961cu@gmail.com

GARCIA Cisneros Edry Antonio; PARENTE de Oliveira Josias; Printes, André Luis; SOUZA Gomes Raimundo Claudio; CARDOSO, Fabio de Souza; DA SILVA, Navarro Pedro Emanuel; PEDRAÇA, Júnior Neirival Rodrigues; ABREU Furtado Diogo; FARIAS dos Santos Yuri; SOBREIRA, Lucio Mateus— **Considerações Sobre Aplicação de Projetos Mecânicos em Projetos de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação**

---

*presented, as a result of the authors' experience, these considerations aim to help in this process and thus favor the reduction of time and costs in the development of mechanical projects and with this a greater efficiency in the production process.*

**Keywords:** Computer Aided Design, Mechanical Design, CAD Software.

### **Resumo**

*O projeto de pesquisa e desenvolvimento constitui um importante passo no caminho da excelência das indústrias, eles permitem desenvolver novos produtos, aprimorar tecnologias e aportar soluções a problemas complexos nas empresas. Como parte integrante destes projetos, os projetos mecânicos muitas vezes constituem a base para a construção de novas tecnologias ou par a criação de tecnologias que possam depois ser estendidas a níveis de processos produtivos. Pela complexidade no desenvolvimento destes projetos faz se necessário seguir determinadas sequencias e a sua vez conservar os elementos necessários para que possam ser efetivamente base da expressão gráfica em processos produtivos. Neste trabalho são apresentadas considerações sobre o desenvolvimento de projetos mecânicos, fruto da experiencia dos autores estas considerações visam ajudar neste processo e favorecer assim a redução de tempos e custos no desenvolvimento dos projetos mecânicos e com isto uma maior eficiência no processo produtivo.*

**Palavras chaves:** Desenho assistido pelo computador, Projetos Mecânicos, Software CAD.

## **1. INTRODUÇÃO**

Os projetos CAD, que em inglês significa Computer Aided Design (projetos assistidos pelo computador), são a base dos projetos de pesquisa e desenvolvimento. Eles permitem materializar as ideias conceituais derivadas de reuniões em equipe e possibilitam uma visualização previa do que será a solução definitiva. Atualmente existem muitos softwares profissionais desenvolvidos especialmente com este fim.

Romero Filho, em 1994, expressou que o CAD pode se considerar uma tecnologia multidisciplinar, um conjunto de ferramentas utilizadas por todas as áreas em que existe uma forma desenvolvida de interação do computador digital à atividade de projeto, bem como ao controle e gestão desse processo.

GARCIA Cisneros Edry Antonio; PARENTE de Oliveira Josias; Printes, André Luis; SOUZA Gomes Raimundo Claudio; CARDOSO, Fabio de Souza; DA SILVA, Navarro Pedro Emanuel; PEDRAÇA, Júnior Neirival Rodrigues; ABREU Furtado Diogo; FARIAS dos Santos Yuri; SOBREIRA, Lucio Mateus– **Considerações Sobre Aplicação de Projetos Mecânicos em Projetos de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação**

---

Há autores que consideram os sistemas CAD como uma forma de auxílio às etapas do projeto ligadas a aspectos gráficos.

O software AutoCAD, foi desenvolvido e distribuído pela empresa Autodesk, Inc., que teve sua primeira versão lançada em 1982. O AutoCAD é um programa de modelagem 2D e 3D cujas aplicações são diversificadas, tais como: projetos de engenharia mecânica, civil, elétrica, urbana, arquitetura, uso em fabricação industrial; climatização de ambientes (internacionalmente conhecida como HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning). É importante notar que o AutoCAD é muito utilizado também como ferramenta em disciplinas acadêmicas que envolvam desenho técnico.

Já na década de 90, especificamente em 1995, a empresa SolidWorks lançou o promissor SolidWorks 95 3D CAD, revolucionando o mercado por ser utilizado no sistema operacional Windows NT, enquanto a maioria dos programas desenvolvidos até então ainda eram destinados ao sistema UNIX. Em consequência disso, o SolidWorks 95 demonstrou ser um software de boa relação custo-benefício quando comparado aos concorrentes, que eram excessivamente caros.

