

# BENEFÍCIOS DA TRANSIÇÃO DE 2D PARA 3D COM A UTILIZAÇÃO DE FUNCTIONAL TOLERANCE AND ANNOTATION(FT&A CATIA)

F. N. Pereira<sup>1</sup>; M. L. S. Pereira<sup>1</sup>; N. B. Assis<sup>2</sup>

1 - Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos – “Prof. Jessen Vidal”

Avenida Cesare Mansueto Giulio Lattes, 1350 – CEP: 12247-014 – São José dos Campos - SP – Brasil

2 – Empresa Brasileira de Aeronáutica S/A

Avenida Brigadeiro Faria Lima, 2170 –Putim – CEP: 12227-991 - São José dos Campos – SP – Brasil

Telefone: (12) 99762-1820 – E-mail: felipenunesp25@gmail.com

**RESUMO:** O *Functional Tolerance and Annotation* (FT&A) é uma solução desenvolvida de forma a facilitar o desenvolvimento de instruções e informações dentro do ambiente de projeto. É um módulo existente em um dos *softwares* mais utilizados na indústria mundial, o Catia, tendo total interação com os demais módulos, facilitando assim o uso e simplificando etapas no desenvolvimento de roteiros. Para comprovar os ganhos e as principais diferenças entre o modelamento 3D associado à representação 2D (atualmente mais utilizado nas empresas) e o 3D integrado ao FT&A, ou seja, com representações do produto no próprio modelo 3D, foram realizadas análises de performance e tempo no desenvolvimento de projetos equivalentes em complexidade, custo de implantação e manutenção, ciclo de projeto, produtividade, entre outros, e os resultados obtidos comprovaram que a implantação do sistema 3D associado ao FT&A representa ganhos significativos na maturidade dos processos e atividades relacionadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelamento 3D, FT&A, Functional Tolerance and Annotation, desenho 2D

**ABSTRACT:** The Functional Tolerance and Annotations is a solution created to facilitate the development of instructions and information inside an design environment. It is a module existing in one of the most widely used software in the industry world, Catia, and it have full interaction with the other modules of this software, which facilitates the use and simplifies steps on the scripts creation. To verify the gains and main differences between the 3D modeling associated with 2D representations (currently most used in companies) and the integrated modelling 3D with FT&A, that is, with the representation of the products also in 3D model, were done analysis of performance and development time, for equivalent projects in complexity, implementation cost and maintenance, design cycle, productivity, and others, and the results obtained confirm that the implementation of the associated 3D modelling to FT&A provides significant improvements of maturity to the processes and its related activities.

**KEYWORDS:** 3D modelling, FT&A, Functional Tolerance and Annotation, 2D Drawing

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um novo projeto, seja ele a fabricação de uma peça aeroespacial, uma ferramenta médica ou uma instalação

mecânica, parte do princípio do PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto). Para Takahashi & Takahashi[1], o processo pode ser dividido em cinco fases: avaliação de conceito, planejamento e especificação,

desenvolvimento, teste e avaliação, e liberação do produto. Nessas etapas, a qualidade das informações deve ser a maior possível, como também ser de fácil entendimento, uma vez que geralmente quem executa as etapas de fabricação não é a mesma pessoa que as criou.

O trabalho de Oleto [2] “refere à qualidade da informação algumas dimensões ou atributos, tais como abrangência, acessibilidade, atualidade, confiabilidade, objetividade, precisão e validade”.

Assim, quanto melhores as informações, diminuem as chances de erro de fabricação, e por consequência, a necessidade de retrabalhos ou revisões de desenhos.

Nitsche e Romeiro [3] ressaltam que as grandes e médias empresas dos setores aeronáutico e automobilístico apresentam um elevado grau de utilização e investimento em ferramentas CAD, e em alguns casos, o produto é desenvolvido praticamente todo em modelos tridimensionais.

Assim, a procura de soluções mais robustas que tornem os processos produtivos mais eficientes se tornou essencial para manter a competitividade.

### 1.1. MBD – *Model Based Definition*

O MBD é um conceito aplicado no desenvolvimento de um projeto. Sua principal característica é reunir em um único arquivo todas as informações relevantes e necessárias para o ciclo de vida do produto. Segundo a *Dassault Systemes* [4], “Model Based Definition é uma progressão comprovada e natural que faz com que a informação correta esteja disponível em qualquer lugar, a qualquer momento, que aumenta a qualidade do produto enquanto reduz custos em até 90%”.

