

FACULDADE GALILEU

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TALITA ROSINEIS RODRIGUES DE ALMEIDA

**UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES 3D NA ENGENHARIA DE MANUFATURA –
COM ÊNFASE NA GERAÇÃO DE INFORMAÇÕES INTERATIVAS NO
PROCESSO FABRIL**

BOTUCATU

2020

FACULDADE GALILEU
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TALITA ROSINEIS RODRIGUES DE ALMEIDA

**UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES 3D NA ENGENHARIA DE MANUFATURA –
COM ÊNFASE NA GERAÇÃO DE INFORMAÇÕES INTERATIVAS NO
PROCESSO FABRIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade Galileu, como
parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Bacharel no Curso de
Engenharia de Produção, orientado pelo
Prof. Esp. Aline Jauch Antônio.

BOTUCATU

2020

TALITA ROSINEIS RODRIGUES DE ALMEIDA

**UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES 3D NA ENGENHARIA DE MANUFATURA –
COM ÊNFASE NA GERAÇÃO DE INFORMAÇÕES INTERATIVAS NO
PROCESSO FABRIL**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Aline Jauch Antônio
Docente orientador
Faculdade Galileu

Prof. (Nome do professor avaliador)

Prof. (Nome do professor avaliador)

RESUMO

A comunicação técnica é um processo que gera desvios e gargalo nas engenharias. As organizações buscam por executar tarefas de modo eficientes e interativos constantemente. Os sistemas CAD (Computer-Aided Design – Desenho Assistido por Computador) auxiliam na resolução dos gargalos de processos, a fim de melhorar a produtividade. Economia de tempo, redução de custos, são vantagem competitiva que os desenvolvedores de produtos devem assegurar as organizações, através de integração de ferramentas 3D (3 dimensões). O software CATIA Composer, permite uma experiencia mais envolvente as operações de manufatura, com a utilização de dados de CAD 3D afim de automatizar o método de documentação de produtos sem modificar os projetos dos produtos. Este trabalho apresenta o estudo de caso de implantação do sistema MBD, no qual foi possível verificar a otimização do tempo ao gerar informações técnicas através de ilustrações durante as modificações do projeto e a validação de novos produtos.

Palavras-chave: CAD 3D, MBD, Produtividade, Comunicação Técnica.

ABSTRACT

Technical communication is a process that generates deviations and bottlenecks in engineering. Organizations seek to perform tasks efficiently and interactively. CAD (Computer Aided Design - Computer Aided Design) systems assist in solving process bottlenecks, with the aim of improving execution. Time savings, cost savings, competitive advantage that product developers must guarantee as organizations, through the integration of 3D tools (3 dimensions). CATIA Composer software allows for a more immersive experience as operations, using 3D CAD data to automate the method of using products without modifying product designs. This paper presents the case study of the implementation of the MBD system, but it was not possible to verify the optimization of time when generating technical information using illustrations during the design changes and the validation of new products.

Keywords: 3D CAD, MBD, Productivity, Technical Communication.

1 INTRODUÇÃO

É essencial como uma empresa se diferencia e permanece competitiva. Por esse fato as empresas buscam de forma constante a inovação ao automatizar os seus processos, com o intuito de lançar os produtos no mercado com mais rapidez e eficiência. Para isso as empresas devem investir na comunicação técnica automatizada e em sincrônica com o processo de projeto.

Segundo o site da Dassault Systèmes SolidWorks Corp, criadora do CATIA Composer, agora é possível romper obstáculos, tornando a comunicação técnica parte do processo de projeto, e simultânea com ele. Através de uma ferramenta dedicada e avançada para comunicação técnica gráfica é permitido que os envolvidos na comunicação técnica reformulem diretamente as informações CAD 3D para criar conteúdo gráfico em 2D e 3D.

A comunicação técnica é indispensável a experiência geral do produto e da marca, sendo a primeira exposição dos clientes aos seus produtos e com base na qualidade das documentações técnicas que eles julgaram a empresa. Então, é obrigatório e de extrema importância uma comunicação técnica eficaz, pois a mesma pode reduzir os custos de projeto, fabricação, montagem, vendas e suporte.

As inovações 3D (CAD) propuseram aos projetistas ferramentas eficientes para o desenvolvimento de produtos. As ferramentas CAD auxiliam os engenheiros na criação, visualização, encurtamento dos períodos de desenvolvimento de novos projetos, redução custos e melhoraria na qualidade do produto.

Em um fluxo de trabalho, faz-se necessário a criação de documentação técnicas, é crucial a formação de imagens ilustrando o passo a passo de fabricação de um novo produto, a partir dos arquivos CAD 3D, fazendo com que o time de desenvolvimento de produto empregue horas produzindo estas imagens. Nesta fase, é alta a probabilidade de falha e havendo modificação no produto, as imagens se tornam obsoletas e gerando a necessidade de retrabalho tanto para o time de desenvolvimento de produto quanto para as áreas que utilizaram as imagens geradas.

Este trabalho tem o objetivo de destacar as vantagens quanto a utilização do software CATIA Composer em uma empresa Multinacional. Com isso, será executado revisão bibliográfica e o estudo da implantação da utilização do sistema nas áreas das Engenharias e setor produtivo de peças primárias com diversidades de tecnologias e de simples e complexos tipos de peças. Para tanto, serão pontuados os resultados

promissores que a implantação do recurso 3D proporcionou na Manufatura, bem como o trabalho refletirá sobre disseminação da evolução da industrial 4.0 nas empresas brasileiras e no mundo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INOVAÇÃO

A inovação é a palavra chave para as organizações se destacarem entre si na era da competitividade. Dessa forma, alcançar algo que seja realmente inovador é constante no mundo competitivo (MORAIS et al., 2017). Com a assistência das pessoas, negócios ou tecnologias as inovações podem acontecer na gestão, nos processos produtivos e nas melhorias de produtos ou serviços.

O cenário globalizado do mercado atual, institui de certo modo que as organizações se preparem para as diversidades internas e externas, através de estratégia assertivas, objetivando a adaptação ao novo cenário econômico (LOPES et al., 2016). Para Groover (2011), a migração para a automação nos processos produtivos tem o objetivo de restringir despesas e tempo, seguindo a estratégia de implantação mais adequada, que variam de organização para organização.