Atualmente, outro software de amplo uso na indústria é o NX Siemens, ele dispõe de variadas ferramentas e possibilita soluções para CAE, design de produtos, impressão 3D, projetos mecânicos em geral assim como usinagem e validação.

Com todo o avanço das técnicas de CAD, tornaram-se frequentes os pacotes de softwares voltados para mecânica computacional, possibilitando ao usuário realizar não apenas o desenho (representação gráfica do projeto), mas também simulações a partir de modelos gerados. Quando não, softwares específicos que utilizem o método numérico de elementos finitos e/ou o método numérico de volumes finitos têm como input modelos construídos com auxílio de softwares de CAD. Os softwares mencionados anteriormente atendem esta consideração permitindo não somente o desenho como também a simulação. Neste trabalho serão abordados diferentes elementos visando aportar conhecimentos na direção e facilitar o trabalho de desenho mecânico nos mencionados projetos de P&D.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

O projeto de pesquisa e desenvolvimento constitui um importante passo no caminho da excelência das indústrias, eles permitem desenvolver novos produtos, aprimorar tecnologias e aportar soluções a problemas complexos nas empresas. Todo projeto de P&D é caracterizado pela existência de

determinados elementos que são de obrigatório cumprimento: inovação, solução a problemas, boa relação custo benefício e desenvolvimento de produto/ tecnologia ou ambos.

Heldman conclui que projetos são de natureza temporária, com datas de início e término bem definidas, e que criam um resultado único, ou seja, entregam um produto ou serviço exclusivos quando as metas e objetivos tiverem sido atingidos e aprovados por suas partes interessadas [6].

A inovação é um processo, isto é, recebe insumos e fornece resultados. Teh (2014, p.16) diz que "O conhecimento, a estratégia corporativa e os recursos certamente são insumos para o processo de inovação, enquanto que novos produtos, novos processos, novas formas de relacionamento com o cliente, a conquista de novos mercados e outros efeitos são seus resultados esperados" [14].

Em projetos mecânicos o uso de tecnologias CAD é uma premissa de trabalho pois ela permite obter soluções com alto grau de exatidão, assim como um nível de detalhamento que facilita depois o processo de construção das partes componentes além do modelamento das soluções. Com muita frequência estes projetos levam ao desenvolvimento de novos produtos nas indústrias.

Segundo Toledo (1991), o objetivo do processo de desenvolvimento de produtos está concentrado em alcançar algumas metas: concluir um produto dentro das expectativas do mercado; em um prazo adequado; com praticidade de produção; à um custo de projeto compatível com os recursos disponíveis [13].

Hoje em dia, de acordo com Costa et al. (2017), com os recursos fornecidos pelos softwares de modelamento 3D, tornou-se real a possibilidade de realizar análises gerais como da estrutura, orçamentos e análise com outros projetos adjacentes. Além do fato de que esses softwares auxiliam na visualização e elaboração de detalhes e cortes nos desenhos, anteriormente muito complexo para determinados grupos. E ainda, evita erros nas modificações das vistas e detalhes ao alterar o modelo 3D, uma vez que ao mudá-lo o desenho 2D se atualiza automaticamente [2].

O uso destes sistemas CAD oferece muitas vantagens.

De acordo com Dias, a vantagem de trabalhar com programas de modelagem 3D paramétricas está em tornar mais fácil visualizar o projeto ao longo da sua elaboração, com tempo reduzido e com redução também nos custos do seu desenvolvimento [5].

De modo equivalente, Figueiredo e Romeiro Filho concluem ainda em seu estudo, vantagens de flexibilidade (devido à redução no tempo, tem-se do

tempo extra obtido, condições para realização revisões ou propor soluções novas), de comunicação e integração (por meio por exemplo de sistemas que gerenciem o ciclo de vida de um produto, chamados PLM) e ainda de inovação (que seria graças à somatória de todas as outras vantagens já mencionadas) [9].