Trata-se de um arquivo digital integrante do PLM (*Product Life Management* – Gerenciamento da Vida do Produto), e é responsável por agregar as informações das mais diversas áreas, como: Engenharia de Manufatura, Engenharia de Materiais, Compras e Logística.

Dessa forma, as atividades executadas por todos os envolvidos estão sempre atualizadas, reduzindo a possibilidade de informações desencontradas no ciclo produtivo.

A Figura 1 mostra as relações do MBD e seu papel como um centralizador de informações, diante das diversas áreas de uma empresa.

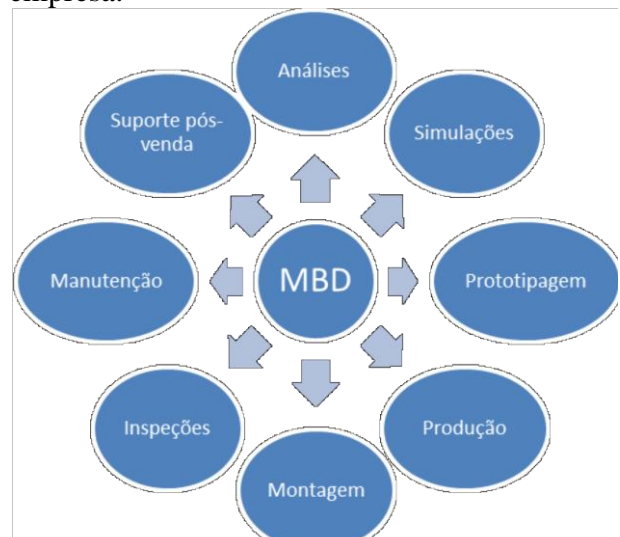


Figura 1. Interfaces do MDB

O MBD surgiu de um trabalho de reestruturação e melhorias realizado na Boeing, alinhado aos conceitos de *Just In Time*, ou seja, ter o recurso a ser utilizado apenas quando necessário, evitando desperdícios, e modelos de organização, como o 5S. Isso gerou um tipo de desenvolvimento chamado de *paperless*, onde se substitui o uso de informações físicas, como roteiros de montagem e desenhos impressos, por meios digitais.

Com isso, houve uma melhora fabril muito grande e a empresa começou a se destacar no mercado, apresentando um produto final de alta qualidade e confiabilidade à um baixo custo de fabricação.

Essa idealização promoveu uma nova forma de pensamento e organizaçãonas empresas, que buscaram à sua maneira, obter os mesmos benefícios alcançados pela concorrente, e atualmente, a maioria das organizações do ramo aeronáutico,

aeroespacial e automotivo já utilizam esse modelo.

Tendo em vista auxiliar na parte digital, a *DassaultSystemes* desenvolveu diversos módulos para seu software CAD (*Computer Aided design*), o Catia, como cálculos estruturais, análise e simulação por elementos finitos, aplicação de materiais, entre outros, onde todos podem ser concentrados em um único arquivo.

No entanto, havia um *gap*, onde todo o processo de concepção em ambiente de Engenharia era feito em modelagem 3D, e as informações para a produção, seja para peças primárias, conjuntos ou instalações, utilizava o 2D, com o desenho plotado e cotado.

Essa metodologia ainda é muito utilizada, porém por se tratar de um arquivo físico, o grau de erro é elevado, uma vez que os processos de atualização podem demorar, bem como os arquivos em papel podem gerar dúvidas ou interpretações errôneas, acarretando em perdas de matéria-prima e/ou atrasos nas entregas.

Dessa forma, a *Dassault* desenvolveu o módulo de FT&A, de forma a permitir a inserção de informações no próprio arquivo CAD, revolucionando a forma como as empresas tratavam a interface Engenharia-Produção. “Atualmente, pode-se afirmar que estão sendo extintas as distorções oriundas da utilização de projetos 2D, devido a popularização de *softwares* de projeto tridimensionais (3D)” [5].