Figure 1 - Os 9 pilares do avanço tecnológico, indústria 4.0



Fonte: BCG - Boston Consulting Group

2.2 MODERNIZAÇÃO NAS COMUNICAÇÕES TÉCNICAS

Atualmente, as organizações utilizam e desperdiçam muito papel, gerando um enorme impacto ambiental e econômico.

Os tradicionais negócios que utilizam a documentação física estão próximos de seu fim com a transformação digital, através do conceito *paperless*.

A manufatura digital ou manufatura paperless é um diferencial competitivo que visa reduzir a falha de informações e tende a minimizar a geração de papel nos diversos setores da organização, como projeto, processos e fabricação (MOREIRA, 2018).

Um produto pode contemplar diversos projetos, sendo ele dividido em: mecânico, de automação, hidráulico e pneumático.

Todo projeto gera um modelo em três dimensões ou 3D e na sequência depois de todo projeto aprovado gera um desenho em duas dimensões ou 2D que por fim gera a montagem da máquina ou ferramental de estampo. Tudo isto gera consumo de papel e sem dizer correções de desenho e versões deste desenho" (MOREIRA, 2018).

Não é somente saber que é necessário a transição do desenvolvimento de produtos de um sistema de projeto 2D para um sistema de modelamento 3D em uma empresa, é acreditar nos benefícios competitivos dessa transição.

Na conversão de um ambiente de projetos 3D é necessário executar um planejamento eficiente e eficaz, pois perdas de produtividade, problemas de conversão de dados, problemas de implementação técnico e culturais, custos, treinamentos devem ser todos pontuados para implementação do projeto.

Os benefícios são inúmeros, dentre eles são ciclo menores de projeto, incorporação e processos de fabricação, custos reduzidos de projetos. Os sistemas 3D oferecem meios fáceis e rápidos para a elaboração de projetos de produtos

De acordo com Adam Stevens projetista Industrial, *Mc Cue Corporation*, os três principais benefícios do uso do modelamento de sólido 3D para criação de novos produtos são o aumento da velocidade na criação de projetos, alterações de projeto mais rápidas e a ampliação do suporte aos materiais de marketing/vendas.

Os desenhos 2D são modificados e reinterpretados durante todo o ciclo de vida de um produto. Todavia nos ambientes de projeto 3D, os projetistas criam

automaticamente desenhos detalhados e prontos para a produção, eliminando tempo no processo de criação, manipulação e manutenção para a visualização dos desenhos. Além de ser possível executar a manipulação do projeto em diversos ângulos, explodir e ampliar os desenhos associados. As atualizações ocorrem automaticamente, sem necessidade de executar desenhos manualmente, vistas e detalhes.

Ainda segundo Adam Stevens, com a utilização dos métodos 2D, há muitos espaços para erros de interpretação. Se as peças não atenderem a intenção inicial do projeto após a revisão, será necessário um retrabalho. Isso, por sua vez, atrasará os cronogramas já que as peças serão redesenhadas, novamente modeladas, revisadas e, se aprovadas, enviadas à produção.

As alterações em projeto 2D requer reprocessamento na verificação do desenho, o que faz ser um processo demorado e monótono. Entretanto, executar uma alteração a um modelo de sólido 3D é muito mais simples e rápido, pois os mesmos oferecem uma associação bidirecional, garantindo que todos os elementos de um modelo estão associados ou conectados. Após ser feito uma alteração em um modelo 3D, automaticamente é refletida nos desenhos relacionados, reduzindo a probabilidade de erros no projeto.

Segundo a publicação de Machine Design, “A Transição para 3D: um guia de sobrevivência para usuários do CAD 2D”, um problema característico ao projeto 2D é que, após a tarefa na criação de níveis de desenho que no final representará um produto, no final esses dados serão inúteis a outros softwares como os processadores de análise estrutural de fabricação, criação de ferramentas, programação de controle numérico (NC). Essas funções exigem dados 3D, que devem ser criados utilizando como base os desenhos 2D originais.

Atualmente, através das ferramentas de modelagem 3D integradas com as análises e ferramentas de simulação, podem ser executadas e computadores altamente potentes, sem ser caríssimo, os Engenheiros conseguem simular modelos, voltar e alterar o modelo CAD e no mesmo instante obter os efeitos da alteração.

Os modelos 3D são mais fáceis de interpretar do que uma série de desenhos 2D estáticos, com vistas e detalhes. Os sólidos 3D permitem que os usuários criem com mais facilidade modelos integralmente processados, realistas nos primeiros estágios do ciclo de projeto. Além que os sistemas de modelamento 3D

oferecem recursos para auxiliar no gerenciamento de dados do produto (PLM) e exatidão e da integralidade dos desenhos de produção de conjuntos.

2.3 EMPRESAS PAPERLESS

O conceito *Paperless*, surgiu nos anos 80, onde se falava da possibilidade de ter um escritório sem papel ou menos papel, com base no uso dos computadores (DRESCH, 2010).

Liu e Stork adverte que o consumo demasiado de papel no escritório, foi o despertar da necessidade, não de um escritório “sem papel”, mas pelo menos de um escritório com “menos papel”. “Os profissionais do mundo empresarial de hoje gastam cerca de 60% do tempo lidando com a grande quantidade de papel que flui diariamente para o escritório. O processo é altamente ineficiente, sugerimos os resultados da pesquisa:

- Grandes organizações perdem um documento a cada 12 segundos;
- 3% dos documentos estão arquivados incorretamente;
- 7,5% dos documentos são perdidos para sempre;
- A desorganização no local de trabalho pode custar aos executivos até seis semanas por ano;
- O executivo médio gasta três horas por semana procurando documentos com etiquetas incorretas, mal arquivadas ou perdidas.” (LIU, 2000).

Segundo Nery, o principal objetivo do “escritório sem papel” é o conceito de um novo ambiente de trabalho, no qual o papel passa a ser cada vez menos necessário.

Assim, uma série de processos tenta reduzir a necessidade de papel nas organizações, tentando minimizar a falta de convergência entre dois mundos: papel e eletrônico, pois eles têm andado de forma separa, quando deveriam ser visivelmente conectados. (Nery, 2003)

Paperless visa a redução de custos e ganho de produtividade, através de um ambiente empresarial com o mínimo uso do papel. Essa técnica é definida como uma nova cultura organizacional, que busca constantemente a sustentabilidade, eliminando a utilização do papel dos processos, além de ser uma alternativa para reduzir erros e ganhar tempo.