Hoje em dia, com os recursos fornecidos pelos softwares de modelamento 3D, tornou-se real a possibilidade de realizar análises gerais como da estrutura, orçamentos e análise com outros projetos adjacentes [2].

Existem vários autores que trabalham o desenvolvimento de produtos usando modelos ou adaptando os existentes.

Após a Primeira Guerra Mundial, o surgimento de novos artefatos de manufatura, a influência das ideias de Henry Ford e os princípios da administração científica de Frederik Taylor impulsionaram uma forte evolução da produção artesanal.

No período após a Primeira Guerra Mundial surge a concepção tradicional do desenvolvimento de produtos, que busca maior eficiência nos processos organizacionais através da especialização e divisão de tarefas entre diferentes áreas funcionais em uma empresa (CHUM, 2010; SILVA, 2001). Esta primeira percepção recebeu o nome de Desenvolvimento de Produtos Sequencial ou Engenharia Sequencial [3, 10,11].

Destaca-se então o processo de desenvolvimento de produtos (PDP), tema deste estudo, que é definido por Rozenfeld et al. [10] (2006, p.3) como:

“Conjunto de atividades por meio das quais se busca, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção.”

Dita metodologia e usada até hoje com atualizações próprias de cada projeto.

Romeiro Filho (2006) apresenta as fases do **processo de desenvolvimento de produtos (PDP)**, descritas por diversos autores, que são percorridas para que as metas sejam concluídas [9].

Em geral todos estes autores coincidem em colocar entre 4 e 5 fases até chegar a fase de produção e mesmo com denominações diferentes estas fases abrangem em essência as etapas necessárias desde a definição conceitual até a produção do protótipo, alguns colocam na última etapa já o lançamento do produto.

GARCIA Cisneros Edry Antonio; PARENTE de Oliveira Josias; Printes, André Luis; SOUZA Gomes Raimundo Claudio; CARDOSO, Fabio de Souza; DA SILVA, Navarro Pedro Emanuel; PEDRAÇA, Júnior Neirival Rodrigues; ABREU Furtado Diogo; FARIAS dos Santos Yuri; SOBREIRA, Lucio Mateus– **Considerações Sobre Aplicação de Projetos Mecanicos em Projetos de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação**

**Tabela 01: Fases do processo de desenvolvimento de produtos (PDP).**

Wheelright e Clark (1992)	Cooper (1993)	Ulrich e Eppinger (1995)	Pahl e Beitz (2000)	Crawford (2000)
Desenvolvimento do Conceito	Avaliação Preliminar	Desenvolvimento do Conceito	Especificação do projeto	Identificação de oportunidades
Planejamento do Produto	Detalhamento da Ideia	Projeto dos Sistemas do Produto	Concepção de projeto	Geração de Conceito
Engenharia do Produto e Processo	Desenvolvimento	Projeto Detalhado do Produto	Projeto Preliminar	Avaliação de Projeto
Produção Piloto	Validação e Testes	Testes e Refinamento	Projeto Detalhado	Desenvolvimento técnico
	Lançamento no Mercado	Início da Produção		Lançamento

Fonte: (ROMEIRO FILHO, 2006)

É possível afirmar, que existem diversas alternativas de seqüências de fases e atividades para o processo de desenvolvimento de produtos, que os modelos de referências vistos prescrevem maioritariamente a aplicação dos processos de maneira sequencial, de forma que, quando feita gradualmente e com segurança por uma organização, pode ser implementada na pratica produtiva. Barbalho (2006, p.38) conclui que o PDP pode ser entendido como: um processo que transforma informações de mercado e tecnologia em produtos que atendam às demandas dos consumidores e satisfaçam os “stakeholders”; que é um processo sequencial de fases no qual ocorrem ciclos de interação entre atividades e que algumas destas constituem o núcleo central do processo sem as quais não se obtém os resultados desejados, que este processo é temporal e operacionalizado através de projetos [1]

Os projetos mecânicos tem uma grande importância nos processos de desenvolvimento do produto, e justamente no âmbito P&D eles são chaves pois esses permitem a fabricação das principais peças e componentes assim como servem de base para a simulação. O uso dos softwares CAD possibilita também ponderar pesos e custos com alto grau de confiabilidade o que facilita tanto a diminuição dos tempos de trabalho quanto dos custos dos projetos em sentido geral e com isso a obtenção de uma boa relação custo benefício.