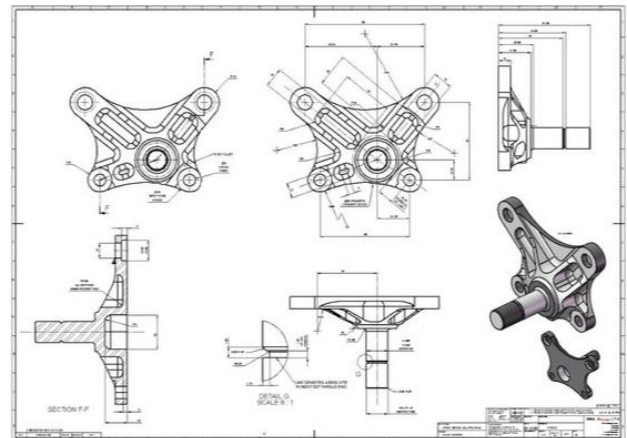
## 1.2.FT&A - *Functional Tolerance and Annotation*

O FT&A, ou 3DMaster Designer na versão atual do Catia, é um arquivo CAD que, assim como as demais informações existentes em um modelo 3D, como dimensões ou material, fica associado ao arquivo principal, permitindo que sejam criadas diversas informações necessárias para a concepção e fabricação de determinado produto.

Por sua vez, o FT&A, possibilita as definições de projeto diretamente no modelo

3D, eliminando os esforços duplicados referentes à concepção, atualização e interpretação dos desenhos 2D[6].

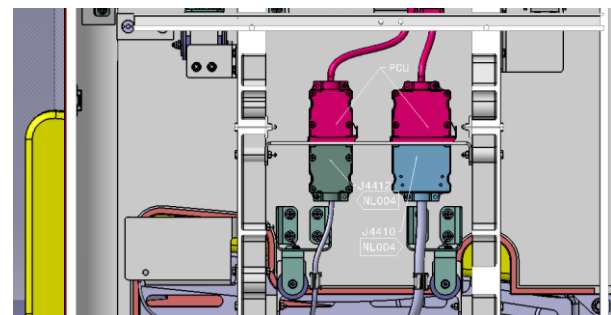
A Figura 2 mostra um arquivo típico de uma peça fabricada em 3D com cotagem e representação para fabricação em 2D, onde é possível verificar a complexidade de se interpretar um desenho desse tipo.



**Figura 2.** Exemplo de modelo 3D com desenho em 2D

Já no modelo com FT&A, devido às informações ficarem no mesmo ambiente de concepção e não em um arquivo separado, como ocorre no 2D, as representações são melhor trabalhadas, permitindo, por exemplo, a criação de cenas de visualização, para se transmitir determinadas instruções, dentre outros recursos inexistentes ou insuficientes no modelo 2D.

É possível também adicionar outras informações relevantes para a fabricação, como cortes em vistas para detalhar uma montagem, ampliar uma região específica ou evidenciar com cores pontos de atenção, como demonstrado na Figura 3.



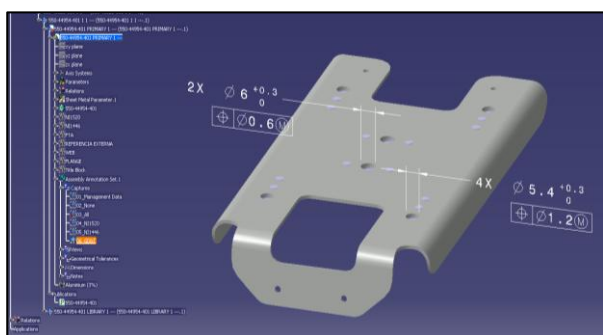
**Figura 3 -** Exemplo de modelo 3D com desenho em FT&A

Isso reduz consideravelmente o tempo de execução das tarefas, pois o operador tem no modelo 3D a representação fiel do que irá encontrar no modelo real, e apenas precisa acompanhar as informações do FT&A para saber o que fazer, onde fazer e como fazer.

Seguindo uma ordem lógica na elaboração das vistas, pode-se determinar toda a sequência de montagem ou fabricação, fazendo com que se tenha as atividades estruturadas exatamente como devem ser executadas, evitando-se retrabalhos desnecessários.

O FT&A também possui recursos gráficos para GD&T (*Geometrical Dimension and Tolerance*), ferramenta muito útil em desenhos técnicos onde é necessário que determinadas tolerâncias sejam atendidas para permitir a fabricação ou utilização de uma peça.

São ícones inteligentes, ou seja, não é necessário desenhar item por item, e por fazerem parte do mesmo arquivo principal, as informações geométricas da peça servem de referências para as tolerâncias e medidas aplicadas, facilitando a inclusão das notações de GD&T. A Figura 4 representa uma peça com GD&T feita no módulo de FT&A do Catia.



**Figura 4** - Peça com GD&T feito no FT&A

Essa facilidade, no entanto, não é automática, de forma que o projetista deve ter conhecimento sobre o método a ser usado e referências a adotar. A criação das notações é feita de forma inteligente, porém nada substitui a experiência de quem está criando o projeto.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de se comprovar, na prática, a eficácia e os ganhos que a modelagem 3D associada ao FT&A apresenta sobre a modelagem convencional, foi realizado um estudo de caso.