2.4 CAD – *COMPUTER AIDED DESIGN*

De acordo com Moreira (2018), “o CAD é o nome dos sistemas computacionais (*software*) utilizados pela engenharia, geologia, geografia, arquitetura e *design* para facilitar o projeto e desenho técnicos”.

Para Groover e Zimmers (1994) é existente muitas razões as quais deve implementar um sistema CAD:

- Aumentar a produtividade do projetista
- Garantir a qualidade do projeto
- Aprimorar as comunicações geradas no desenvolvimento do projeto
- Criar base de dados para a engenharia de manufatura

Ainda segundo Groover e Zimmers (1994) a partir da aplicação do computador no processo de projeto, é possível estabelecer uma correspondência entre algumas atividades do processo de projeto convencional com funções realizáveis por sistemas CAD, sendo estas:

1. Modelamento Geométrico.
2. Análise de Engenharia.
3. Revisão do Projeto e avaliação.
4. Geração automática de desenhos.

2.5 DEFININDO O MBD (*MODEL-BASED DESIGN*)

Model-Based Design é uma metodologia de desenvolvimento de software embarcado centrada em modelo. É dividida em 4 áreas, sendo elas:

- Especificação Executável.
- Simulação.
- Teste e Verificação.
- Implementação.

Segundo os desenvolvedores de software livre, o *Scilab*, *Model-Based* é um processo de desenvolvimento de software baseado em subsistemas conectados contendo blocos de funções, sendo possível especificar, projetar, simular, verificar, testar e implementar sistemas embarcados do início ao fim do projeto.

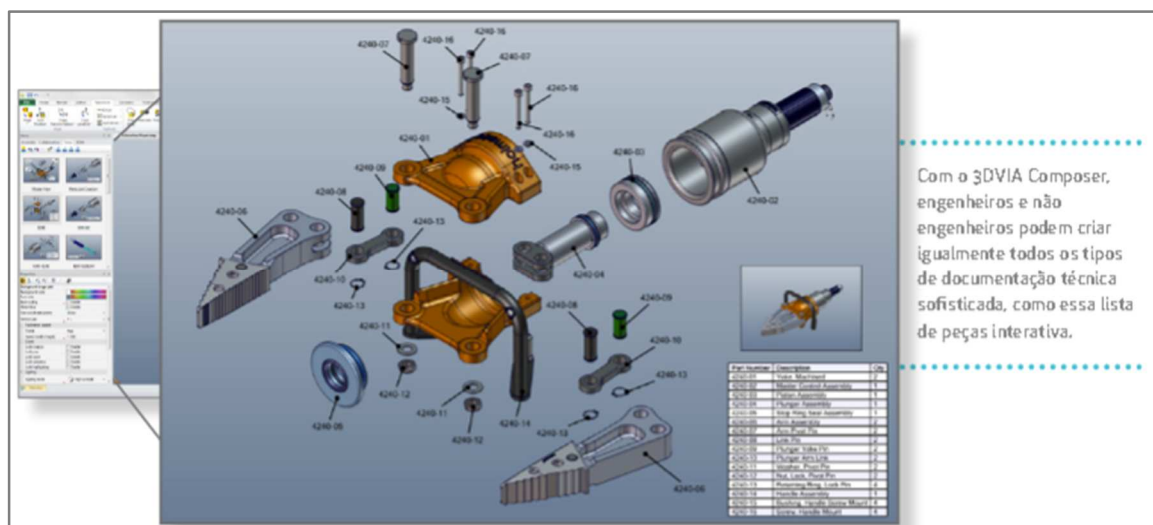
A mudança de desenho 2D para MBD encontrará todos os tipos de resistência. É como uma start-up, quando o estresse e a frustração são inevitáveis, a ponto de alguns dos primeiros participantes talvez optarem por abandonar o barco. Outro possível subproduto de desafios e frustrações é a

culpa e apontar dedos, o que abala a moral e desperdiça energia. (SOLIDWORKS Brasil, 2019).

2.6 MODELAGEM 3D – CATIA COMPOSER

Segundo o blog oficial da *Solid works* Brasil, o CATIA Composer ou 3DVIA Composer, inicia-se utilizando informações em 3D como pilar fundamental para as suas diversas tarefas. O software compila dados do *Solid Works*, *CATIA* e *PRO / Engineer*. Toda a informação da estrutura do produto (geometria) é transmitida com precisão, assim como os metadados do CAD 3D. É permitido a criação de ilustrações técnicas tradicionais, pois o sistema oferece uma gama de ferramentas permitindo tal ação. Os modelos 3D podem ser movimentados, ocultados, explodidos e cortados, conforme a conveniência da fabricabilidade. Há possibilidade de controle sobre as informações que devem ser aparentes, a forma de visualização e como são exportados para integração em documentos.

Figure 2 - Explosão de componentes de uma peça.

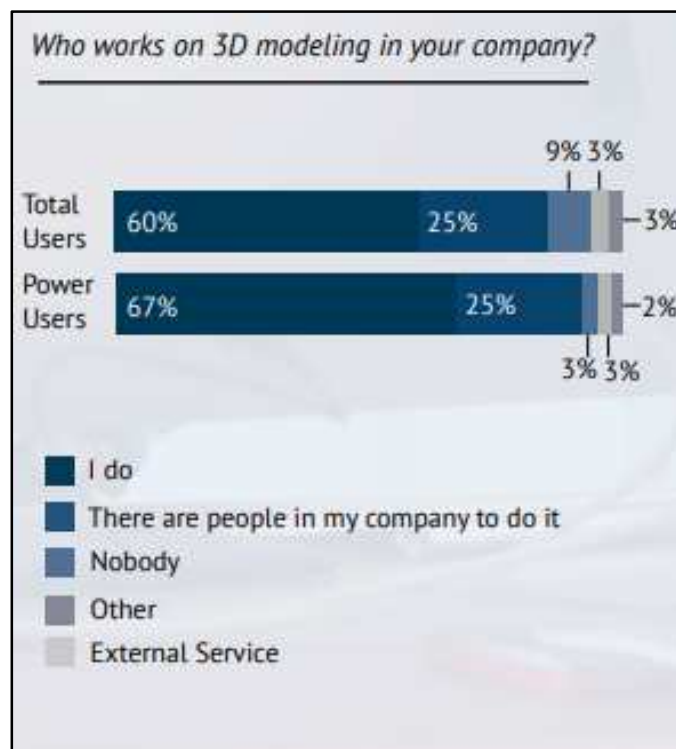


Fonte: SolidWorks, 3DVIA Composer.