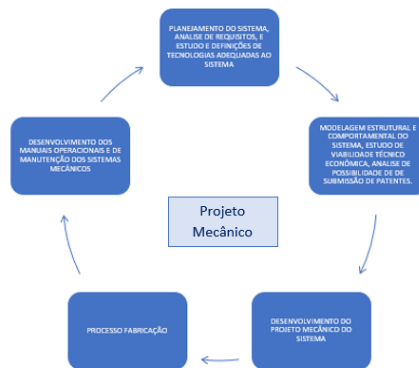
É possível afirmar que o uso de software CAD traz benefícios no desenvolvimento de projetos mecânicos associados a possibilidade de criação de bibliotecas de desenhos que facilitam a reutilização destes, a simulação da montagem permite corrigir muitos erros antes mesmo de fabricar estas peças, a facilidade de desenvolver os desenhos técnicos 2D usando todas as vistas necessárias de forma rápida, o processo de cotação das peças pode ser feito rápido e de forma bem ordenada o que garante uma melhor compreensão para os fabricantes, tudo isto leva a uma brusca diminuição do tempo de trabalho, dos custos, garantindo assim um produto de elevada qualidade.

### 3. MATERIAIS E METODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram observadas tanto a abordagem teórica visando fazer um levantamento bibliográfico referido as temáticas abordadas nestas considerações, quanto a empírica, que permitiu explanar as considerações baseadas na experiencia de trabalho, assim como colocar exemplos reais já desenvolvidos pela equipe de trabalho.

A figura 1 embaixo mostra a sequencias de trabalho seguida para o desenvolvimento do projeto mecânico.

Em cada fase de trabalho serão explicados os resultados obtidos assim como considerações de caráter utilitário visando atingir o propósito fundamental deste trabalho: brindar informações que possam contribuir a melhorar o uso destas tecnologias no desenvolvimento de projetos mecânicos.



**Figura 1. Metodologia adotada no desenvolvimento do projeto. Fonte: Autores**

Em cada uma destas etapas são desenvolvidas várias atividades que cumpridas sequencialmente possibilitam obter ao final o produto com os atributos considerados pelo cliente.

#### **Planejamento do sistema, análise de requisitos, e estudo e definições de tecnologias adequadas ao sistema.**

- ✓ Elaboração do documento de requisitos mecânicos.

#### **Modelagem estrutural e comportamental do sistema, estudo de viabilidade técnico econômica.**

- ✓ Definição do projeto mecânico.
- ✓ Estudo de viabilidade técnico econômica da solução proposta.

GARCIA Cisneros Edry Antonio; PARENTE de Oliveira Josias; Printes, André Luis; SOUZA Gomes Raimundo Claudio; CARDOSO, Fabio de Souza; DA SILVA, Navarro Pedro Emanuel; PEDRAÇA, Júnior Neirival Rodrigues; ABREU Furtado Diogo; FARIAS dos Santos Yuri; SOBREIRA, Lucio Mateus– **Considerações Sobre Aplicação de Projetos Mecânicos em Projetos de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação**

---

- ✓ Levantamento das tecnologias para o projeto mecânico (custos, segurança, robustez).
- ✓ Estudo acerca da possibilidade de submissão de patentes da solução proposta.

#### **Desenvolvimento do projeto mecânico do sistema.**

- ✓ Esboço do Projeto.
- ✓ Análise da solução 3D e ajustes preliminares.
- ✓ Simulação computacional da montagem das peças componentes. Ajustes.
- ✓ Desenho 3D da solução final.
- ✓ Detalhamento 2D das partes componentes do projeto mecânico.
- ✓ Impressão 3D das partes componentes e simulação operacional.
- ✓ Documentação do projeto mecânico.