Esse experimento foi realizado de forma a mensurar as atividades relacionadas ao desenvolvimento de projetos no ambiente 3D associado ao 2D e confrontar seus resultados quando as mesmas atividades são realizadas em ambiente 3D associado ao FT&A.

### 2.1 Estudo de Caso

Para realização do estudo de caso, foi selecionada uma equipe de cinco projetistas mecânicos, do ramo de desenvolvimento de ferramentais e automação, os quais não conheciam a representação por FT&A.

No estudo, o grupo realizou atividades primeiramente no sistema convencional, contabilizando os tempos de desenvolvimento do projeto em 3D e da criação do arquivo de representação 2D.

Em seguida, foi apresentado o novo modelo, bem como aplicado treinamento dos recursos principais necessários para utilização do *software*.

Com conhecimentos no FT&A, a equipe foi solicitada a desenvolver novas atividades, dessa vez no modelo proposto (3D + FT&A), de complexidade equivalentes desenvolvidas no modelo convencional, também registrando os tempos de modelagem e criação da representação.

Como forma de avaliação, além da medição dos tempos de execução, foi aplicado um questionário aos projetistas, visando comparar os dois métodos quanto à eficiência, qualidade e ciclo de desenvolvimento, bem como a expectativa do grupo quanto ao novo modelo.

Como ação complementar, também foram entrevistados os três técnicos que compõem a equipe de Qualidade e Manufatura, consumidores dos desenhos gerados.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a execução das atividades em ambos os modelos, foi feita a avaliação dos métodos, bem como analisados e comparados os resultados obtidos.

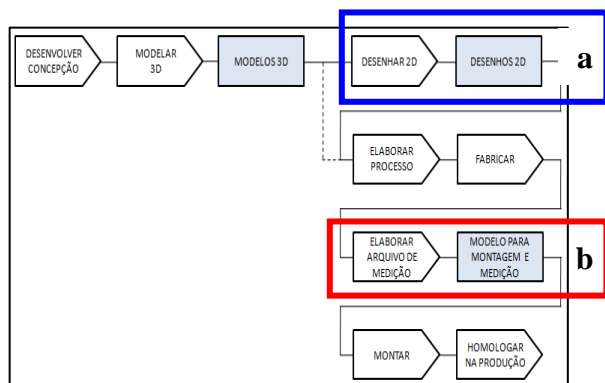
Primeiramente foram comparados os tempos de homem-hora (HH) de execução dos cinco projetos nos dois modelos. A figura 5 mostra os resultados obtidos:

	3D + 2D (HH)	3D módulo FT&A (HH)
Projeto 1	250	162,5
Projeto 2	130	89,7
Projeto 3	60	25,2
Projeto 4	85	52,7
Projeto 5	180	117
HH Médio	141	90

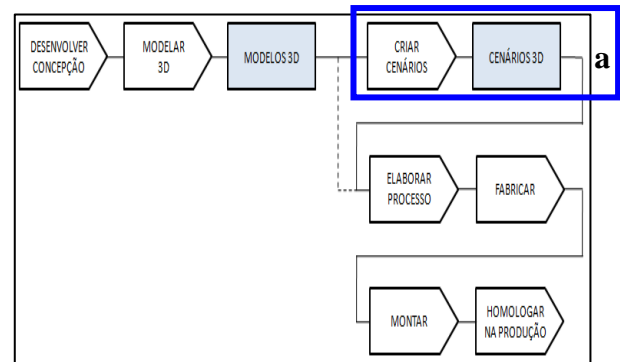
**Figura 5** – Comparativo de HH

É possível verificar que houve um ganho significativo com a implementação do FT&A, de aproximadamente 63%, considerando-se apenas as horas de execução.