CATIA Composer não requer habilidades de programação ou outros meios entendidos para a produção de qualquer uma de suas saídas. Uma linguagem comum para comunicação técnica podendo favorecer mais criatividade e colaboração, pois agiliza e simplifica a comunicação técnica impressa e interativa, em uma única solução. Sendo que, ele possui baixo custo total de propriedade, e geralmente o investimento é recuperado em menos de um ano. Podendo iniciar com a automatização de áreas e após crescer.

Segundo a pesquisa realizada pela Sculpteo(2017), qualificar uma equipe na organização para trabalhar especificamente na modelagem 3D, pode ser muito importante no desenvolvimento de produtos. “A vantagem de ter uma equipe específica que trabalha no softwares CAD aumenta o domínio e conhecimento da tecnologia. Como resultado, técnicos conhecimento e experiencia dentro das empresas é uma verdadeira vantagem competitiva (SCULPTEO, 2017).

Figura 3 – Pesquisa: "Who works on 3D modeling in your company?"



Fonte: Sculpteo.

De acordo com o estudo de Aberdeen Group, as melhores empresas que adotam o tipo correto de automação e práticas para publicação dinâmica atingiram benefícios de negócios significativos, como:

- Um aumento de 23% nos níveis de satisfação do cliente nos últimos 12 meses.
- Uma redução de 20% no número de questões feitas ao Suporte ao cliente.

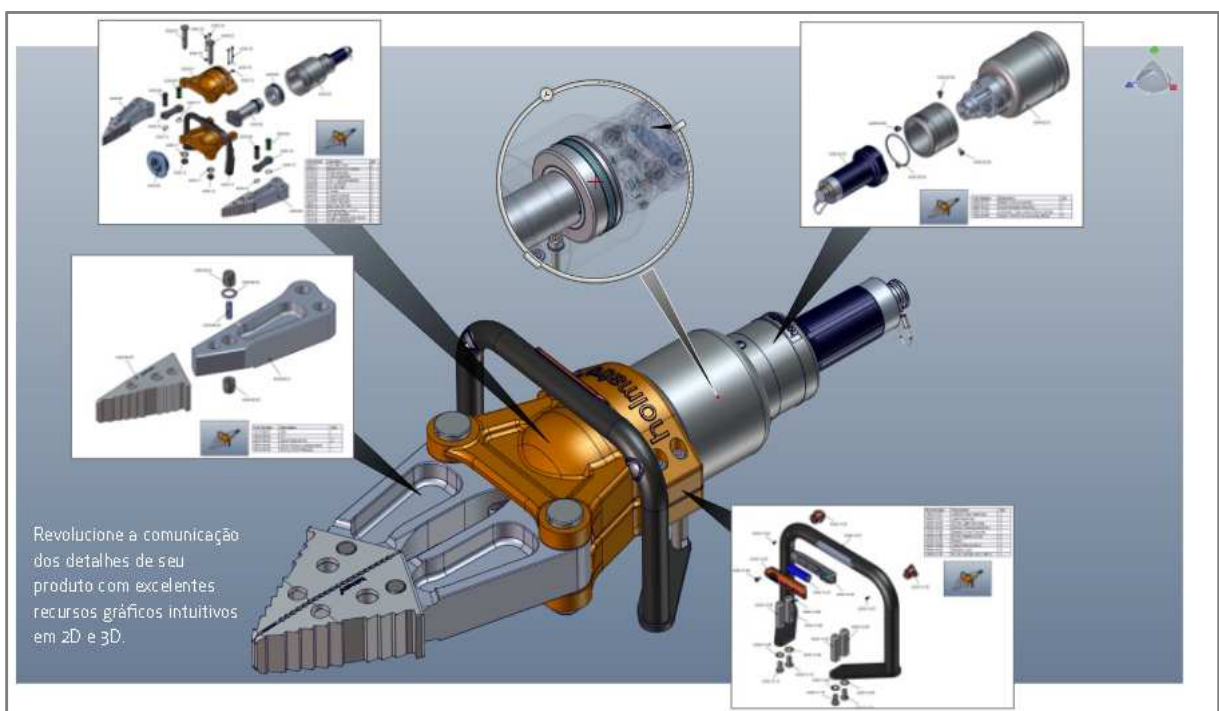
- Um aumento de 18% na receita do produto.

Figura 4 - Eliminação do Obstáculo.



Fonte: SolidWorks.

Figura 5 - Interface do CATIA Composer.