#### **Processo Fabricação**

- ✓ Fabricação
  - ✓ Montagem mecânica das partes componentes
  - ✓ Ajustes e testes conceituais.
  - ✓ Atualização dos desenhos
  - ✓ Fabricação versão ajustada
  - ✓ Integração ao sistema e testes funcionais.
  - ✓ Validação do protótipo
- **Desenvolvimento dos manuais operacionais e de manutenção dos sistemas mecânicos.**
- ✓ Manual de operação
  - ✓ Manual de manutenção.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Seguindo a sequência mostrada na figura anterior é possível relacionar as principais atividades de um projeto mecânico de desenvolvimento no marco de desenvolvimento de um produto em P&D.

É importante ressaltar que estes resultados não constituem uma guia obrigatória de uso senão apenas algumas experiências compartilhadas.

**Na fase de planejamento do sistema**, análise de requisitos, e estudo e definições de tecnologias adequadas ao sistema, é necessário a elaboração do **documento de requisitos mecânicos**. Trata-se de elaborar um documento guia que constituirá a referência obrigatória de todos as peças e elementos componentes do protótipo a ser desenvolvido e por isso eles



GARCIA Cisneros Edry Antonio; PARENTE de Oliveira Josias; Printes, André Luis; SOUZA Gomes Raimundo Claudio; CARDOSO, Fabio de Souza; DA SILVA, Navarro Pedro Emanuel; PEDRAÇA, Júnior Neirival Rodrigues; ABREU Furtado Diogo; FARIAS dos Santos Yuri; SOBREIRA, Lucio Mateus– **Considerações Sobre Aplicação de Projetos Mecânicos em Projetos de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação**

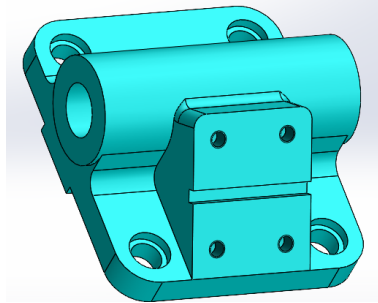
---

definem o futuro das soluções necessárias para desenvolver exitosamente o projeto mecânico. Constituem a guia metodologia a seguir para o desenvolvimento de todas as restantes etapas pois ele é desenvolvido partindo dos requisitos que o cliente coloca no escopo requisitos do projeto P&D.

Entre os principais requisitos podem se relacionar os seguintes:

- Qualidade do desenho
- Facilidades de construção
- Possibilidade de utilização da tecnologia de impressão 3D.
- Cumprimento das normas ABNT e outras normas segundo as exigências do Cliente.
- Propriedades físicas e mecânicas acordes a função do protótipo.
- Durabilidade do protótipo.
- Facilidades de montagem e operação.

**Na fase de modelagem estrutural e comportamental do sistema,** estudo de viabilidade técnico econômica são desenvolvidas várias atividades, é definido o do projeto mecânico, geralmente é feito um esboço 3D da solução desejada, são definidos os elementos constituintes do projeto mecânico, peças, componentes, materiais, assim como as tecnologias usadas para o desenvolvimento CAD do projeto onde deverá ser priorizada uma ferramenta de desenho tridimensional paramétrica, que permitirá criar os mais diversos tipos de peças, conjuntos e desenhos na área específica de aplicação, se possível deverá compatibilizar-se também com as tecnologias usadas pelo cliente pois isso favorece a fase de integração dos resultados com a realidade produtiva. Nesta etapa é feito também o estudo de viabilidade técnico econômica da solução proposta baseada numa valoração da relação custo benefício preliminar considerando o esboço da solução e a seleção das ferramentas de trabalho necessárias para o desenvolvimento do projeto mecânico, do levantamento dos materiais e custos desses, levantamento das tecnologias para o projeto mecânico que serão usadas para o processo desenho assistido por computador e fabricação assistida CAM assim como outras elementos referidos a custos de fabricação, segurança e robustez entre outros.