Em seguida, foram analisados os processos envolvidos no desenvolvimento do projeto. Além da substituição de algumas atividades (a), verificou-se a eliminação de dois processos: ‘elaboração de arquivo de medição’ e ‘criação de modelo para montagem e medição’ (b), como representado nas figuras 6 e 7:



**Figura 6** - Fluxograma para projeto 3D + 2D



**Figura 7** - Fluxograma para projeto 3D + FT&A

Essa eliminação se deve justamente ao uso do FT&A no conceito do MDB, o que por si só já representa ganho do modelo proposto sobre o tradicional. Entretanto, além do processo produtivo mais enxuto, outros fatores também foram identificados na substituição dos processos:

- Redução na gestão dos documentos e eliminação do uso de arquivos impressos;
- Redução de homem-hora (HH) em torno de 36% no ciclo de projeto, devido principalmente à eliminação das etapas relacionadas ao modelo 2D;
- Redução no tempo de utilização das máquinas CATIA, aumentando a produtividade em geral, também relacionado à eliminação de atividades;
- Maior facilidade na interpretação da informação pelos clientes internos;
- Redução em torno de 50% no HH de apoio à produção (estimado), uma vez que existe apenas um arquivo para consulta;
- Redução no tempo de elaboração de manuais técnicos (estimado), pois há aproveitamento das representações 3D.

Apesar dos ganhos obtidos, é preciso salientar que a implementação do FT&A não é tão simples, e apresenta alguns pontos relevantes a serem considerados. São eles:

- Mudança cultural, pois todo novo recurso costuma gerar desconforto e descrédito, principalmente com os funcionários mais antigos. Sendo assim, é necessário expor de

forma clara as melhorias que serão obtidas, bem como suportar os funcionários no período de transição;

- Adaptação às ferramentas disponíveis, ou seja, conhecer a nova ferramenta, seu potencial, identificar os recursos que executam as funções que se deseja;
- Monitoramento do desenvolvimento (riscos a serem gerenciados). Este é possivelmente um dos grandes fatores que definem o rumo de uma nova tecnologia em substituição à outra, pois é o monitoramento que vai refletir a curva de aprendizado e crescimento da área, indicando os resultados do investimento realizado;
- Investimento financeiro –pressupõe-se que um setor de projetos já disponha de recursos físicos adequados para conseguir utilizar os programas de modelagem 3D. Sendo assim, seria apenas necessário adquirir as licenças do FT&A, uma para cada projetista, e realizar o treinamento da equipe. A figura 8 apresenta um quadro resumo dos valores estimados necessários para implementação do módulo de FT&A, por funcionário:

Licença FT&A	\$10.000,00
Manutenção da Licença	\$3.000,00
Treinamento	\$7.200,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$20.200,00</b>

Figura 8 - Custos envolvidos na implementação do FT&A

Dessa forma, é possível verificar que a implantação de um sistema de ponta como o FT&A apresenta ganhos elevados em termos de resultados, ao contraponto de que necessita de um capital elevado para implantação.

## 4. CONCLUSÃO

Com a aplicação do estudo de caso, foi possível comprovar que existem ganhos elevados na utilização de um único modelo para representação das informações necessárias no desenvolvimento de um projeto.

Ganhos em tempo de execução, disponibilidade de mão de obra, redução nos custos com insumos (principalmente folhas de papel) e redução de retrabalhos são facilmente identificados, porém os retornos obtidos vão mais além.

Essas melhorias permitem que a empresa tenha produtos com mais qualidade, eliminando desperdícios e atividades que agreguem pouco ou nenhum valor à cadeia produtiva, e permitindo que o tempo de seus funcionários seja melhor aproveitado, no desenvolvimento de novos produtos e soluções.

Por fim, a simplificação de processos é uma evolução natural nas empresas, e a utilização do FT&A para se criar as visualizações fabris vem de encontro com essa expectativa.

## 5. REFERÊNCIAS

- [3] NITSCHKE, A., T., ROMEIRO FILHO, E., **Aplicação de tecnologias de CAD/CAE/CAM em desenvolvimento de produtos**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, XVII, 2002. Curitiba – PR.
- [2] OLETO, R. R., **Percepção da qualidade da informação**. Ci. Inf., Brasília, v. 35, n. 1, p. 57-62, jan./abr. 2006
- [1] TAKAHASHI, S. & TAKAHASHI, V. P. **Gestão de inovação de produtos: estratégia, processo, organização e conhecimento**. Rio de Janeiro: Campus, 2007.
- [5] ZILIO, T. M., VIERO, C. F., WALBER, M. – **GD&T – Aspectos relacionados ao desenvolvimento de Produtos** - Revista CIATEC – UPF, vol.6 (1), p.p.1-12, 2014
- [4] MODEL BASED DEFINITION – Dassault Systemes. Disponível em: <http://www.3ds.com/products-services/catia/capabilities/model-based-definition/>. Acesso em 18 ago. 2016
- [6] 3DMASTER DESIGNER – Dassault Systemes Disponível em: <http://www.3ds.com/products-services/catia/capabilities/model-based-definition/3d-master-engineering-1/>. Acesso em 18 ago. 2016