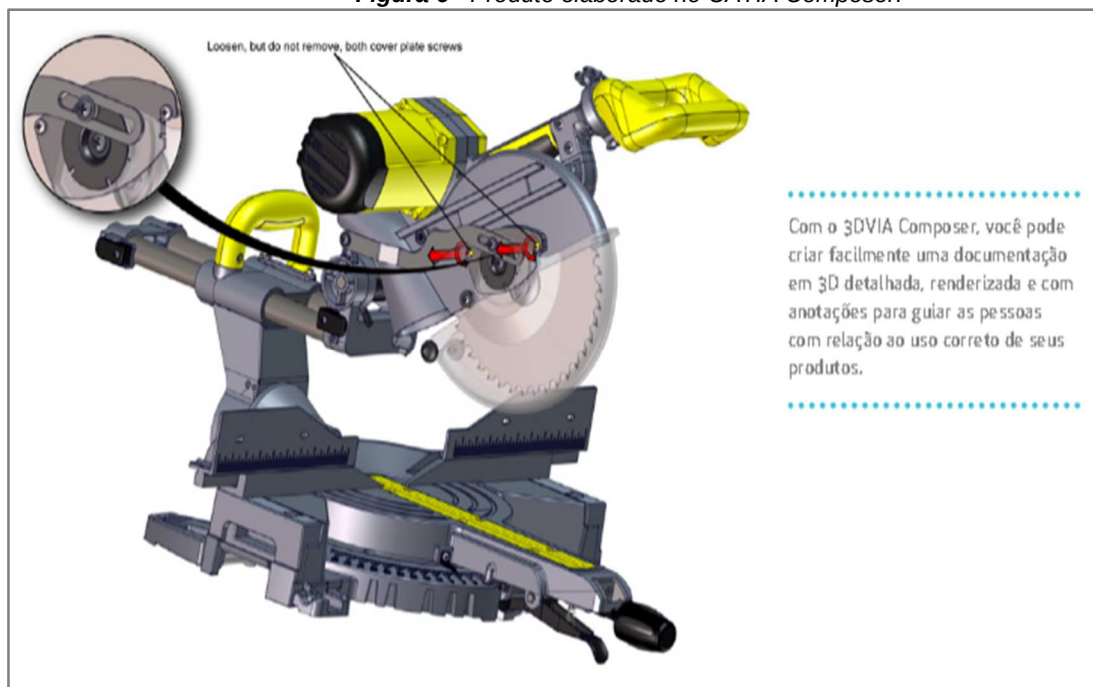
Fonte: SolidWorks, 3DVia Composer

O CATIA Composer dispõe de uma variedade de modos para relacionar e fazer referência a componentes, capaz de detectar mudanças em padrões, podendo lidar com alterações no projeto. O projeto executado no software *Solid Works*, é permitido vincular-se em tempo real aos dados do CATIA Composer, facilitando a geração da informação entre diferentes áreas da organização. É criada uma variável,

que possibilita com que o sistema execute atualizações nas ilustrações técnicas, utilizando como referência a nova variável, reduzindo tempo e custo de operações.

Projetistas e Engenheiros, são responsáveis pela criação de recursos e documentos, para isso, o essencial é que essas atividade sejam realizadas em um ambiente interligado e inteligente, trabalhando informações atualizadas do projeto de modo eficiente.

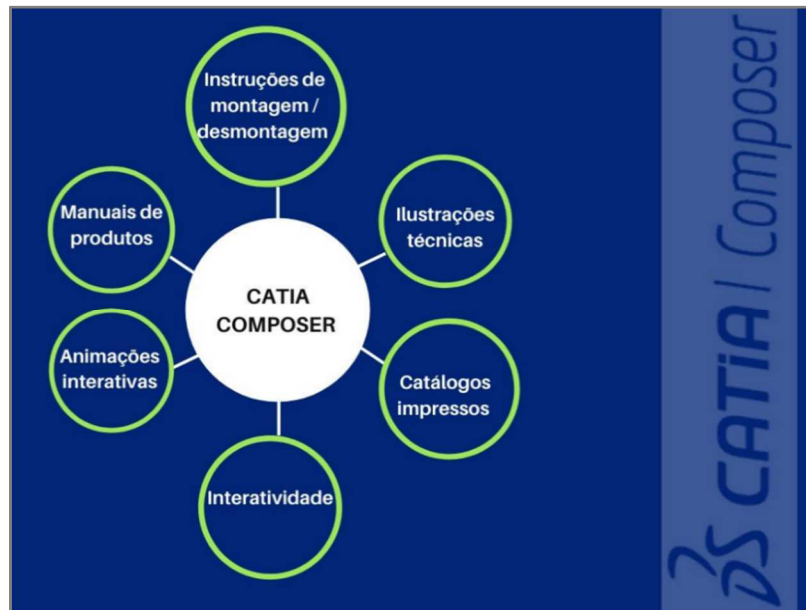
Figura 6 - Produto elaborado no CATIA Composer.



Fonte: SolidWorks, 3DVIA Composer

Os dados de entrada podem vir de qualquer sistema CAD 3D e pode ser mantido em uma estrutura de diretórios ou em qualquer sistema de PLM. As saídas do CATIA Composer são em formatos de arquivo padrão da indústria, incluindo HTML, PDF 2D e 3D, AVI, pode-se produzir imagens em alta resolução (raster e imagens vetorizadas) como SVG, EPS e CGM. (LWTSISTEMAS, 2019)

Figura 7 - Competências CATIA Composer.



Fonte: do autor.

3 METODOLOGIA

3.1 ESTUDO DE CASO - FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Com os avanços nas áreas de sistemas autônomos e automação, foi necessário viabilizar a chamada fábrica digital, ou indústria “Paperless”. Foi primordial a criação de um projeto de implantação do software 3D e visualização de MBD (Model-based Design), indispensável para atendimentos dos prazos de entregas de aeronaves.

A alta carga de tarefas simultâneas, projetos em estudos e em desenvolvimento prejudicava as áreas pares como a Engenharia Manufatura, PPCP, Produção, envolvidos com a incorporação de produtos na fabricação de peças de primárias e montagens. Os atrasos para a elaboração do arquivo desenho 2D, estava excedendo os prazos estabelecido para a incorporação de novos produtos e também o atendimento dos clientes internos e cliente final.

A atividade de elaboração de desenho 2D, era executada pela área de Engenharia, com a prospecção de alta carga x a baixa capacidade da área, foi necessário subcontratar Engenharias externas para executar a atividade. Então, a

atividade que também era executada por terceiros, ainda não supria o tempo de liberação de desenhos e conseqüentemente afetava as entregas das áreas pares.

3.2 A TRANSIÇÃO DE DOCUMENTOS IMPRESSOS PARA VIRTUAL

A implantação do software, sistema MBD, teve como objetivo suprir as necessidades existentes entre as publicações técnicas, documentação e o ambiente autoral, sendo que ele ofereceu recursos para facilitar a construção de arquivos, através da reutilização dos dados do CAD 3D, criando meios necessários para execução dos processos.

A base necessária para a execução das tarefas no CATIA Composer, são os projetos 3D da plataforma CATIA V5, de desenhos utilizadas pela engenharia de manufatura.