**Figura 2. Imagem de um desenho 3D de uma solução. Fonte: Autores.**

Derivada da revisão bibliografia preliminar e das ideias conceituais da solução mecânica do projeto, as vezes aparece a necessidade de realização de um estudo acerca da possibilidade de submissão de patentes da solução proposta e por isso, caso proceda esta valoração, então deve ser adotadas medidas tendentes a proteção da informação resultante assim como sua pronta apresentação a os órgãos competentes para a submissão.

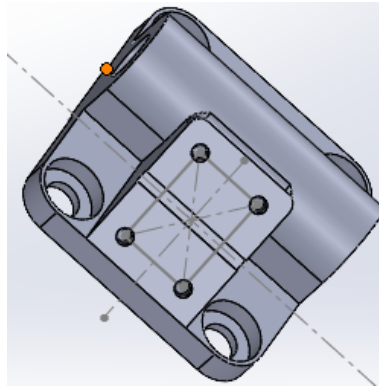
**A fase de desenvolvimento do projeto mecânico do sistema** constitui a etapa de maior trabalho e onde a equipe deve trabalhar e interagir sistematicamente com as outras equipes (elétrica, eletrônica, automação, software, testes, etc.) para garantir que as peças e componentes a serem desenvolvidos estejam justamente em correspondência com os resultados do projeto conceitual aprovado pelo cliente para chegar à solução desejada com segurança e precisão e que a parte física desenvolvida no projeto mecânico não cause interferência com os componentes restantes do protótipo (exemplo o espaço físico para inserir uma placa eletrônica de controle ou o sistema de fixação adotado para garantir o funcionamento ótimo de um motor elétrico de pequenas dimensões).

As principais atividades são:

- Desenho 3D da solução preliminar do projeto ou esboço do projeto.

Partindo dos resultados das reuniões da equipe de trabalho do projeto e em posse das informações dos documentos dos requisitos gerais do projeto e dos requisitos mecânicos e desenvolvida no software selecionado (os mais usados: Siemens NX, Solidworks, Auto Desk Inventor, Solid Edge fundamentalmente) o desenho 3D da solução preliminar. Este desenho é avaliado de novo pela equipe de trabalho do projeto e adicionadas as considerações e sugestões se modificações que possam surgir neste passo, geralmente podem surgir outras

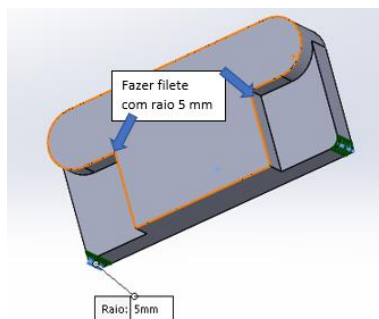
alternativas de solução ao problema, elas são mensuradas e com o consenso da equipe se finaliza.



**Figura 3. Exemplo de desenho 3D da solução preliminar de uma peça.**  
**Fonte: Autores**

- Análise da solução 3D e ajustes preliminares.

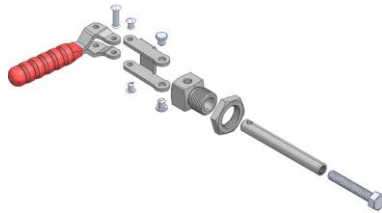
Nesta etapa é apresentada a solução proposta a equipe do projeto geral e é feita uma análise crítica da solução considerando os pontos de vistas das outras áreas (software, elétrica, automação, testes, etc) visando obter a solução mecânica integrada as outras partes componentes do projeto. As sugestões e recomendações são recolhidas, também são redefinidos todos os parâmetros de dimensionais, de forma e de posição da solução visando sempre cumprir os requisitos de cliente.



**Figura 4. Exemplo de desenho 3D da solução indicando ajustes.** **Fonte: Autores**

- Simulação computacional da montagem das peças componentes. Ajustes.

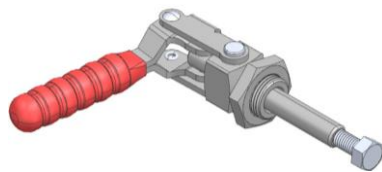
A simulação virtual da solução obtida possibilita testar e aprimorar as configurações do dispositivo antes de sua fabricação e isto se traduz em ganhos totais no projeto ao poupar tempo, custos e esforços. Em pose do CAD 3D da solução já ajustada; procede-se então a montagem das peças e componentes usando o software selecionado. Esta etapa é importante pois permite simular tanto a montagem das peças e componentes quanto a operação do mesmo. É muito comum nesta etapa que ocorra alguma outra modificação de tipo dimensional e/ou de ajustes e tolerâncias das peças.



**Figura 5. Exemplo de resultado da simulação da montagem. Fonte: Clamptek**

- Desenho 3D da solução final.

Uma vez finalizada a montagem pode então determinar o CAD 3D final que constitui parte integrante da documentação a ser entregue ao cliente. Neste desenho devem estar todas as atualizações feitas durante os processos anteriores pois é sobre este desenho que são feitos o detalhamento 2D das partes componentes do protótipo assim como o processo de impressão 3D se necessário.

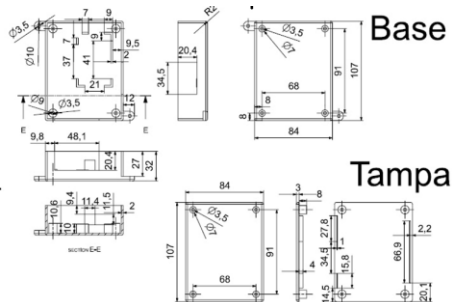


**Figura 6. Exemplo de resultado da simulação. Fonte: Clamptek**

- Detalhamento 2D das partes componentes do projeto mecânico.

Esta etapa é fundamental para a fabricação das peças do protótipo pois são gerados todos os desenhos técnicos das peças, suas especificações dimensionais, de ajustes e tolerâncias assim como os materiais de cada uma destas peças. As vezes são necessários fazer ajustes para favorecer o processo

de fabricação. Esta documentação também é parte integrante da documentação que será entregue ao cliente uma vez terminado o projeto. É recomendável que seja feita uma revisão detalhada de cada peça pela equipe mecânica.



**Figura 7. Exemplo detalhamento 2D. Fonte: Autores**

- Impressão 3D das partes componentes e simulação operacional.

A impressão 3D é uma tecnologia moderna que permite fabricar peças com alto grau de precisão e rapidez assim como também possibilita em alguns casos fazer simulações de montagens e operação visando aprimorar a qualidade do produto final. Em algumas ocasiões (dependendo do tipo de material usado na impressão 3D) é necessário fazer ajustes dimensionais e de tempo de cura das impressões para atingir a melhor qualidade do produto fabricado. Geralmente se isso ocorre e feita uma outra reimpressão que no caso seria o protótipo impresso da solução.



**Figura 8. Peça impressa tecnologia 3D. Fonte: Autores**

Em sínteses o processo de impressão 3D inicia-se com a conversão do modelo 3D obtido com o software de desenho para formato STL, na sequência a exportação do modelo no formato STL para o software de cura, utilização deste software para fazer o fatiamento dos modelos a imprimir, geração do Gcode para a impressora 3D e finalmente acionamento da impressão e acompanhamento até o término do processo, depois de retirado o modelo e revisado visualmente e caso necessário procede-se retirar as rebarbas derivadas da impressão. Depois se procede a revisão e verificação da qualidade da peça nos elementos dimensionais, de rugosidade superficial e outros que geralmente são específicos a cada peça impressa (furos, cavidades, etc.).

- Documentação do projeto mecânico.

Constitui a materialização das etapas CAD do projeto. Geralmente a documentação deverá conter todas as informações necessárias para fabricar, montar e operar o dispositivo obtido como produto do trabalho de P&D.

Principais informações contidas:

- Caracterização da entidade executora do P&D.
- Caracterização da empresa do cliente.
- Introdução ao projeto.
- Desenhos 3D e 2D do projeto mecânico.
- Relação de peças e componentes.
- Qualquer outra informação que se considere relevante para o cliente.