Foi indispensável executar um estudo com o objetivo de entender qual dos softwares de modelagem 3D possuía os recursos necessários para entregar o melhor resultado, pois no mercado é existente diversos software de modelagem 3D, como:

- AutoCAD para 3D
- Modo
- 3D Max
- Z Brush
- SolidWorks
- Cartia Composer
- NX
- Solid Edge
- Master CAM

No estudo, primeiramente foi considerado algumas limitações e ajustes na infraestrutura da organização, a partir disso, foi possível encontrar no mercado a melhor solução para o negócio. Para a escolha do software foi definido premissas, como:

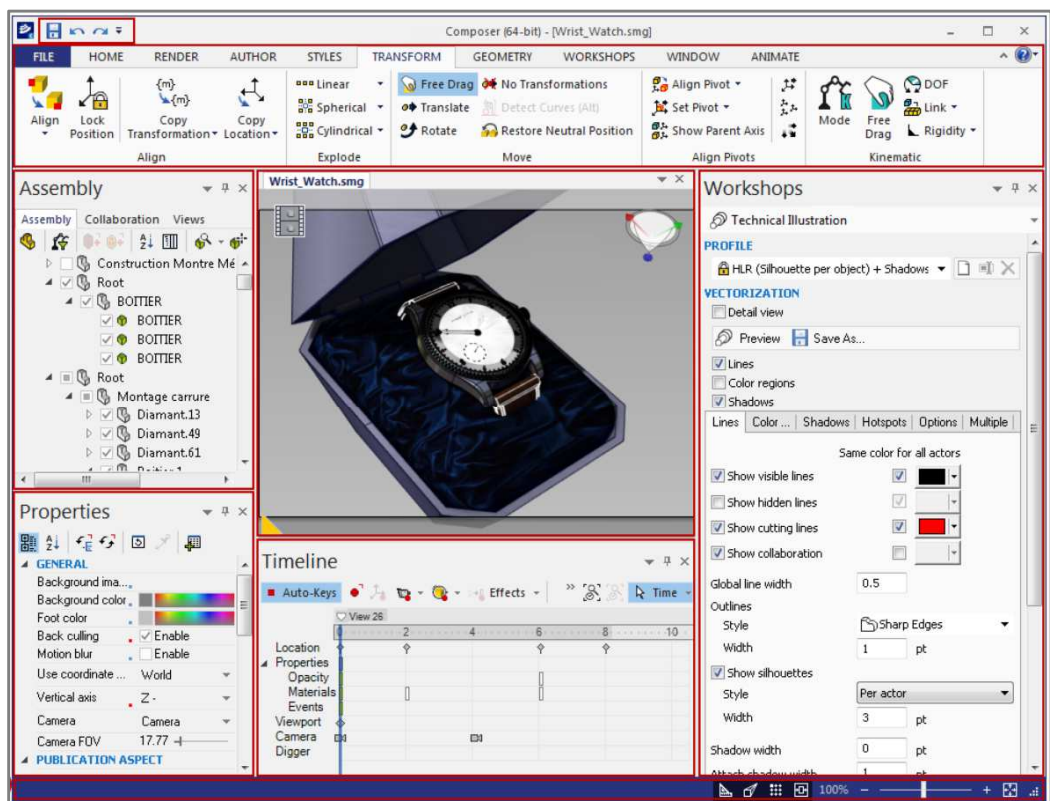
- Simples de utilizar
- Ferramentas de desenho 2D/ 3D e montagem
- Relação qualidade X Custo
- Adaptáveis aos equipamentos que a empresa já possui
- Tipos de peças que pode ser projetado
- Seja customizável

- Possível executar Simulação
- Engenharia Reversa
- Suporte no pós-venda

Os recursos profissionais de modelagem 3D, têm plataformas do tipo: Somente Web ou desktop e Web. Podendo ser utilizado offline, com armazenamento ilimitado em nuvem.

A compra desse tipo de software pode ser executada em uma única vez, obtendo a licença vitalícia, com a possibilidade de compra da atualização anual, ou então aquisição pode ser também obtida através de assinatura anual.

Figura 8 - Conceito interface Composer.



Fonte: Dassault Systemes, User Assistance.

Tabela 1 - Método 2D x Método 3DVia Composer.

O método 2D	O método 3DVIA Composer
Horas com alto valor agregado, capturando representações de telas e criando configurações e vistas explodidas de seus projetos para os departamentos internos da empresa e agências externas. Cada alteração no projeto significa muito retrabalho e frustrações. Frequentemente, este sistema imperfeito produz gargalos no fluxo de trabalho de engenharia e atrasos onerosos na hora de lançar os produtos no mercado.	Projeto e a documentação podem ser produzidos simultaneamente na empresa. Não é necessário especialista em CAD. Acessos diretamente dos arquivos de projeto e captura exatamente a arte gráfica necessária, seja ela uma imagem de alta qualidade para um folheto ou uma série de vistas explodidas com instruções de montagem passo a passo. Com apenas alguns cliques do mouse, é permitido criar imagens raster ou ilustrações vetoriais escaláveis com opções para controlar a espessura de linhas externas, cores de componentes, sombras, balões, listas de peças interativas e símbolos. Gera animações para apresentações.

Fonte: Solidworks.

3.3 IMPRESSÃO DO DESENHO 2D – DISPONIBILIZAÇÃO PARA PRODUÇÃO

Grande parte das atividades desenvolvidas por qualquer empresa, independentemente do seu porte, envolve a reprodução de documentos dos mais diversos e em grande número.

O cálculo para refletir a realidade não é complexo, entretanto é necessário compreender fatores essenciais que impactam no custo da impressão, como:

- Custo de tinta (Cartucho)
- Custo de folhas
- Depreciação dos equipamentos
- Consumo de energia
- Atualização das impressoras

A incorporação atualmente contrata o serviço terceirizado de impressão, a qual vende cota. Sendo que elas são limitadas uma quantidade de impressão por usuário. Fazendo com que as impressões sejam realizadas de forma responsável. Como não disponibilizado o valor do serviço terceirado, contratado pela empresa em estudo, então foi inserido o custo de mercado para o tipo de impressão.

Tabela 2 - Custo Impressão Folha A3.

Custo da impressão preto e branco folha A3		
Papel	Qtd, de Folhas	R\$
Sulfite 75g	1	0,70

Fonte: Solidworks.

4 RESULTADOS

O CATIA Composer demonstrou ser um aplicativo de desktop fácil e intuitivo de aprender e criar conteúdo, sem requerer curva de aprendizagem. Entretanto foi necessário instruir, a partir de treinamentos, os técnicos responsáveis pela atividade, com o intuito de adquirirem entendimento das ferramentas e a interatividade com demais softwares 2D e 3D utilizados na engenharia.

A forma com que a empresa criava, atualizava e distribuía a documentação foi transformada. Com o aproveitamento dos dados CAD 3D existentes foi possível desenvolver produtos mais impactantes, como documentação do produto, ilustrações técnicas, instruções de manutenção animadas, instruções de montagem e muitos

outros casos de uso. Os processos de fabricação de peças primárias como a montagem obteve benefícios com os conteúdos criado pelo CATIA Composer, pois reduz drasticamente o tempo de criação do conteúdo tradicional em papel, fornecendo uma plataforma para a elaboração de documentação interativa, rica e mantido atualizado e sincronizado com as mudanças em constante evolução do design do produto.

A geração de documentação técnica 3D, permitiu a obtenção de procedimentos de produtos complexos para ser distribuída de forma eficaz usando um mínimo de informações textuais em uma experiência interativa 3D altamente envolvente. Além de também permitir aos colaboradores da produção um aumento significativo do entendimento das informações, isto é, a informação chega à execução dos processos de forma clara, o que melhora a capacidade de compreensão e retenção de informações sobre o produto.

Os dados coletados foram retirados apenas de uma área da engenharia de manufatura, da organização em estudo, lembrando que é existente outros setores das engenharias em demais sites.

Para a redução dos tempos quanto a elaboração dos arquivos MBD, foi necessário respeitar e motivar a curva de aprendizagem da equipe de técnicos, uns dos pontos chaves foi o incentivo dos gestores quanto o desbravamento, para a aquisição do conhecimento, na utilização das ferramentas que o software contempla, disseminação do conhecimento dentro da equipe através de treinamentos, criação de manual do conhecimento, interfaces com as áreas de montagem.

Abaixo, segue os dados coletados da evolução quanto a otimização dos tempos, na elaboração dos arquivos MBD no software Catia Composer.

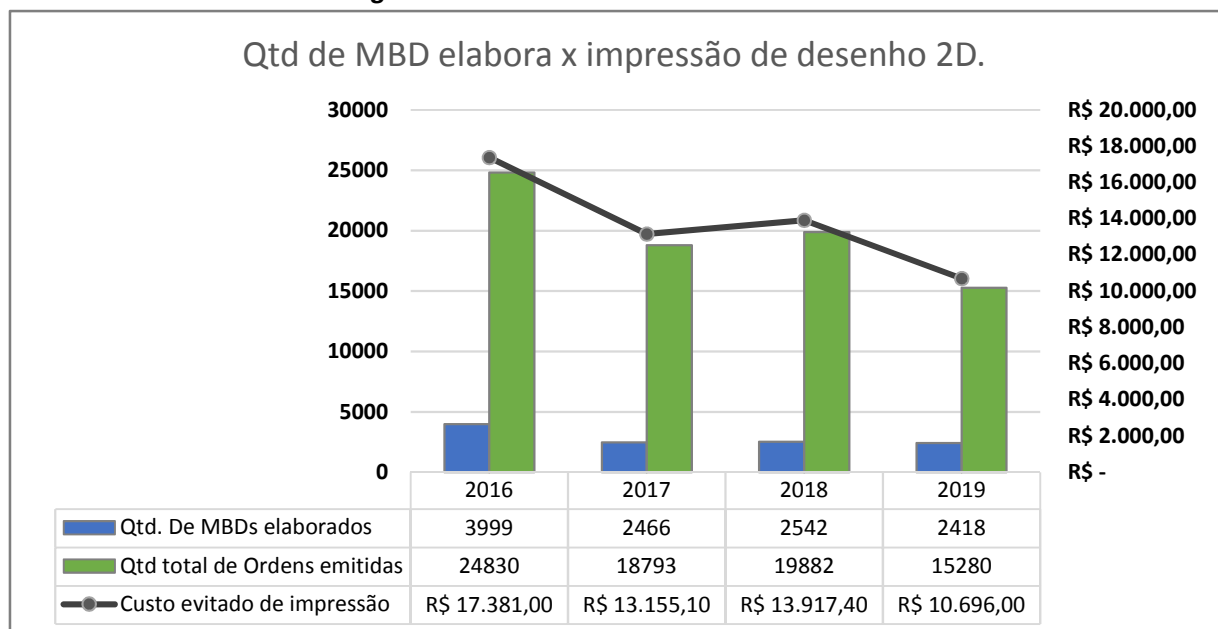
Tabela 3 - Evolução anual, do tempo estimado de elaboração de ilustração técnica, utilizando o software CATIA Composer.

Robustecimento na elaboração de ilustrações técnicas, utilizando CATIA Composer (unitário).	
Ano	Tempo de elaboração
2016	80 min
2017	50 min
2018	45 min
2019	30 min

Fonte: Solidworks.

Utilizando como referência o custo de impressão igual a 0,70 centavos e multiplicando pela quantidade de ordens emitidas dentro do mesmo período, é possível calcular um custo evitado de R\$55.149,50 mil reais.

Figura 9 - Dados coletados MBD elaborado de 2016 a 2019.



Fonte: Solidworks.

5 CONCLUSÃO

Ser competitivo e aumentar a lucratividade são objetivos que podem ser alcançados através de investimentos nos projetos de inovação, utilizando sistemas que fornecem experiência digital integrada, transformando a maneira como os equipamentos de fabricação são projetados, fabricados e entregues. A organização deve buscar operar todos os seus departamentos e com seus clientes, como um sistema unificado, conectado.

Adotando o desenvolvimento baseado em modelos 3D é possível reduzir custos, acelerar detecção de erros, validar requisitos e melhorar na comunicação entre times de áreas distintas, PPCP, produção, montagem e engenharias.

A implantação de soluções de plataformas 3D padronizada em toda a organização, significa menos tempo concentrado em uma atividade específica e mais tempo agregado à inovação nas engenharias.

O estudo cumpriu com êxito o objetivo proposto, visto que os resultados alcançados foram satisfatórios, lembrando que os dados foram coletados somente em uma área de engenharia de manufatura, no qual produz peças primárias.

REFERÊNCIAS

ABERDEEN GROUP. "Estratégia de Publicação Dinâmica e Voltadas ao Usuário", setembro de 2010(Pesquisa com 131 organizações). Disponível em: <https://docplayer.com.br/98722-Tecnicas-com-a-utilizacao-de.html>. Acesso em: 6/05/2020.

AQUINO, Ítalo. **Como escrever artigos científicos: sem arrodeio e sem medo da ABNT**. In: COMO ESCREVER artigos científicos: sem arrodeio e sem medo da ABNT. 8. ed. [S. l.]: SARAIVA, 2017. ISBN 978-85-02-16101-6. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=uStrDwAAQBAJ&lpg=PT2&ots=Vi0VYsCO5_&dq=artigos%20cientificos&lr&hl=pt-BR&pg=PT7#v=onepage&q=artigos%20cientificos&f=false. Acesso em: 4 maio 2020.