## 5. CONCLUSÕES

As informações contidas no artigo assim como os exemplos colocados tem o intuito de ajudar a entender e melhorar o processo de desenvolvimento dos projetos mecânicos no âmbito do desenvolvimento de P&D.

As informações brindadas permitem afirmar que o uso de tecnologias CAD hoje são premissas fundamentais no desenvolvimento de P&D, seu uso e aplicação não só reduzem os tempos de desenvolvimento e os custos destes processos como também oferecem soluções com alto grau de precisão o que se traduz em uma maior eficiência no processo produtivo.

A sequência seguida e fruto da experiencia da equipe de trabalho e está em correspondência com as principais praticas usadas no processo de desenvolvimento de projetos mecânicos mais não é única, pode ser melhorada.

GARCIA Cisneros Edry Antonio; PARENTE de Oliveira Josias; Printes, André Luis; SOUZA Gomes Raimundo Claudio; CARDOSO, Fabio de Souza; DA SILVA, Navarro Pedro Emanuel; PEDRAÇA, Júnior Neirival Rodrigues; ABREU Furtado Diogo; FARIAS dos Santos Yuri; SOBREIRA, Lucio Mateus– **Considerações Sobre Aplicação de Projetos Mecânicos em Projetos de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação**

---

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Laboratório de Sistemas Embarcados do HUB de Tecnologia da Escola Superior de Tecnologias da Universidade do Estado do Amazonas.

## BIBLIOGRAFIA

1. BARBALHO, S.C.M. Modelo de referência para o desenvolvimento de produtos mecatrônicos: proposta e aplicações. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
2. COSTA, Jefferson dos Santos, et al. Modelagem geométrica como mediadora da construção do conhecimento em Desenho Técnico no Curso de Edificações do IFBA, Campus Salvador. Bahia. 2017.
3. CHUM, J. C. B. Gestão do processo de desenvolvimento de produtos e a gestão do ciclo de vida: proposta de um modelo para o desenvolvimento de produtos sustentáveis. Dissertação (mestrado) - UFRJ, COPPE, Programa de Engenharia de Produção, 2010.
4. Clamptek Enterprise Co. 2022. acesso em <https://www.clamptekglobal.com/product/detail/767>
5. DIAS, J. M. P. Desenho Assistido Por Computador Com Modelação De Sólidos A 3D. Instituto Superior Técnico de Portugal. 1999.
6. HELDMAN, K. Gerência de projetos: guia para o exame oficial do PMI. 7 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
7. HITNER, S. D. A. C. Guggenheim de. A teoria da Catástrofe aplicada à elaboração arquitetônica do Museu Guggenheim de Bilbao. Revista Vitruvius [online]. 074.00. Ano 07, jul. 2005. ISSN 1809-6298. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/07.074/339>>. Acesso: 11 nov. 2015.
8. OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. Directorate for Science, Technology and Innovation Science, technology and innovation policy, Frascati Manual, 2015.
9. ROMEIRO FILHO, E. Projeto do produto, 8 ed. Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2006. Disponível em: <<http://www.dep.ufmg.br/wp-content/uploads/2015/01/apostilaprodutoufmg.pdf>>. Acesso em: 21 dezembro 2021.
10. ROZENFELD, H., FORCELLINI, F. A., AMARAL, D. C., TOLEDO, J. C. D., SILVA, S. L. D., ALLIPRANDINI, D. H., SCALICE, R. K., Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo, 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2006.
11. SILVA, C. E. S. da. Método para avaliação do desempenho do processo de desenvolvimento de produtos. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
12. SUFRAMA. Superintendência da Zona Franca de Manaus. Portal da Legislação, 2021. Manaus, Amazonas. Brasil.
13. TOLEDO, J.C.; ALMEIDA, H.S. Qualidade Total do produto. Produção, vol. 2, n1, p. 31-37, 1991.
14. TEH, C. C. A influência das tensões ambídestras na arquitetura organizacional para inovação: estudo de casos em empresas brasileiras da indústria de transformação. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2014