AUTOMAÇÃO E CARTOONS. **Tudo sobre a NOVA e a pirâmide de automação industrial antiga**!. Disponível em: <https://automacaoecartoons.com/2018/01/11/piramide-da-automacao-industrial/#comments>. Acesso em: 9 jun. 2020.

BANIK, TAYSA MILLENA. **PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO BASEADO EM MODELO PARA SOFTWARE AUTOMOTIVO: MIGRAÇÃO PARA O PADRÃO AUTOSAR**. Orientador: Prof. Dr. Max Mauro Dias Santos. 2017. 68 f. Dissertação (Bacharel, do Departamento Acadêmico de Engenharia Eletrônica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

BRITO; A., A. M.. **Diretrizes e padrões para produção de desenhos e gestão do fluxo de informações no processo de projeto utilizando recursos computacionais**.. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, , v. 1, n. 1, p. 134, jun./2001.

DRESCH, Rodolfo de Freitas Valle. **Método de análise do estado de carga restante de baterias de celular**. Orientador: Luiz Tiaraju dos Reis Loureiro. 2010. 58 f. Graduação (Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FERNEDA, Amauri Bravo. **Integração metrologia, CAD e CAM: uma contribuição ao estudo de engenharia**. 1999. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1999.

GESTÃO CLICK. **SOFTWARE PARA GERENCIAMENTO DE PROCESSOS**. Disponível em: <https://gestaoclick.com.br/gerenciamento-de-processos-software>. Acesso em: 9 jun. 2020.

GESTÃO EMPRESARIAL. **Bons sistemas de gestão de processos não faltam. É só escolher o ideal para seu negócio [e seu bolso]**. Disponível em:

<https://pluga.co/blog/gestao-empresarial/sistema-de-gestao-de-processos/>. Acesso em: 8 jun. 2020.

GROOVER, M. P.; ZIMERS, E. W. (1984). **CAD/CAM: Computer-Aided Design and Manufacturing**. Ed Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.

LIU, Z.; STORK, D. **Is Paperless Really More? Rethinking the role of paper in the digital age**. Communications of the ACM, vol. 43, no. 11, 2000.

LWT SISTEMAS. **CATIA Composer**. Disponível em: <https://www.lwtsistemas.com.br/produtos/catia-composer/>. Acesso em: 12 abr. 2020.

MESQUITA, Laís et al. **O CONCEITO PAPERLESS NO CONTROLE DE REGISTROS DE MANUTENÇÃO E AERONAVEGABILIDADE**. Orientador: Prof. Mestre Amandio Luís Barbosa Furtado. 2018. 33 f. Dissertação (Bacharel do curso de Aviação Civil) - Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Anhembi Morumbi, 2018.

MOREIRA, Luís Fernando. APLICABILIDADE DA MANUFATURA SEM PAPEL EM EMPRESAS QUE TRABALHAM SOB ENCOMENDA: INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL DE CAXIAS DO SUL. **Mostra de Iniciação Científica Mostra de Criação e Inovação**, Caixas do Sul, ano 2018, v. 1, n. 1, p. 1-16, 11 maio 2018.

NERY, David César de Jesus. **A importância do Escritório sem Papel na Segurança da Informação**. Orientador: Prof. Alexandre Campos Silva. 2003. 105 f. Monografia (MBIS - Master Business Information System) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2004.

NEVES, R. M. D; NUNES, Rodrigo Veiga; CARVALHO, R. P. D. O. E. M. N. M. D. CÉLULAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADA: ESTUDO DO IMPACTO PRODUTIVO EM UMA FÁBRICA DE CIMENTO. **4º FÓRUM INTERNACIONAL ECOINOVAR**, Santa Maria/RS, v. 1, n. 1, p. 1-10, ago./2015. Disponível em: <http://ecoinovar.com.br/cd2015/arquivos/artigos/ECO790.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2020.

Os 9 pilares da indústria4.0 – você conhece todos eles?. Sigga blog 24 de abril de 2020. Disponível em: <https://sigga.com.br/blog/os-pilares-da-industria-4-0/>. Acesso em: 17/07/2020.

PILA, Alessandra. **ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DA PLATAFORMA BIM: COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE EM BORRAZÓPOLIS -PR**. Núcleo do Conhecimento, Borrazópolis-PR, p. 1 - 10, 6 dez. 2019. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/viabilidade-de-implantacao>. Acesso em: 20 maio 2020.

SCHMITZ, B. **A Transição para 3D: Um guia de sobrevivência para usuários do CAD 2D**. Capítulo 1: Por que adiar a transição para 3D não é uma opção viável. 1. ed. [S.l.]: Machine Design, 2008. p. 2-43.

SCULPTEO. **The State of 3D Printing 2017: The 3D Printing Market is Becoming More Mature.** Disponível em: <https://info.sculpteo.com/hubfs/downloads/Sculpteo%20State%20of%203D%20Printing%20-%202017.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2020.

SOLIDWORKS BRASIL. **10 prós e 10 contras da implementação do MBD – Motive todos os envolvidos.** Disponível em: <https://blogs.solidworks.com/solidworksbrasil/2019/09/10-pros-e-10-contras-da-implementacao-do-mbd-motive-todos-os-envolvidos.html>. Acesso em: 10 jul. 2020.

SOLIDWORKS BRASIL. **3DVIA Composer – Solução Para Comunicação do Conteúdo 3D.** Disponível em: <https://blogs.solidworks.com/solidworksbrasil/2009/10/3dvia-composer.html>. Acesso em: 10 mai. 2020.

SOLIDWORKS CORPORATION. **SCHMITZ, B. A transição para 3D: um guia de sobrevivência para usuários do CAD 2D. Machine Design.** Disponível em: <http://www.solidworks.com/la-ebook-brasil>. Acesso em: 22 mai. 2020.

SOLIDWORKS. **3DVIA COMPOSER: Redirecione o 3D para simplificar e agilizar a comunicação técnica.** Disponível em: www.ska.com.br. Acesso em: 5 jun. 2020.

SOLIDWORKS. **CAD 3D.** Disponível em: <https://www.solidworks.com/pt-br/category/3d-cad>. Acesso em: