

ROGERIO VAZQUEZ MENDONÇA DOS SANTOS

nota final
9.6 / note + sus!
hsm

Padrões de troca de dados CAD/CAM
Norma ISO 10303 – STEP

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Mecatrônica e Sistemas
Mecânicos da Universidade de São
Paulo para obtenção da graduação no
curso de Engenharia Mecatrônica.

São Paulo

2004

ROGERIO VAZQUEZ MENDONÇA DOS SANTOS

Padrões de troca de dados CAD/CAM
Norma ISO 10303 – STEP

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Mecatrônica e Sistemas
Mecânicos da Universidade de São
Paulo para obtenção da graduação no
curso de Engenharia Mecatrônica.

Área de Concentração: Sistemas de
Automação

Orientador: Prof. Dr. Edson Gomes

São Paulo

2004



Resumo

Essa monografia baseia-se no estudo da transferência de dados entre sistemas de CAD/CAM/CAE e as conseqüentes dificuldades encontradas devido a essa transferência. A discussão das tecnologias e formatos utilizados para viabilizar a intercambialidade dos dados em sistemas CAD. Os resultados encontrados na transferência de desenhos sólidos em 3D de peças mecânicas em diferentes sistemas de desenhos (CAD) e de análise e simulação mecânica (CAM e CAE). Verificação da permanência das dimensões e formato do desenho sólido da peça na transferência. Análise de possível alteração das propriedades mecânicas da peça, como a matriz de rigidez que é utilizada como propriedade básica nos cálculos dos softwares que utilizam o Método dos Elementos Finitos (MEF), como os sistemas CAE e CAM. A tendência da utilização e desenvolvimento do STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data - norma ISO 10303), um arquivo neutro padronizado que seja capaz de abranger todo ciclo de vida do desenvolvimento do produto e a vantagem de sua aplicação.



Abstract

The paper is based on the study of data exchange among CAD/CAM systems and the difficulties found due to this exchange. The discussion of technologies and formats used to achieve viability of data exchange. The results found in the 3D solid models exchange of mechanical structures in different drawing system (CAD) and analysis and mechanical simulation (CAM e CAE). Evaluation of dimension and shape maintenance from the mechanical solid model in the exchange. The analyses of variation in the mechanical properties, as the stiffness matrix which is used like basic property in all calculus in the most common software that use Finite Element Method (FEM), as CAE and CAM system for instance. The trend of utility and development of STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data - norma ISO 10303), as a standard neutral file able to include whole product process chain and its advantages.



Lista de ilustrações

Figura 5.1. Camadas do STEP	22
Figura 5.2. Escopo do Protocolo de Aplicação AP214.....	26
Figura 5.3. Resultado de transferência do 7º Benchmark	28
Figura 6.1 – Metodologia adotada para transferência de dados	35
Figura 7.1.1- PIN.CATIA.....	37
Figura 7.1.1.1- Simulação de deslocamento PIN.CATIA no CATIA	39
Figura 7.1.1.2- Simulação de tensão PIN.CATIA.....	39
Figura 7.1.1.3- Simulação de deslocamento PIN.STEP no CATIA	40
Figura 7.1.1.4- Simulação de tensão PIN.STEP no CATIA	41
Figura 7.2.1- PIPE.CATIA.....	42
Figura 7.2.2- PIPE.CATIA.....	43
Figura 7.2.1.1- Simulação de deslocamento PIPE.CATIA.....	43
Figura 7.2.1.3- Simulação de deslocamento PIPE.STEP no CATIA	45
Figura 7.2.1.4 - Simulação de tensões PIPE.STEP no CATIA	45
Figura 7.3- TPump.CATIA	46
Figura 7.3.2- TPUMP.CATIA.....	47
Figura 7.3.1.1- Simulação de deslocamento TPump.CATIA	48
Figura 7.3.1.3- Simulação de deslocamento TPump.STEP no CATIA	49
Figura 7.4 – PPump.CATIA.....	51
Figura 7.4.1.1- Simulação de deslocamento PPump.CATIA	53
Figura 7.4.1.2- Simulação de tensão PPump.CATIA.....	53
Figura 7.4.1.3- Simulação de deslocamento PPump.STEP no CATIA	54
Figura 7.4.1.4- Simulação de tensão PPump.STEP no CATIA.....	55
Figura 7.5 - FAN.CATIA	56
Figura 7.5.1.1- Simulação de deslocamento FAN.CATIA.....	58
Figura 7.5.1.2- Simulação de tensão FAN.CATIA	58
Figura 7.5.1.3- Simulação de deslocamento FAN. STEP no CATIA.....	59
Figura 7.5.1.4- Simulação de tensão FAN. STEP no CATIA.....	60



Lista de tabelas

Tabela 3.1 – Tipos de dados compartilhados.....	12
Tabela 3.2 – Comparação entre tradução direta e arquivo neutro.....	14
Tabela 5.1 – Exemplos de APs do STEP.....	23
Tabela 5.2 – Característica da linguagem EXPRESS.....	27
Tabela 5.3- Diferenças entre IGES e STEP.....	31
Tabela 7.1.1 – Condições de Contorno.....	41
Tabela 7.1.1.1 – Resultado PIN CATIA.....	43
Tabela 7.1.1.2 – Resultado PIN STEP.....	44
Tabela 7.2.1 – Condições de Contorno.....	45
Tabela 7.2.1.1 – Resultado PIPE.CATIA.....	46
Tabela 7.2.1.2 – Resultado PIPE.STEP.....	47
Tabela 7.3 – Condições de Contorno.....	49
Tabela 7.3.1.1 – Resultado TPump.CATIA	50
Tabela 7.3.1.4 – Resultado TPump.STEP	52
Tabela 7.4.1 – Condições de Contorno.....	53
Tabela 7.4.1.1 – Resultado PPump CATIA	54
Tabela 7.4.1.2 – Resultado PPump STEP.....	57
Tabela 7.5.1 – Condições de Contorno.....	58
Tabela 7.5.1.1 – Resultado FAN CATIA	59
Tabela 7.5.1.2 – Resultado FAN STEP.....	62



Lista de siglas

AAM	Application Activity Model
AIM	Application Interpreted Model
ANSI	American National Standards Institute
AP	Application Protocol
ARM	Application Reference Model
ASME	American Society of Mechanical Engineers
CAD	Computer-Aided Design
CAM	Computer-Aided Manufacturing
DXF	Drawing Exchange File
ICAM	Integrated Compute-Aided Manufacturing
IGES	Initial Graphics Exchange Specification
ISO	International Standardization Organization
PDDI	Product Data Definition Interface
PDES	Product Data Exchange Standard
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data



Sumário

1. Introdução	10
2. Representação geométrica de modelos.....	11
2.1 Representação bidimensional.....	11
2.2 Modelos tridimensionais.....	12
3. Intercâmbio de dados.....	13
3.1 Histórico.....	15
4. Padrões para troca de dados CAD/CAM.....	18
4.1 Formato DXF	18
4.2 Formato IGES	19
4.3 Formato STEP.....	20
5. STEP.....	21
5.1 Objetivos do STEP	21
5.2 Arquitetura do STEP	22
5.3 Protocolos de Aplicação (APs)	24
5.3.1 Protocolos de Aplicação AP214.....	25
5.3.1.1 Benchmark.....	26
5.4 Linguagem EXPRESS	28
5.6 Formato do arquivo STEP	31
5.5 Comparação STEP x IGES.....	33
6. Metodologia Adotada para Avaliação da Transferência	35
7. Resultado da transferência.....	37
7.1 Modelo sólido PIN	37
7.1.1 Resultados do CATIA.....	38
7.1.1.1 Formato PIN.CATIA	39
7.1.1.2 Formato PIN.STEP	40
7.2 Modelo sólido PIPE.....	42
7.2.1.1 Resultados do CATIA.....	43
7.2.1.1 Formato PIPE.CATIA.....	43
7.2.2.2 Formato PIPE.STEP	45
7.3 Modelo sólido TPump	46
7.3.2 Resultados do CATIA.....	47



7.3.1.1 Formato TPump.CATIA	48
7.3.2.2 Formato TPump.STEP	49
7.4 Modelo sólido PPump	50
7.4.1 Resultados do CATIA.....	52
7.4.1.1 Formato PPump.CATIA	52
7.4.1.2 Formato PPump.STEP	54
7.5 Modelo sólido FAN.....	56
7.5.1 Resultados do CATIA.....	57
7.5.1.1 Formato FAN.CATIA.....	57
7.5.1.2 Formato FAN.STEP.....	59
8. Análise da transferência	61
9. Conclusão	62
8. Referências	64
APÊNDICES	66
ANEXOS.....	68



1. Introdução

Com o advento da globalização e o conseqüente aumento da terceirização nos diversos setores da indústria na cadeia de desenvolvimento do produto, criou-se uma necessidade na qualidade de troca de informações entre as empresas parceiras. Assim é evidente a importância da eficiência do intercâmbio de informação entre os bancos de dados durante todo o desenvolvimento do produto para a engenharia simultânea.

Em relação aos desenhos técnicos, a conseqüência do grande crescimento tecnológico e computacional levou à substituição das folhas de desenhos, que se tornaram cada vez mais obsoletas, pelos desenhos representados em programas de CAD. Tendo em vista a enorme quantidade de softwares CAD/CAM que surgem no mercado a cada dia e a alta complexidade dos modelos (desenhos) gerados nesses programas, a troca de informação com alta qualidade torna-se cada vez mais difícil. Uma das soluções encontrada pela indústria nos dias atuais se resume na reconstrução completa dos modelos com dados perdidos. No entanto, esse processo eleva os custos do produto final já que o tempo de desenvolvimento é maior devido a necessidade de se remodelar o produto duas vezes. O custo desse retrabalho para a indústria automobilística nos Estados Unidos da América chega a US\$ 350 milhões/ano.

Assim esse custo elevado no intercâmbio de dados entre os diversos ambientes de CAD/CAM levou as grandes empresas a elaborarem uma norma internacional para troca de dados, a ISO 10303 STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data).

Portanto a norma STEP vem como um solucionador na área de transferência de dados CAD para as empresas desenvolverem seus produtos em curto prazo e com qualidade adequada. Com isso essas empresas poderão oferecer produtos com alta flexibilidade, tempo de produção reduzido e *baixo custo*, podendo assim continuar competindo no mercado.



2. Representação geométrica de modelos

2.1 Representação bidimensional

A representação de desenhos no papel, ou no computador é formalmente conhecida como geometria descritiva. Ela é uma técnica que representa o objeto através de desenhos técnicos, a partir da imagem do objeto no espaço tridimensional para o espaço bidimensional.

Essa forma de descrição geométrica que remonta à antigüidade, foi formalizada pelo engenheiro militar francês Gaspard Monge (1746-1818), e atualmente ainda é empregada. Ela consiste em mapear para o espaço bidimensional, todos os pontos do objeto tridimensional. Para tanto, diferentes planos de projeção mutuamente ortogonais, são utilizados para mostrar vários ângulos ou vistas do objeto, quando visualizados de um ponto situado no infinito.

Através de um esquema formal da disposição dos diferentes planos de projeção das principais vistas do objeto, pode-se identificar os seus vértices, dos quais permitem obter as arestas, e estas permitem obter as faces que envolvem o objeto, e assim reconstruí-lo.

Os desenhos de engenharia são formais e seguem padrões de escritórios de normalização e padronização nacionais e internacionais. Tais normas tratam basicamente sobre diferença de estilos de linhas (do contorno visível ou invisível do objeto), vistas auxiliares para realçar detalhes, planos de corte, tipos de projeção (isométrica, perspectiva ou cônica, cavaleira), relacionamento entre o posicionamento das vistas no desenho, formas de cotação e representação das dimensões e tolerâncias, etc.

Essas regras formais dos desenhos técnicos podem ser pesquisadas nas normas específicas sobre o assunto.



2.2 Modelos tridimensionais

A representação de desenhos e diagramas utilizando o sistema de projeções no plano exige habilidades de construção, leitura e interpretação dos usuários. A difícil construção de certos objetos complexos impossibilita a representação por desenhos, ou exige a construção de muitos desenhos de detalhes. A má leitura ou a interpretação diferenciada do desenho conduz à uma probabilidade maior de ocorrerem modelos conflitantes ou apresentarem erros diversos.

Essas limitações da representação imposta pelo sistema de projeções no plano, conduziram à necessidade de criar novos modelos de representação, baseados numa visualização tridimensional e mais realista dos objetos.

Essa necessidade levou à criação de diversos sistemas CAD (Computer-Aided Design) que se utilizam de métodos diferentes para a representação dos modelos tridimensionais. Os métodos desenvolvidos para modelagem tridimensional englobam a representação da geometria como uma coleção de linhas, curvas, superfícies, ou sólidos no espaço tridimensional.

A variedade de sistemas CAD e de métodos de representação de modelos tridimensionais conduziu a ASME (American Society of Mechanical Engineers) a aprovar, em 7 de julho de 2003, a norma ASME Y14.41-2003 “Digital product definition data practices”, que estabelece regras básicas para o uso de dados tridimensionais em sistemas de desenho.

Essa norma foi criada a pedido da indústria e do governo norte-americano e estabelece um passo na direção de padronização dos sistemas CAD, ao definir os dados que devem estar presentes em todas as representações tridimensionais, seja de maneira explícita ou implícita.



3. Intercâmbio de dados

O intercâmbio de dados durante o processo de desenvolvimento do produto nas empresas tem crescido a uma taxa elevada devido ao processo de globalização e da implantação cada vez maior da engenharia simultânea.

As empresas precisam oferecer produtos flexíveis, com alta qualidade, custo baixo e em tempo reduzido, levando então estas a desenvolverem novos métodos de transferência de dados com maior eficiência e qualidade.

O custo de correção dos dados transferidos devido ao tempo gasto no processo de reconstrução do modelo é preocupante. Somente nas empresas alemãs os custos com retrabalho devido à transferência de projetos entre diferentes plataformas de CAD atingiu em 1993 o valor de US\$50 milhões por ano. O custo da troca de dados pode chegar a US\$ 25 por veículo, e isto equivaleria a US\$350 milhões por ano para a indústria automobilística dos Estados Unidos da América.

Existem, hoje, algumas incompatibilidades entre definições de entidades geométricas ou estruturas de dados utilizadas pelos diversos sistemas CAD/CAM. Os principais fatores que contribuem para essas incompatibilidades, são:

- A complexidade da arquitetura computacional dos sistemas CAD/CAM;
- As várias necessidades de utilização e aplicação pelas indústrias;
- As restrições de acesso a bancos de dados particulares;
- O ritmo acelerado das mudanças tecnológicas.

A troca de dados entre diferentes usuários de uma mesma informação torna-se fácil e direta quando todos utilizam os mesmos aplicativos e rodam as mesmas versões, porém



existem inúmeras dificuldades com essa opção desde exigências funcionais até organizacionais.

Seria impraticável num mundo globalizado que parceiros ao redor do mundo utilizem o mesmo sistema e mesma versão. Mesmo ainda havendo uma pressão das empresas maiores sobre os fornecedores pequenos para que utilizem o mesmo sistema, essa opção não se apresentou como sendo uma solução ótima

Uma troca de dados ideal deve abranger a descrição completa do produto em seu banco de dados. Os principais tipos de dados ou informações que formam essa descrição são: dados geométricos (forma), dados não geométricos em geral, dados de projeto, dados de fabricação, e dados adicionais das atividades subsequentes do ciclo de vida do produto (Tabela 3.1).

TIPO DE DADO OU INFORMAÇÃO	EXEMPLOS
Geométrico (forma)	Valores das coordenadas de um ponto (geometria); Número de furos e disposição (topologia)
Não geométrico	Informações sobre a imagem (sombreamento, unidades de medida, resolução, etc.) Atributos ou parâmetros considerados como parte da informação geométrica (fonte, cor, nível ou camada, anotações de texto, etc.)
Features	Furo, flange, seção transversal de perfis (alma), cavidade, protusão, chanfro, arredondamento, etc.
Dados de projeto	A informação passada pelo projetista para propósitos de análise (material, propriedades de massa, volume, malhas de elementos finitos, etc.)
Dados de fabricação	Tipos e trajetórias de ferramentas, tolerâncias, planejamento do processo, lista de materiais, etc.

Tabela 3.1 – Tipos de dados compartilhados

Muitas metodologias são utilizadas pela indústria para corrigir os defeitos no intercâmbio de dados, no entanto a solução mais viável está tendendo para a padronização de um formato neutro.

Essa opção baseia-se no desenvolvimento de um formato neutro dos dados de forma que todos os sistemas possam utilizá-lo. Assim essa metodologia proporcionaria maior estabilidade e flexibilidade para uma instalação, além de que um formato neutro é mais rápido, eficiente e pode conter todos os dados do produto.



3.1 Histórico

Inicialmente, as alternativas de solução eram baseadas em programas tradutores que realizavam uma tradução de arquivos através de algoritmos específicos para cada formato. Estes programas convertiam os dados geométricos de um aplicativo específico para um formato de arquivo aceito pelo outro aplicativo. O inconveniente dessa solução é que cada aplicativo existente precisa de $(N-1)$ algoritmos tradutores, onde N é o número de programas aplicativo existente, para converter os dados em formatos de arquivos de outros aplicativos.

Ou seja, o número total dos tradutores requeridos é dado por $N(N-1)$, onde N é o número de sistemas. Sendo o valor de um tradutor da ordem de US\$500.000 o custo para empresa em ter tradutores é inviável. Quando ainda se leva em consideração a atualização em um desses sistemas, os custos se tornarão ainda mais excessivos uma vez que $2(N-1)$ tradutores terão que ser atualizados e testados. Também será necessário suportar as novas versões dos tradutores

Dessa dificuldade, surgiram os formatos de arquivos neutros ou formatos de dados em arquivo, tais como IGES (Initial Graphics Exchange Specification), como forma de reduzir o número de algoritmos tradutores. A aplicação de formatos de arquivos neutros, limita para dois o número de algoritmos tradutores necessários na troca de dados, um que escreve no formato genérico, e outro que lê nesse formato. Nesta solução, a tradução é realizada primeira para um formato de arquivo genérico, e depois para o formato de arquivo do aplicativo final. Inicialmente, as traduções ficaram concentradas somente entre sistemas CAD. Em seguida, foi necessário também atender as traduções entre sistemas CAD e CAM, estendendo as capacidades do formato de arquivo neutro.

Uma comparação entre essas duas formas de troca de dados, tradução direta, e tradução por arquivo neutro, mostra que a tradução direta tende a ser mais fácil de implementar,



todavia é mais custosa para manter. Já os arquivos neutros, exigem muito mais tempo para desenvolver, e correm o risco de serem ambíguos ou não considerar certas características de alguns programas existentes.

Mesmo assim, o arquivo neutro é o método mais adequado, e que conduz a uma possível padronização muito mais facilmente. A Tabela 3.2 resume as principais questões relacionadas com a aplicação dos dois tipos de solução.

Critério de comparação	Tradução direta	Arquivo Neutro
Direito de uso formato	Arquivo privado	Arquivo público
Número de tradutores	$N(N-1)/2$	2N
Número de traduções	Uma	Duas traduções
Atualização do sistema	Todos tradutores dos sistemas relacionados devem ser atualizados	Um tradutor de leitura e um de escrita devem ser implementados
Custo	Mais custosa	-

Tabela 3.2 – Comparação entre tradução direta e arquivo neutro

Com os avanços da tecnologia de CAD e sua ampla aplicação no meio industrial, alguns programas comerciais de CAD se tornaram bastante utilizados. A grande utilização de arquivos oriundos de tais programas, os popularizou, e atingiu um número tão considerável de usuários, que o fez tornar-se um padrão não-oficial. O exemplo mais clássico disso, é o formato de arquivo DXF (Drawing Exchange File) criado pela Autodesk. Diversos desenvolvedores de programas CAD/CAM, além de gerarem arquivos num formato próprio, adicionaram também saídas em formato DXF, como forma até de aceitação dos seus produtos pelo mercado.

No final da década de 70, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América reconheceu a necessidade de transferência de dados de modelos entre diferentes sistemas CAD/CAM. Em 1979, representantes do governo e da indústria se juntaram no programa ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing) da Força Área Americana para desenvolver o método.



Em 1980 foi criado o IGES 1.0 graças à experiência da GE em banco de dados neutros e da Boeing em redes integradas de informações. Em 1981 o IGES (Initial Graphics Exchange Specification) virou padrão da ANSI.

Como o IGES não continha todas as informações para um ciclo total do produto, como dados de desenho e manufatura, esforços para se tentar suportar essas funções de CAD/CAM levou o programa ICAM a desenvolver o PDDI (Product Data Definition Interface) em 1984.

Em 1984 foi iniciado um projeto que pretendia desenvolver um outro padrão PDES (Product Data Exchange Standard) que tentasse suportar as necessidades de manufatura e geometria. Nesse mesmo ano foi formado um comitê técnico TC184 (sistema de automação industrial) da ISO com o intuito de definir um padrão universal para as trocas de dados de sistema CAD/CAM. O padrão definido foi a ISO 10303 ou STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data).



4. Padrões para troca de dados CAD/CAM

4.1 Formato DXF

O DXF foi desenvolvido pela Autodesk, empresa que desenvolve o AutoCAD, para o seu produto. Devido à popularidade do AutoCAD, o formato DXF passou a ser utilizado por muitos outros programas para a transferência de dados gráficos.

Um arquivo DXF é um arquivo de dados ASCII contendo as seguintes seções:

- Seção Cabeçalho (Header section): armazena valores para variáveis do sistema AutoCAD, tais como: estilo da interface, camadas default, estilos de dimensionamento, etc. Algumas vezes, esta seção é eliminada completamente do arquivo.

- Seção Tabelas (Tables section): armazena certas constantes universais, tais como camadas do desenho, ângulos e distâncias das vistas, sistemas de coordenadas, e estilos de dimensionamento. Da mesma forma que a seção cabeçalho, esta seção também pode ser omitida do arquivo.

- Seção Blocos (Block section): armazena grupos de entidades pelo nome, e pode também conter entidades. É esta seção que armazena as definições de bloco instanciadas no modelo.

- Seção Entidades (Entities section): armazena as entidades geométricas bidimensionais e tridimensionais do desenho, e inclui dados de ligação da entidade a camadas e/ou blocos. Esta é a principal seção do arquivo DXF.

Um exemplo de arquivo DXF para o desenho mostrado na Figura 17, pode ser visto no ANEXO A (CHANG, T.-C. ; WYSK, R.A. ; WANG, H.-P.).



4.2 Formato IGES

O IGES é uma proposta de especificação e sintaxe de formato de arquivo neutro. O modelo do arquivo IGES é baseado na definição de entidade, a qual é a fonte de informação básica. As entidades suportadas pelo IGES são de três tipos: entidades geométricas, entidades de anotação, e entidades de estrutura. Elas são resumidas no APÊNDICE A.

O arquivo IGES segue um formato de 80 caracteres por linha, chamado de registro. Cada registro possui um identificador entre as colunas 73-80, é limitado por ponto-e-vírgula, e subdividido em campos por vírgulas. O primeiro caracter do identificador de cada linha indica a seção do arquivo. Os demais números, indicam a numeração das linhas que compõem a respectiva seção. Estes números são utilizados pelo IGES como ponteiros para referenciar as seções.

Ao todo, cinco seções compõem um arquivo de formato IGES. São elas:

- Seção Inicial (S): contém informações gerais que podem auxiliar o usuário com a operação de geração do arquivo IGES.

- Seção Global (G): contém 24 campos, onde são informados parâmetros necessários à geração, identificação e configuração do arquivo IGES.

- Seção Diretório (D): é gerada pelo pré-processador IGES e constitui-se de códigos que representam os tipos e sub-tipos de entidades dispostas em duas linhas de oito caracteres cada.

- Seção Dados de Parâmetro (P): constitui-se de dados específicos para cada entidade listada na seção anterior. Tais dados são: valores das coordenadas de pontos, texto de anotação, número de pontos de dados em spline, etc.

- Seção Finalização (T): marca o final do arquivo de dados, e contém o subtotal de registros verificados na transmissão de dados.



Um exemplo de arquivo IGES pode ser visto no ANEXO B (CHANG, T.-C. ; WYSK, R.A. ; WANG,H.-P.).

4.3 Formato STEP

O STEP é um projeto ambicioso e que foi iniciado como PDES (Product Data Exchange Standard) nos Estados Unidos e como STEP na Europa. Os dois grupos uniram forças e o PDES mudou seu nome.

O objetivo deste projeto é definir um formato de arquivo padrão que inclua todas as informações necessárias para descrever um produto desde a fase de projeto até a produção. Além disso, deve suportar múltiplos domínios de aplicação, ou seja, as engenharias mecânicas, eletrônicas e outros.



5. STEP

Todos os esforços para padronização da troca de dados de produtos têm convergido para o STEP. STEP, Standard for the Exchange of Product Model Data, é um padrão da ISO 10303 (International Standard Organization) que descreve como representar o intercâmbio de informação digital do produto ao longo de seu ciclo de vida. Essa informação digital do produto deve obedecer às normas e conter informação suficiente para suportar o processo inteiro do produto: desenvolvimento, análise, manufatura, controle de qualidade, inspeção e suporte. Essas informações devem permanecer integradas e consistentes em cada etapa do processo.

O STEP permite que os dados técnicos sejam disponibilizados em um formato **neutro**, isto representa uma série de vantagens como a troca de dados entre diversos sistemas CAD e a possibilidade do compartilhamento das informações entre as empresas e seus respectivos setores. O uso de um formato comum reduz os custos da intercambialidade do produto e melhora a confiabilidade dos dados.

5.1 Objetivos do STEP

De acordo com (STEPTOOLS), os objetivos do STEP são:

- Armazenar todos os dados usados para a descrição do produto;
- Armazenar todo o ciclo de vida do produto;
- Armazenar formas diversas de utilização dos dados do produto;
- Compartilhar dados de forma precisa e não ambígua;
- Compartilhar dados entre aplicações específicas;



- Compartilhar dados sem restringir a forma como uma indústria possa utilizar esses dados. Assim, a indústria pode adotar processos otimizados e mais ajustados às necessidades específicas.

Portanto para satisfazer os objetivos acima o STEP deve conter a seguinte estrutura de informações:

- **Geometria:** dados de sólidos, dados de superfície, wireframe (arestas), dados de medição.
- **Especificações e Configurações:** estruturas de dados do produto, dados de gerenciamento.
- **Dados Tecnológicos:** dados de matéria, tolerância e forma e condições da superfície.
- **Manufatura:** dados NC, planejamento do processo.
- **Apresentação:** desenho, visualização.
- **Análise:** simulação.

5.2 Arquitetura do STEP

O STEP possui uma arquitetura de camadas em três níveis, conforme mostra abaixo.

Essas camadas habilitam a visão múltipla de aplicação e implementação a serem definidas.

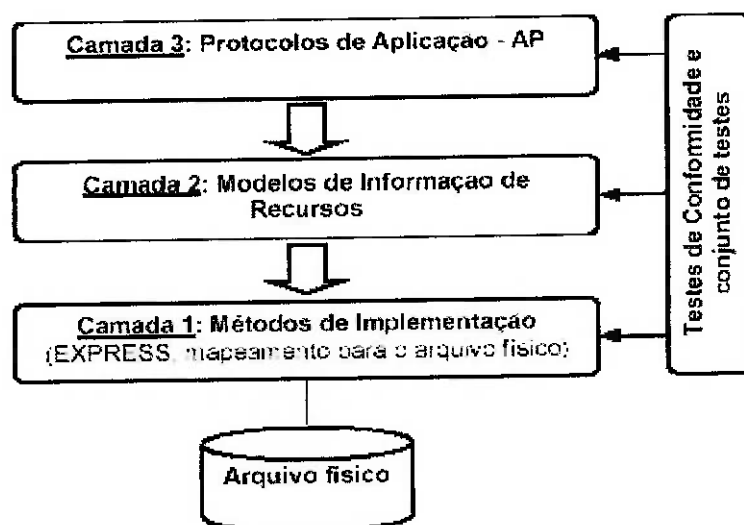


Figura 5.1. Camadas do STEP



A **primeira camada** compreende as técnicas para a implementação do STEP, tais como a forma que os modelos estão relacionados à linguagem EXPRESS, e desta para o arquivo físico.

A **segunda camada** compreende os modelos de informação de recursos, os quais fornecem a informação independente de contexto, tais como: a descrição geométrica e a topologia do produto.

A **terceira camada** compreende os protocolos de aplicação (*AP: Application Protocol*), os quais contêm a informação relacionada ao domínio particular da aplicação.

A documentação do STEP é dividida em varias classes de partes, que refletem sua estrutura:

- Partes 11 e 13 especificam Description methods.
- Partes 21 a 26 especificam Implementation methods.
- Partes 31 a 35 especificam Conformance testing methodology and framework.
- Partes 41 a 49 especificam Integrated generic resources,
- Partes 101 a 106 especificam Integrated application resources,
- Partes 201 a 233 especificam Application protocols,
- Partes 301 a 332 especificam Abstract test suites, and,
- Partes 501 a 518 especificam Application interpreted constructs.



5.3 Protocolos de Aplicação (APs)

Os APs descrevem os subconjuntos restritos do padrão STEP, os quais garantem que a implementação de diferentes vendedores seja mais compatível. Para garantir adicionais conformidades, o STEP inclui uma metodologia para testes de conformidade e um conjunto de testes gerais.

O conceito fundamental por trás do padrão STEP é exatamente a definição de protocolos de aplicação (AP). Esses protocolos atuam como um mecanismo de especificação dos requerimentos da informação, e garantem a comunicação entre os sistemas de CAD/CAM. Um AP inclui os requerimentos de informação, o escopo e o contexto de uma aplicação, e especifica os recursos construtores do STEP para satisfazer estes requerimentos. Cada AP emprega três tipos de modelos:

- **AAM** (*Application Activity Model*): descreve as atividades e os processos que usam e produzem os dados dos produtos num contexto específico de aplicação;
- **ARM** (*Application Reference Model*): especifica estruturas conceituais e restrições usadas para descrever os requerimentos de informação de uma aplicação;
- **AIM** (*Application Interpreted Model*): é um conjunto de recursos integrados (**IR - Integrated Resources**) restritos, especializados e completos, usados para satisfazer os requerimentos de informação do ARM. O AIM é definido usando a linguagem EXPRESS ou EXPRESS-G.

O STEP está sendo implementado através do uso de uma série de APs. Os três modelos acima são dependentes do contexto da aplicação. O escopo de um AP é definido pelo tipo de produto, os estágios suportados dentro do ciclo de vida do produto, os tipos requeridos de



dados do produto, os usos dos dados do produto, e as áreas que usam os dados do produto. Os AP.s do STEP, listados na tabela 5.1, abordam vários aspectos do projeto mecânico e da análise estrutural.

NÚMERO E NOME	DESCRIÇÃO
AP203 – Configuração Controlada de Projeto de Peças Mecânicas e Montagens 3D	Inclui vários modelos sólidos B-Rep, <i>wireframe</i> , e de superfícies; além da configuração do produto (<i>estrutura de montagem</i>), e <i>versões do produto</i> .
AP209 – Projeto através de Análise de Estruturas Compostas e Metálicas	Inclui estruturas compostas, poliméricas, e metálicas; projeto geométrico; modelagem de elementos finitos incluindo malhas; controles de análise; e resultados de análises de tensões estáticas. Este AP contém entidades relacionadas a: geometria (<i>point, line, curve, e surface</i>); raios de elementos finitos; cargas; condições de contorno, etc..
AP214 – Núcleos de Dados para Processo de Projeto Automotivo	Este AP suporta dados de produto para peças automotivas, como chapas metálicas da carroceria do carro, peças mecânicas do motor, e componentes de vidro. O AP214 inclui: controle de configuração; projeto geométrico; tolerâncias; propriedades de materiais; <i>features</i> de usinagem; chapas metálicas, e ferramentas.
AP224 – Definição de Peças Mecânicas para o Planejamento de Processo usando <i>Feature</i> de Usinagem	Especifica os dados necessários para fabricação de peças mecânicas simples. Contém definições de <i>features</i> de forma, peças usinadas, e processos de usinagem.

Tabela 5.1 – Exemplos de APs do STEP

5.3.1 Protocolos de Aplicação AP214

O protocolo de aplicação AP 214 é um dos maiores e mais importantes do STEP e foi publicado em fevereiro de 2001 pela ISO como a norma internacional ISO 10303-214.

Este protocolo possibilita a descrição de todos os dados do produto, ao longo de sua cadeia de desenvolvimento para a indústria automobilística. O AP 214 descreve a estrutura de dados que são relevantes para representar as informações técnicas relacionadas com o processo de desenvolvimento mecânico. Ele pretende garantir que os dados possam ser trocados, compartilhados, estendidos e processados ao longo da cadeia de processo, isso



implica em um cenário que envolve aproximadamente 1000 sistemas CAx somente na indústria automobilística na área de processamento de dados técnicos.

Além dos dados especificados no sistema CAD para representar a geometria, visualização gráfica e desenhos técnicos, outras informações podem ser representadas na estrutura de dados baseados no AP 214, oferecendo um benefício estratégico tanto para os fabricantes como para os fornecedores, como mostra a Figura.5.2.

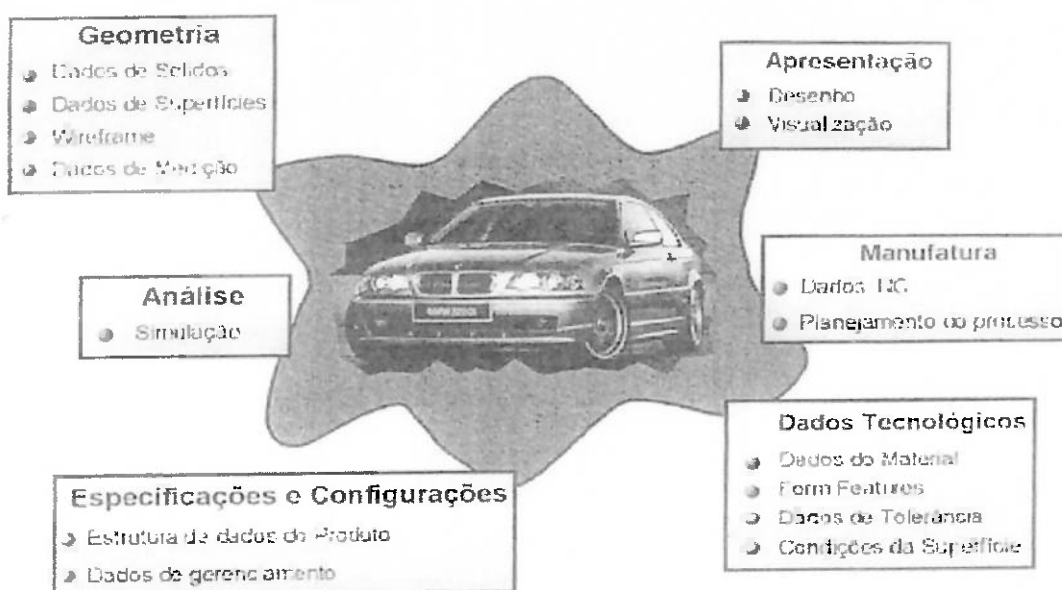


Figura 5.2. Escopo do Protocolo de Aplicação AP214

As vantagens são bem claras, pois tomando o cenário alemão como exemplo e considerando que somente entre os fabricantes de automóveis e seus aproximadamente 900 fornecedores existem cerca de 110 tipos diferentes de CAD/CAM.

5.3.1.1 Benchmark

Para garantir a melhora continua do STEP AP 214 vêm sendo realizados anualmente vários testes, dentre eles, o Benchmark através do esforço conjunto entre organizações que



avaliam as normas STEP, tais como a Pro-STEP AG, a PDES Inc., fornecedores de sistema CAD e usuários de sistema CAD/CAM.

O Benchmark, que vem sendo realizado desde 1996, tem como metodologia de teste selecionar um conjunto de modelos de produto e critérios que refletem as necessidades encontradas na prática, por exemplo no 7º Benchmark foi utilizado o modelo de uma bomba da Volkswagen.

Após a definição do modelo, para que haja um mesmo critério de avaliação, o modelo é então construído em todos os sistemas CAD participantes do Benchmark e exportado para o formato STEP AP 214.

Se a configuração do sistema permitir, os modelos são exportados para o STEP e importados no sistema receptor com diferentes configurações, por exemplo: diferentes valores de tolerância ou definição da geometria em analítica.

Os resultados são então avaliados seguindo vários critérios, sendo os principais dados abaixo:

- **Geometria:** no teste de geometria é avaliado o volume ou a área da superfície do modelo. É considerada uma troca sem problemas, aquela em que o volume ou área da superfície do modelo resultante possa ser calculada e não desvie mais do que 1% em comparação ao original.
- **Conjunto Montado:** três variáveis são avaliadas para testar o conjunto montado. São elas: posicionamento dos componentes no espaço geométrico; nome dos componentes e estrutura do conjunto. É considerado sem problema aquela que não apresenta erro em nenhum dos critérios.

Um dos resultados obtidos no 7º Benchmark pode ser vistos na Figura 5.3.

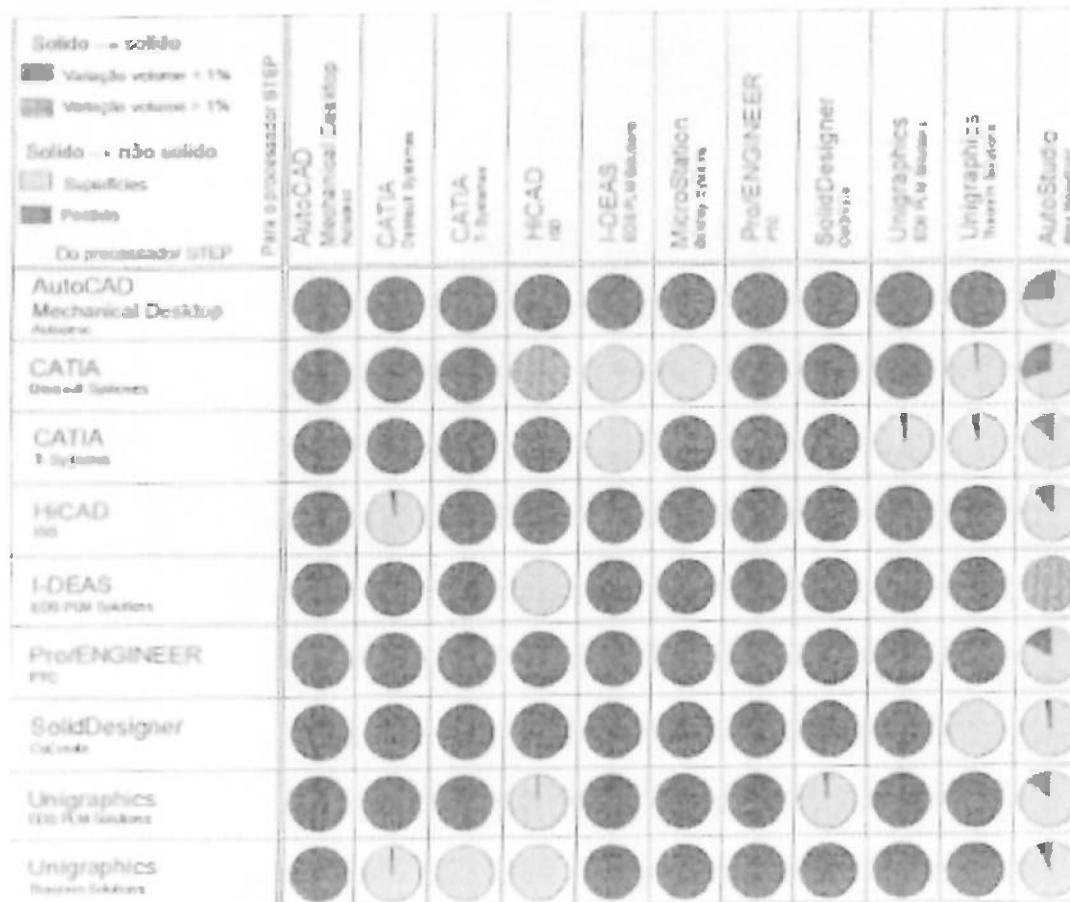


Figura 5.3. Resultado de transferência do 7º Benchmark

5.4 Linguagem EXPRESS

O EXPRESS é uma linguagem formal para especificação de requisitos de informação. Ela é uma das partes do padrão de dados STEP da ISO 10303. Part 11- Métodos de Descrição: O manual de referência da linguagem EXPRESS; e Part 12 - Métodos de Descrição: O manual de referência da linguagem EXPRESS-I. As características da linguagem EXPRESS são dadas na tabela 5.3 abaixo.



EXPRESS é:	EXPRESS não é:
Linguagem de descrição de dados (DDL).	Linguagem de manipulação dos dados (DML).
Independente de tecnologia	Metodologia
Objeto-assemelhada	Restrita a sistemas objeto-orientados
Legível por seres-humanos, processável por computador	Linguagem de programação.

Tabela 5.2 – Característica da linguagem EXPRESS

O elemento básico da linguagem EXPRESS é a entidade. Um exemplo de entidade é dado a seguir:

```
ENTITY automobile ;  
  
make    :STRING;  
  
serial_number :INTEGER;  
  
engine_size :REAL;  
  
colour    :colourtype;  
  
owner     :person;  
  
previous_owner: :LIST[0 : ?] OF person;  
  
UNIQUE  
  
serial_number;  
  
WHERE  
  
engine_size>0.0;  
  
END_ENTITY;
```

Como pode ser visto, a entidade é um conjunto de dados ou restrições e/ou operações realizadas sobre os dados. Ela é expressa como uma coleção de atributos, que podem ser de vários tipos de dados (*string*, *real*, *inteiro*, *valor lógico ou booleano*, *array*, *lista*, *conjunto*,



etc.). Os atributos também podem ser referências a outras entidades, ou outros *arrays*, listas ou conjuntos. No exemplo da entidade **automobile** acima, os atributos **make**, **serial_number**, **engine_size**, são tipos de dados simples -STRING, INTEGER, e REAL, respectivamente. Já os atributos **person**, e **colourtype**, são tipos de dados especiais: **person** é uma outra entidade, e **colourtype** é um tipo ENUMERATION, definido como:

```
TYPE colourtype = ENUMERATION OF  
(red,black,blue,white);  
END_TYPE;
```

A estrutura com o conjunto de entidades, os tipos de dados e restrições associados às entidades, é conhecido como esquema.

Existem quatro aspectos adicionais ao EXPRESS que são utilizados no STEP: a EXPRESS-G, o EXPRESS-I, o EXPRESS-M, e EXPRESS-C.

A **EXPRESS-G** trata da notação gráfica que se refere à simbologia utilizada para representação das entidades, dos atributos, e dos relacionamentos.

A **EXPRESS-I** é uma linguagem de instanciação que habilita as instâncias do esquema e modelos serem exibidos.

A **EXPRESS-M** trata do mapeamento entre os esquemas.

A **EXPRESS-C** amplia a capacidade do EXPRESS por meio de modelagem estática e propriedades de comportamento dinâmico.



5.6 Formato do arquivo STEP

O STEP define várias implementações de métodos para manipulação e troca de informações descritas pelos protocolos de aplicação. O formato de arquivo para troca de dados é definido pela Part 21 - Decodificação do texto da estrutura de troca.

O arquivo de troca do STEP possui uma seção de **cabeçalho**: com informações de identificação; e uma seção de **dados**: que contém a informação a ser transferida. Um exemplo de arquivo STEP é mostrado a seguir:

```
ISO-10303-21;    /* opening keyword */
HEADER;         /* header section */
    [ ... header information ... ]
ENDSEC;
DATA;           /* data section */
    [ ... entity instances ... ]
ENDSEC;
END-ISO-10303-21; /* closing keyword */
```

A seção de cabeçalho de um arquivo STEP descreve a informação de identificação a respeito do arquivo. Um exemplo de cabeçalho é mostrado a seguir:

```
HEADER;
FILE_DESCRIPTION (
('Sample NURBS geometry for a Boeing 707' /* description */ 'for the Common STEP Tasks Tutorial'),
'1');    /* implementation level */
FILE_NAME (
'ap203_database',    /* name */
'1995-05-18T14:18:59-04:00', /* timestamp */
('Blair Downie'),
('STEP Tools Inc.',
'Rensselaer Technology Park',
```



```
'Troy, New York 12180',  
'info@steptools.com',  
'ST-DEVELOPER v1.4',    /* preprocessor */  
",          /* originating system */  
");          /* authorization */  
FILE_SCHEMA (('CONFIG_CONTROL_DESIGN')); /* schema */  
ENDSEC;
```

A seção de dados do arquivo contém as instâncias das entidades. Cada instância tem um identificador inteiro. Os números **#nnn** são usados para se referir aos objetos dentro do arquivo. Os números são únicos dentro de um arquivo, mas não necessitam ser preservados. Cada instância de entidade é normalmente escrita usando um **mapeamento interno**, onde o nome do tipo da entidade é seguido por uma lista de atributos na ordem da super-classe para a sub-classe. A seguir, tem-se alguns exemplos de entidades definidas usando este mapeamento interno:

```
#57=DATE_AND_TIME(#58, #59);  
#58=CALENDAR_DATE(1993, 17, 7);  
#59=LOCAL_TIME(13, 47, 28.0, #29);
```

Instâncias de entidades complexas e/ou EXPRESS têm mais que um tipo, assim eles são escritos para um arquivo STEP usando uma codificação diferente, chamada de **mapeamento externo**. Este mapeamento codifica um objeto como uma lista de tipos individuais, onde cada tipo contém somente os atributos definidos para aquele tipo.

Um exemplo é mostrado para uma entidade que é ao mesmo tempo, uma superfície B-spline com nós, e uma superfície racional B-spline:

```
#10 = (  
BOUNDED_SURFACE ()  
B_SPLINE_SURFACE (3, 3, ((#20, #60, #100, #140),  
(#30, #70, #110, #150), (#40, #80, #120, #160),
```




(#50, #90, #130, #170)), \$, .F., .F., .F.)

B_SPLINE_SURFACE_WITH_KNOTS (\$, \$, (0., 0., 0., 0., 1., 1., 1., 1.),

(0., 0., 0., 0., 1., 1., 1., 1.), \$)

GEOMETRIC_REPRESENTATION_ITEM ()

RATIONAL_B_SPLINE_SURFACE (((1., 1., 1., 1.), (1., 1., 1., 1.),

(1., 1., 1., 1.), (1., 1., 1., 1.)))

REPRESENTATION_ITEM ()

SURFACE ()

);

O formato de um arquivo STEP está estreitamente ligado ao esquema EXPRESS, no qual ele foi escrito. A ordem dos valores dos atributos é determinada a partir do esquema EXPRESS.

5.5 Comparação STEP x IGES

As principais diferenças entre IGES e STEP são descritas na tabela 5.2 abaixo:

IGES	STEP
ANSI	ISO
Geométrico; limitado	Todo ciclo de vida; inequívoco
Arquivo Texto	Texto, binário e BD
Não há interface padrão	Interface (SDAI)
Orientado às partes	Orientado ao projeto
Não há implementação adaptado a cada sistema	Requisitos definem o BD através do AP's

Tabela5.3- Diferenças entre IGES e STEP



O padrão STEP melhora várias deficiências apresentadas pelo IGES. A seguir discute-se sobre essas melhorias:

- O STEP usa um modelo formal para a troca de dados, o qual é descrito usando um modelo de modelagem de informação chamado EXPRESS, desenvolvido especialmente para o STEP. O modelo EXPRESS é legível tanto pelo usuário como processável pelo computador. No STEP, os dados são descritos pela linguagem EXPRESS, a qual então mapeia o modelo para um arquivo físico. Neste caso, o arquivo físico fica livre de definir como cada entidade em particular deve ser representada, que é o que acontece com o padrão IGES.
- O STEP possui uma arquitetura de camadas em três níveis. Essas camadas habilitam a visão múltipla de aplicação e implementação a serem definidas.
- Os AP.s descrevem os subconjuntos restritos do padrão STEP, os quais garantem que a implementação de diferentes vendedores seja mais compatível que as implementações do IGES. Para garantir adicionais conformidades, o STEP inclui uma metodologia para testes de conformidade e um conjunto de testes gerais.



6. Metodologia Adotada para Avaliação da Transferência

Para a comprovação da real necessidade da existência de um arquivo neutro entre os sistemas de CAD/CAM/CAE e a verificação de problemas encontrados na transferência utilizando esses arquivos, foi utilizada a metodologia da conversão do formato de um arquivo específico para o arquivo neutro num mesmo aplicativo e a transferência de desenhos 3D sólidos entre diferentes aplicativos e formatos de arquivos. Os diferentes formatos de arquivos utilizados nessa metodologia foram .dwg e .Catia para conversão em arquivos neutros IGES e STEP. Os softwares utilizados para a transferência e/ou análise foram o AutoCAD 2000, ANSYS 7.0 e CATIA V5. Uma posterior verificação da geometria do desenho bem como análise das propriedades mecânicas da peça indica uma validação da transferência.

Na análise das propriedades mecânicas nos sistemas de CAM/CAE a matriz de rigidez do sólido será um importante parâmetro a ser comparado nas transferências, já que nos sistemas que utilizam o Método dos Elementos Finitos a matriz de rigidez é a variável básica utilizada para a determinação dos cálculos das demais variáveis de análise, como deformação, modos de vibração, força, tensão, etc.

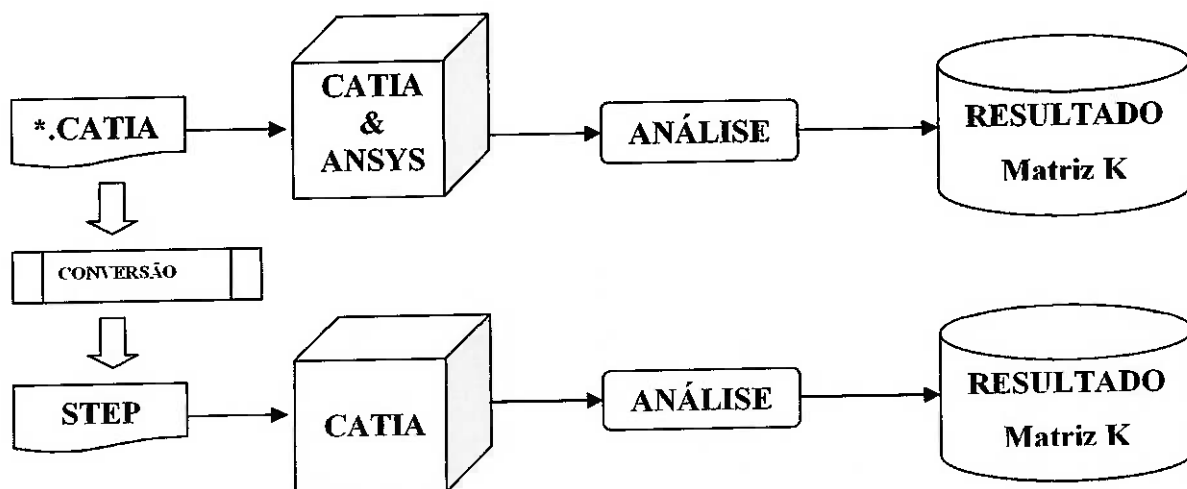
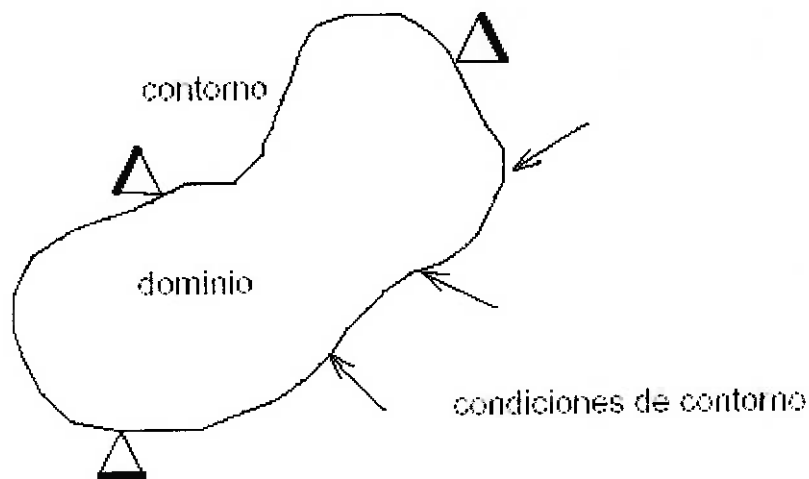


Figura 6.1 – Metodologia adotada para transferência de dados



Para a comparação da igualdade da matriz de rigidez K na transferência e na conversão do arquivo será analisado o resultado obtido pela simulação de uma carga (LOAD) atuante no modelo sólido sobre certas condições de contorno, utilizando-se o Método dos Elementos Finitos.

Os resultados a serem analisados para verificação da matriz K serão os deslocamentos resultantes D_i de um elemento E_i sobre uma carga atuante F_i num certo ponto da geometria do modelo sólido, as reações nos pontos determinados nas condições de contorno R_i , e a tensão atuante T_i em um elemento E_i sobre uma carga atuante F_i num certo ponto da geometria do sólido.





7. Resultado da transferência

Para poder comparar os resultados da simulação em diferentes formatos e softwares o seguinte critério foi adotado: os pontos na geometria escolhidos para determinar a condição de contorno, como cargas e restrições, foram utilizados de maneira idêntica em todas as simulações efetuadas.

7.1 Modelo sólido PIN

Os resultados obtidos nessa seção foram realizados com o modelo sólido apresentado na Figura 7.1.1 em diferentes formatos. O formato original do modelo geométrico é em extensão .CATIA.

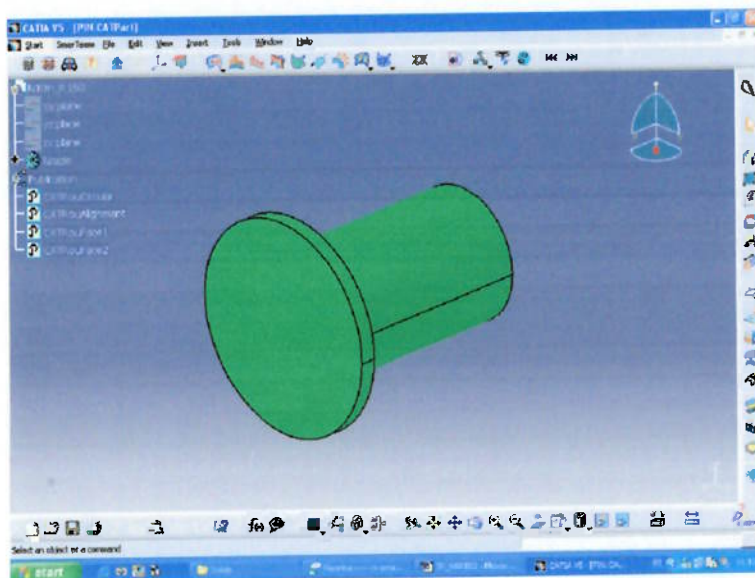


Figura 7.1.1- PIN.CATIA



As condições de contorno adotadas para a simulação dessa peça mecânica são mostradas na Tabela 7.1.1

Cargas (Loads)	Restrições
$F_x=0N$	Uma restrição de engaste foi imposta na parte inferior da superfície disco maior
$F_y=10N$	
$F_z=0N$	
$M_x=0Nm$	
$M_y=0Nm$	
$M_z=0Nm$	

Tabela 7.1.1 – Condições de Contorno

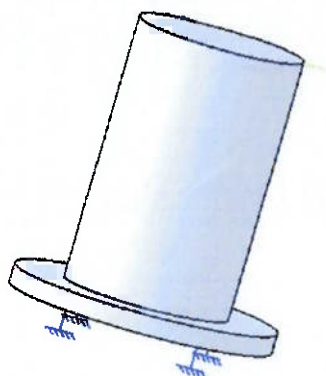


Figura 7.1.2 – Condições de Contorno

7.1.1 Resultados do CATIA

As simulações feitas no CATIA utilizaram-se de dois formatos de arquivo CAX. Os formatos utilizados foram o .CATIA e posterior conversão para .STEP



7.1.1.1 Formato PIN.CATIA

O resultado da simulação obtido do deslocamento e tensão da peça sob as condições expostas na Tabela 7.1.1 está demonstrado na Figura 7.1.1.1 e Figura 7.1.1.2 respectivamente.

Utilizou-se o arquivo original .CATIA.

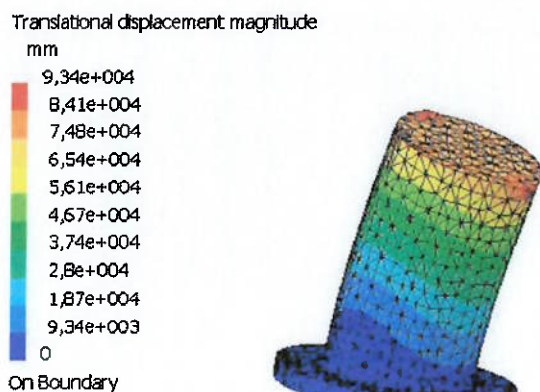


Figura 7.1.1.1- Simulação de deslocamento PIN.CATIA no CATIA

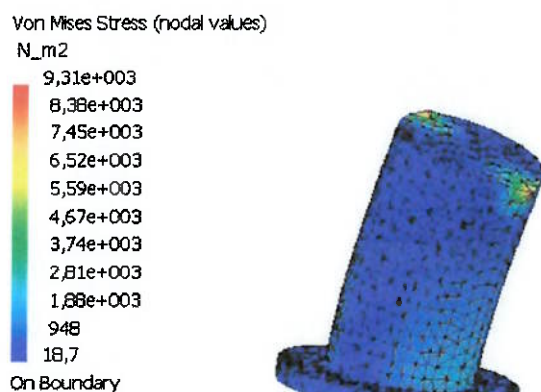


Figura 7.1.1.2- Simulação de tensão PIN.CATIA no CATIA



Utilizando-se os resultados exportados para uma planilha de Excel, da Figura 7.1.1.1 e Figura 7.1.1.2, determina-se o deslocamento e a tensão do elemento onde foi aplicada a força. Obtém-se também no CATIA as forças de Reação nas restrições impostas pelo engaste na superfície inferior.

Deslocamento Di	Tensão σ_i	Reação	Elementos	
$D_i = 9.34 \text{ E4 mm}$	$\sigma_i = 9.31 \text{ E3 Pa}$	Fx= -1.311e-13 Fy= -1.000e1 Fz= -7.416e-14 Mx= -1.186e-14 My= -2.964e-14 Mz= 4.064e0	Entity	Size
			Nodes	1593
			Elements	6068

Tabela 7.1.1.1 – Resultado PIN CATIA

7.1.1.2 Formato PIN.STEP

O resultado da simulação obtido do deslocamento e tensão da peça sob as condições expostas na Tabela 7.1 está demonstrado na Figura 7.1.1.3 e Figura 7.1.1.4 respectivamente.

Utilizou-se o arquivo convertido pelo software CATIA v5 extensão .STEP.

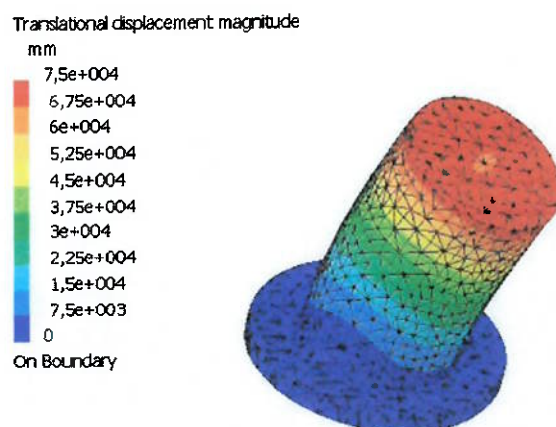


Figura 7.1.1.3- Simulação de deslocamento PIN.STEP no CATIA



Figura 7.1.1.4- Simulação de tensão PIN.STEP no CATIA

Utilizando-se os resultados exportados para uma planilha de Excel, da Figura7.1.1.3 e Figura7.1.1.4, determina-se o deslocamento e a tensão do elemento onde foi aplicada a força. Obtém-se também no CATIA as forças de Reação nas restrições impostas pelo engaste na superfície inferior.

Deslocamento D_i	Tensão σ_i	Reação	Elementos	
$D_i = 7.05 \text{ E4 mm}$	$\sigma_i = 9.31 \text{ E3 Pa}$	$F_x = -1.3167e-013 \text{ N}$	Entity	Size
		$F_y = -1.0000e+001 \text{ N}$	Nodes	1593
		$F_z = -7.4163e-014 \text{ N}$	Elements	6078
		$M_x = -1.1862e-014 \text{ Nm}$		
		$M_y = -2.9648e-014 \text{ Nm}$		
		$M_z = 4.0640e+000 \text{ Nm}$		

Tabela 7.1.1.2 – Resultado PIN STEP

7.2 Modelo sólido PIPE

Os resultados obtidos nessa seção foram realizados com o modelo sólido apresentado na Figura 7.2 em diferentes formatos. O formato original do modelo geométrico é em extensão .CATIA.

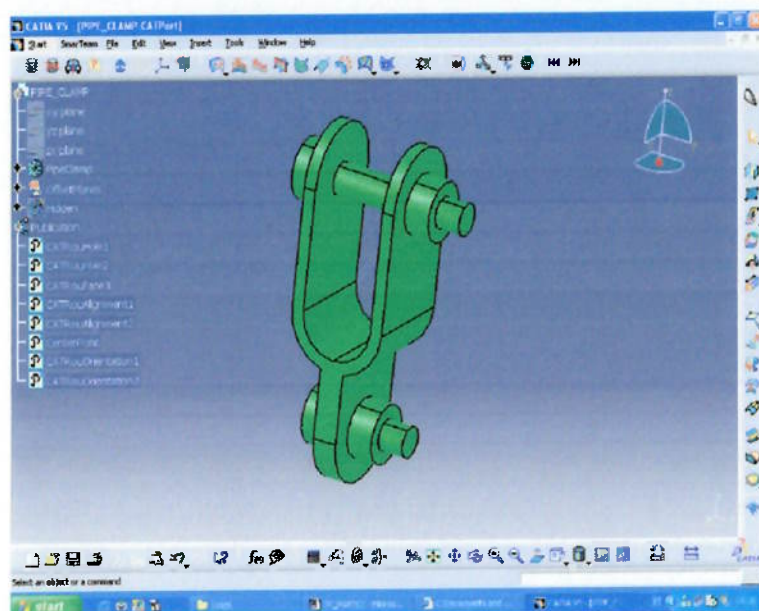


Figura 7.2.1- PIPE.CATIA

As condições de contorno adotadas para a simulação dessa peça mecânica são mostradas na Tabela 7.2.1

Cargas (Loads)	Restrições
$F_x = 0.000e+000 \text{ N}$	Uma restrição de engaste foi imposta na parte inferior da superfície curva.
$F_y = 1.000e+002 \text{ N}$	
$F_z = 0.000e+000 \text{ N}$	
$M_x = 0.000e+000 \text{ Nxm}$	
$M_y = 0.000e+000 \text{ Nxm}$	
$M_z = 0.000e+000 \text{ Nxm}$	

Tabela 7.2.1 – Condições de Contorno



Figura 7.2.2- PIPE.CATIA

7.21.1 Resultados do CATIA

As simulações feitas no CATIA utilizaram-se de dois formatos de arquivo CAX. Os formatos utilizados foram o .CATIA e posterior conversão para .STEP

7.2.1.1 Formato PIPE.CATIA

O resultado da simulação obtido do deslocamento e tensão da peça sob as condições expostas na Tabela 7.2 está demonstrado na Figura 7.2.1.1 e Figura 7.2.1.2 respectivamente. Utilizou-se o arquivo original .CATIA.

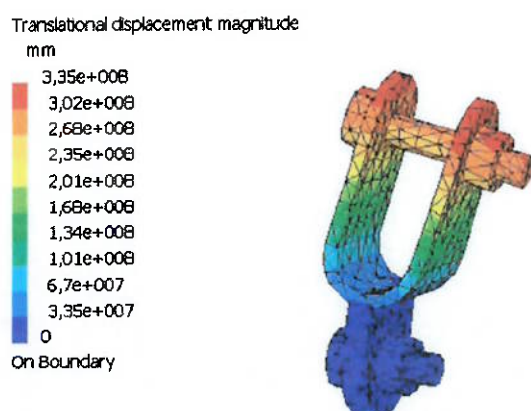


Figura 7.2.1.1- Simulação de deslocamento PIPE.CATIA no CATIA

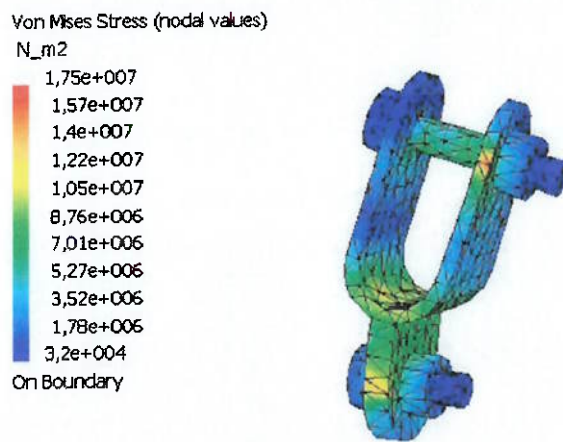


Figura 7.2.1.2- Simulação de Tensões PIPE.CATIA no CATIA

Utilizando-se os resultados exportados para uma planilha de Excel, da Figura7.2.1.1 e Figura7.2.1.2, determina-se o deslocamento e a tensão do elemento onde foi aplicada a força. Obtém-se também no CATIA as forças de Reação nas restrições impostas pelo engaste na superfície inferior.

Deslocamento D_i	Tensão σ_i	Reação	Elementos	
$D_i = 3.35 \text{ E}8 \text{ mm}$	$\sigma_i = 1.75 \text{ E}7 \text{ Pa}$	$F_x = -4.1041\text{e-}011$ $F_y = -1.0000\text{e+}002$ $F_z = 1.1653\text{e-}012$ $M_x = 3.2544\text{e+}000$ $M_y = -1.4684\text{e-}012$ $M_z = -1.2700\text{e+}000$	Entity	Size
			Nodes	652
			Elements	1814

Tabela 7.2.1.1 – Resultado PIPE.CATIA



7.2.2.2 Formato PIPE.STEP

O resultado da simulação obtido do deslocamento e tensão da peça sob as condições expostas na Tabela 7.2.1.2 está demonstrado na Figura 7.2.1.3 e Figura 7.2.1.4 respectivamente. Utilizou-se o arquivo convertido pelo software CATIA v5 extensão .STEP.

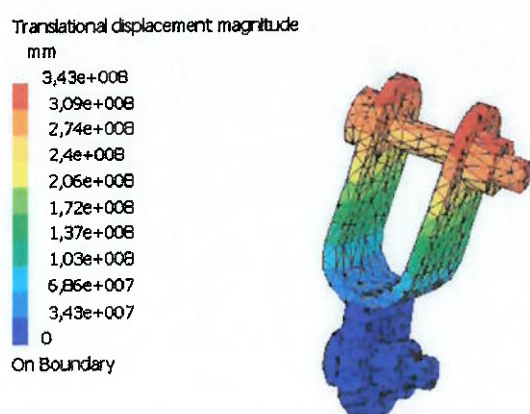


Figura 7.2.1.3- Simulação de deslocamento PIPE.STEP no CATIA

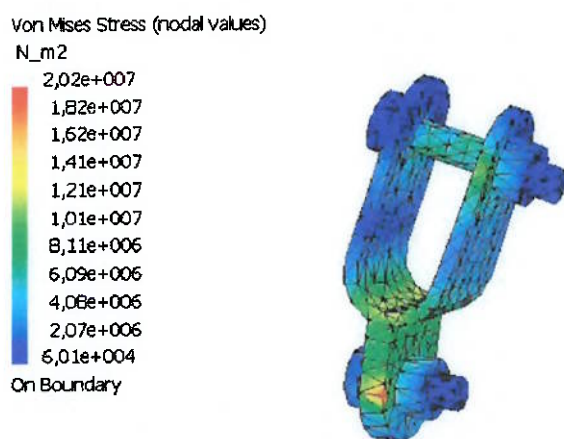


Figura 7.2.1.4 - Simulação de tensões PIPE.STEP no CATIA

Utilizando-se os resultados exportados para uma planilha de Excel, da Figura 7.2.1.3 e Figura 7.2.1.4, determina-se o deslocamento e a tensão do elemento onde foi aplicada a força.



Obtém-se também no CATIA as forças de Reação nas restrições impostas pelo engaste na superfície inferior.

Deslocamento Di	Tensão σ_i	Reação	Elementos	
$D_i = 3,43 \text{ E8 mm}$	$\sigma_i = 2.02 \text{ E7 Pa}$	F _x = -2.2702e-011 F _y = -1.0000e+002 F _z = -1.1010e-010 M _x = 3.2544e+000 M _y = -6.3116e-013 M _z = -1.2700e+000	Entity	Size
			Nodes	658
			Elements	1849

Tabela 7.2.1.2 – Resultado PIPE.STEP

7.3 Modelo sólido TPump

Os resultados obtidos nessa seção foram realizados com o modelo sólido apresentado na Figura 7.3 em diferentes formatos. O formato original do modelo geométrico é em extensão .CATIA.

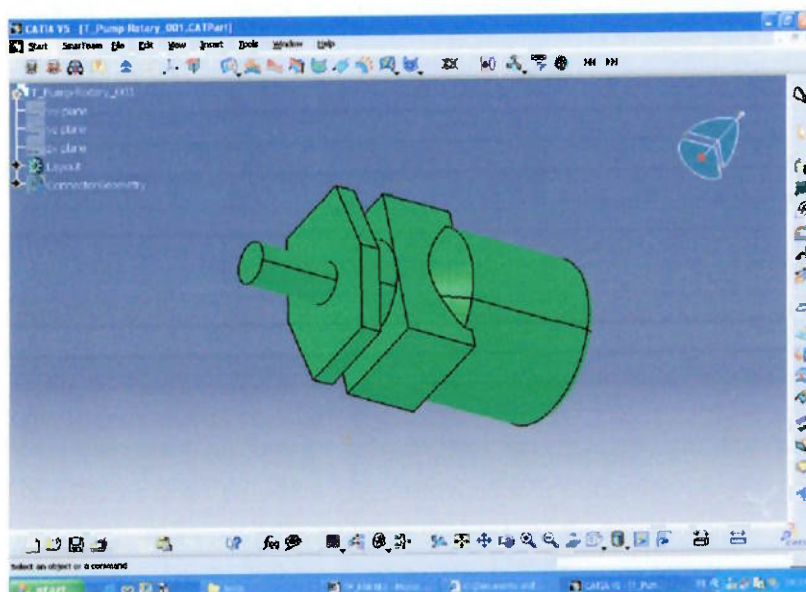


Figura 7.3- TPump.CATIA



As condições de contorno adotadas para a simulação dessa peça mecânica são mostradas na Tabela 7.3

Cargas (Loads)	Restrições
$F_x=0.000e+000$ N	Uma restrição de engaste foi imposta na parte inferior da superfície
$F_y=0.000e+000$ N	
$F_z=1.000e+002$ N	
$M_x=.000e+000$ Nxm	
$M_y=0.000e+000$ Nxm	
$M_z=0.000e+000$ Nxm	

Tabela 73 – Condições de Contorno

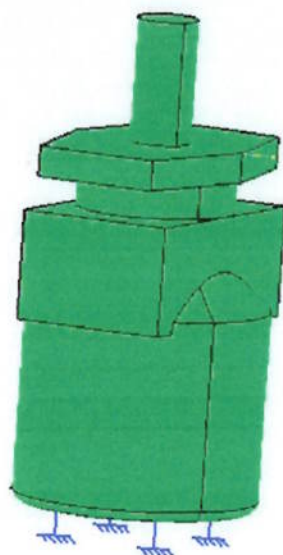


Figura 7.3.2- TPUMP.CATIA

7.3.2 Resultados do CATIA

As simulações feitas no CATIA utilizaram-se de dois formatos de arquivo CAX. Os formatos utilizados foram o .CATIA e posterior conversão para .STEP



7.3.1.1 Formato TPump.CATIA

O resultado da simulação obtido do deslocamento e tensão da peça sob as condições expostas na Tabela 7.3 está demonstrado na Figura 7.3.1.1 e Figura 7.3.1.2 respectivamente.

Utilizou-se o arquivo original .CATIA.

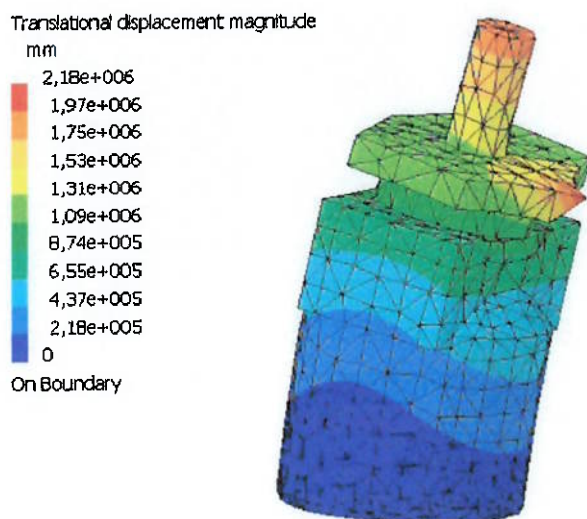


Figura 7.3.1.1- Simulação de deslocamento TPump.CATIA no CATIA

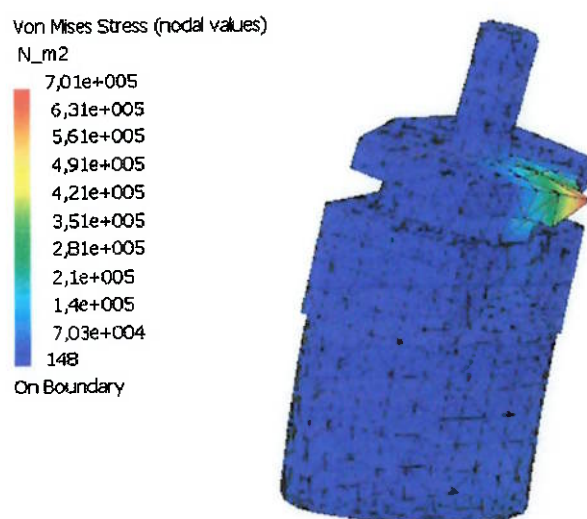


Figura 7.3.1.2- Simulação de Tensões TPump.CATIA no CATIA



Utilizando-se os resultados exportados para uma planilha de Excel, da Figura 7.3.1.1 e Figura 7.3.1.2, determina-se o deslocamento e a tensão do elemento onde foi aplicada a força. Obtém-se também no CATIA as forças de Reação nas restrições impostas pelo engaste na superfície inferior.

Deslocamento D_i	Tensão σ_i	Reação	Elementos	
$D_i = 2,18 \text{ E6 mm}$	$\sigma_i = 7,01 \text{ E5 Pa}$	$F_x = -73874\text{e-}013 \text{ N}$ $F_y = -1.8407\text{e-}013 \text{ N}$ $F_z = -1.0000\text{e+}002 \text{ N}$ $M_x = 1.3549\text{e-}013 \text{ Nxm}$ $M_y = 1.5153\text{e-}013 \text{ Nm}$ $M_z = 1.3947 \text{e-}014 \text{ Nm}$	Entity	Size
			Nodes	1310
			Elements	5147

Tabela 7.3.1.1 – Resultado TPump.CATIA

7.3.2.2 Formato TPump.STEP

O resultado da simulação obtido do deslocamento e tensão da peça sob as condições expostas na Tabela 7.3.1 está demonstrado na Figura 7.3.1.3 e Figura 7.3.1.4 respectivamente. Utilizou-se o arquivo convertido pelo software CATIA v5 extensão .STEP.

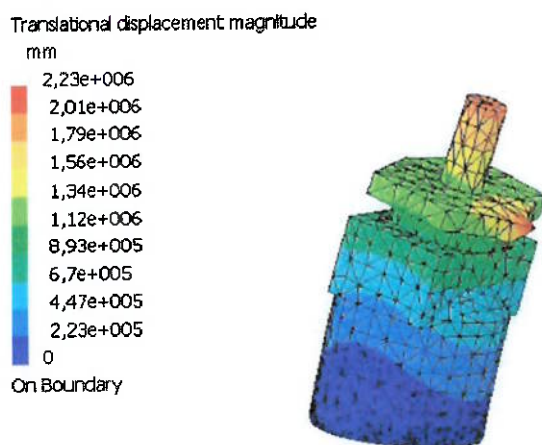


Figura 7.3.1.3- Simulação de deslocamento TPump.STEP no CATIA

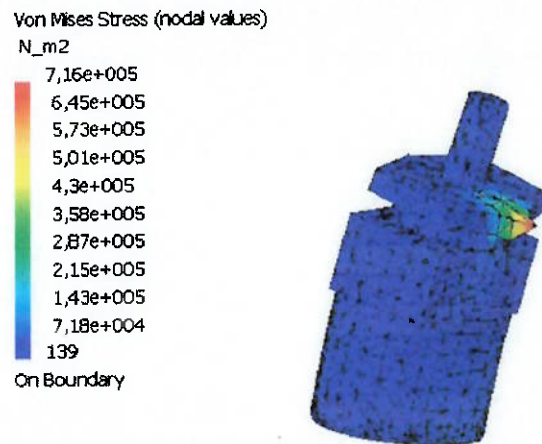


Figura 7.3.1.4 - Simulação de Tensões TPump.STEP no CATIA

Utilizando-se os resultados exportados para uma planilha de Excel, da Figura7.3.1.3 e Figura7.3.1.4, determina-se o deslocamento e a tensão do elemento onde foi aplicada a força. Obtém-se também no CATIA as forças de Reação nas restrições impostas pelo engaste na superfície inferior.

Deslocamento Di	Tensão σ_i	Reação	Elementos	
$D_i = 2,23 \text{ E6 mm}$	$\sigma_i = 7.16 \text{ E5 Pa}$	$F_x = -1.3181e-012 \text{ N}$ $F_y = 2.9921e-14 \text{ N}$ $F_z = -1.0000e+002 \text{ N}$ $M_x = -9.9575e-014 \text{ Nm}$ $M_y = 2.3397e-013 \text{ Nm}$ $M_z = -7.3025e-014 \text{ Nm}$	Entity	Size
			Nodes	1317
			Elements	5173

Tabela 7.3.14 – Resultado TPump.STEP

7.4 Modelo sólido PPump

Os resultados obtidos nessa seção foram realizados com o modelo sólido apresentado na Figura 7.4 em diferentes formatos. O formato original do modelo geométrico é em extensão .CATIA.

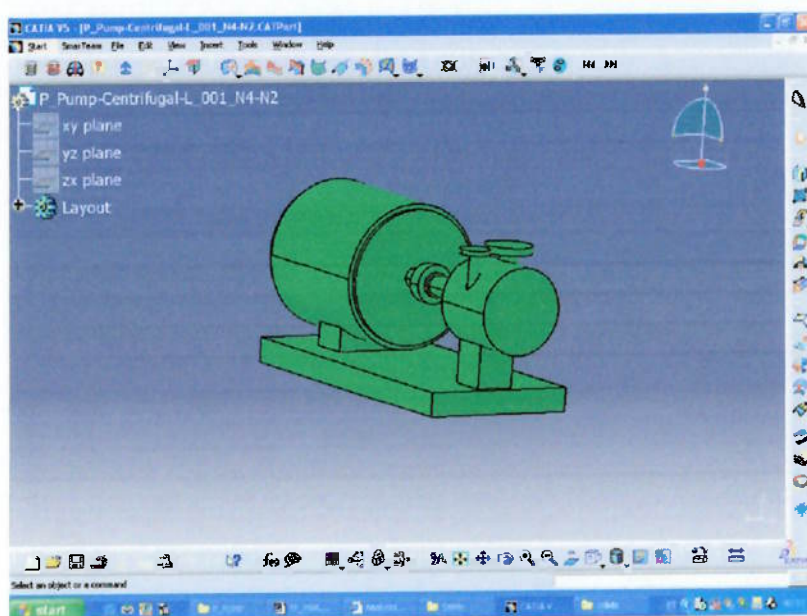


Figura 7.4 – PPump.CATIA

As condições de contorno adotadas para a simulação dessa peça mecânica são mostradas na Tabela 7.4.1.

Cargas (Loads)	Restrições
$F_x = -2.861e-006 \text{ N}$	Uma restrição de engaste foi imposta na parte inferior da superfície
$F_y = -8.196e-008 \text{ N}$	
$F_z = -4.292e-006 \text{ N}$	
$M_x = -5.451e-006 \text{ Nxm}$	
$M_y = 1.000e+002 \text{ Nxm}$	
$M_z = 1.621e-006 \text{ Nxm}$	

Tabela 7.4.1 – Condições de Contorno

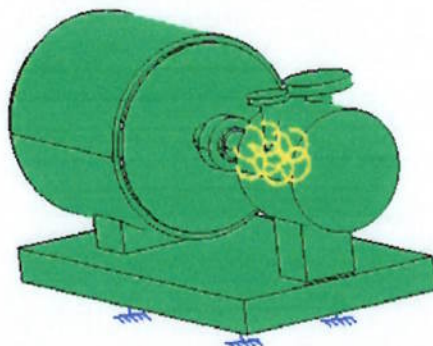


Figura 7.4.2 – Condições de Contorno

7.4.1 Resultados do CATIA

As simulações feitas no CATIA utilizaram-se de dois formatos de arquivo CAX. Os formatos utilizados foram o .CATIA e posterior conversão para .STEP

7.4.1.1 Formato PPump.CATIA

O resultado da simulação obtido do deslocamento e tensão da peça sob as condições expostas na Tabela 7.4 está demonstrado na Figura 7.4.1.1 e Figura 7.4.1.2 respectivamente. Utilizou-se o arquivo original .CATIA.

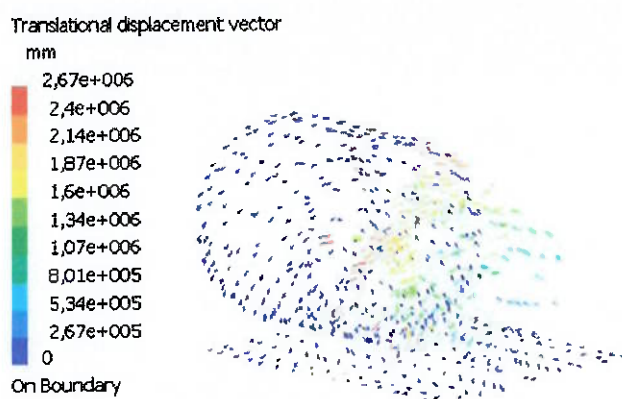


Figura 7.4.1.1- Simulação de deslocamento PPump.CATIA no CATIA

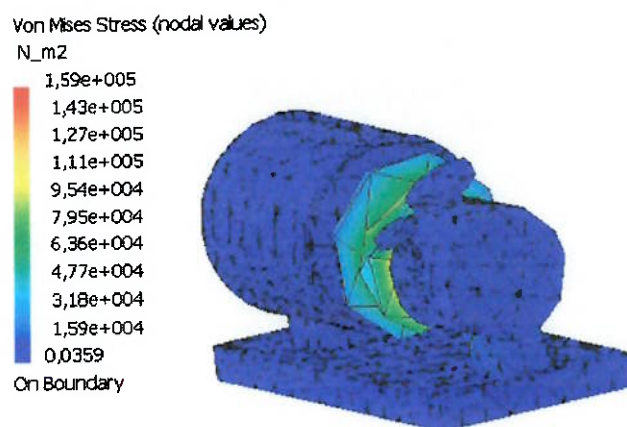


Figura 7.4.1.2- Simulação de tensão PPump.CATIA no CATIA

Utilizando-se os resultados exportados para uma planilha de Excel, da Figura7.4.1.1 e Figura7.4.1.2, determina-se o deslocamento e a tensão do elemento onde foi aplicada a força. Obtém-se também no CATIA as forças de Reação nas restrições impostas pelo engaste na superfície inferior.



Deslocamento D_i	Tensão σ_i	Reação	Elementos	
$D_i = 2,67 \text{ E}6 \text{ mm}$	$\sigma_i = 1.59 \text{ E}5 \text{ Pa}$	$F_x = 2.8610\text{e-}006 \text{ N}$ $F_y = 8.1961\text{e-}008 \text{ N}$ $F_z = 4.2915\text{e-}006 \text{ N}$ $M_x = 5.4510\text{e-}006 \text{ Nxm}$ $M_y = -1.0000\text{e+}002 \text{ Nxm}$ $M_z = -1.6208\text{e-}006 \text{ Nxm}$	Entity	Size
			Nodes	1133
			Elements	3694

Tabela 7.4.1.1 – Resultado PPump CATIA

7.4.1.2 Formato PPump.STEP

O resultado da simulação obtido do deslocamento e tensão da peça sob as condições expostas na Tabela 7.4 está demonstrado na Figura 7.4.1.3 e Figura 7.4.1.4 respectivamente. Utilizou-se o arquivo convertido pelo software CATIA v5 extensão .STEP.

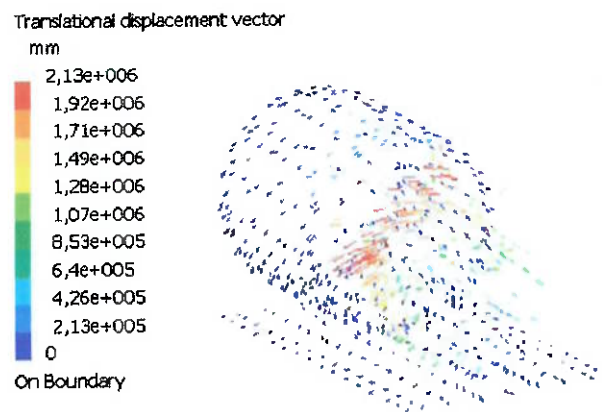


Figura 7.4.1.3- Simulação de deslocamento PPump.STEP no CATIA

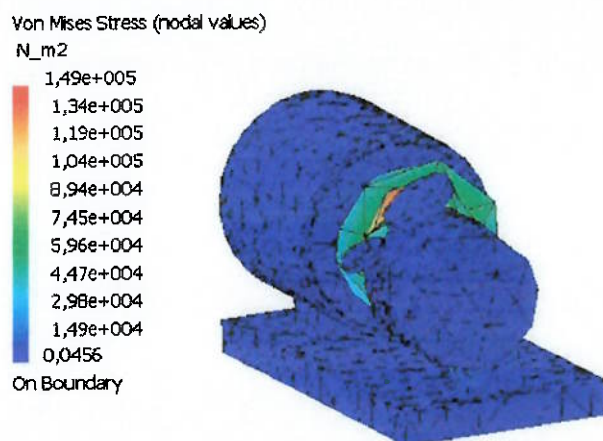


Figura 7.4.1.4- Simulação de tensão PPump.STEP no CATIA

Utilizando-se os resultados exportados para uma planilha de Excel, da Figura7.4.1.3 e Figura7.4.1.4, determina-se o deslocamento e a tensão do elemento onde foi aplicada a força. Obtém-se também no CATIA as forças de Reação nas restrições impostas pelo engaste na superfície inferior.

Deslocamento D_i	Tensão σ_i	Reação	Elementos	
$D_i = 2,13 \text{ E}6 \text{ mm}$	$\sigma_i = 1,49 \text{ E}5 \text{ Pa}$	$F_x = 6,3479\text{e-}006 \text{ N}$ $F_y = 5,2154\text{e-}008 \text{ N}$ $F_z = 3,9637\text{e-}006 \text{ N}$ $M_x = 3,8484\text{e-}006 \text{ Nm}$ $M_y = 1,0000\text{e+}002 \text{ Nm}$ $M_z = 8,6651\text{e-}006 \text{ Nm}$	Entity	Size
			Nodes	1143
			Elements	3740

Tabela 7.4.1.2 – Resultado PPump STEP



7.5 Modelo sólido FAN

Os resultados obtidos nessa seção foram realizados com o modelo sólido apresentado na Figura 7.5 em diferentes formatos. O formato original do modelo geométrico é em extensão .CATIA.

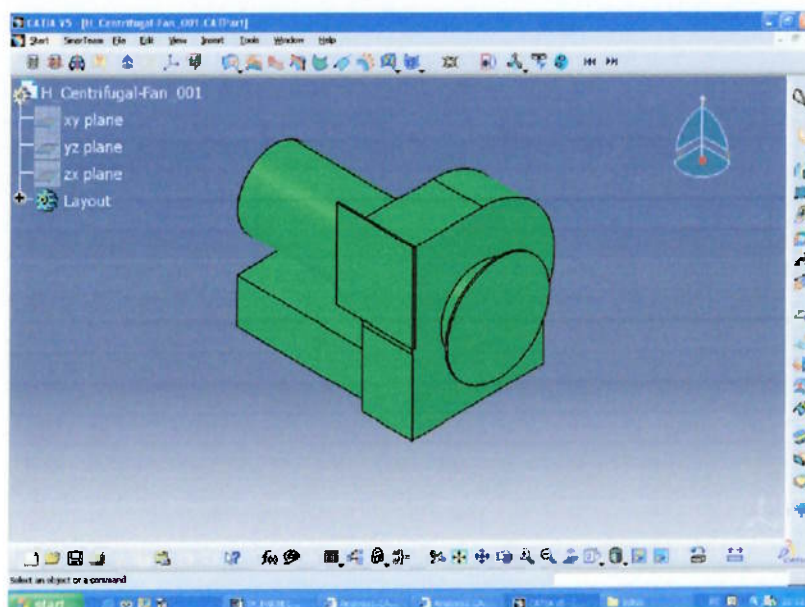


Figura 7.5 - FAN.CATIA

As condições de contorno adotadas para a simulação dessa peça mecânica são mostradas na Tabela 7.5.

Cargas (Loads)	Restrições
$F_x = 2.384e-006 \text{ N}$	Uma restrição de engaste foi imposta na parte inferior da superfície
$F_y = -4.090e-015 \text{ N}$	
$F_z = -9.537e-006 \text{ N}$	
$M_x = 4.784e-006 \text{ Nxm}$	
$M_y = 1.000e+002 \text{ Nxm}$	
$M_z = 1.196e-006 \text{ Nxm}$	

Tabela 7.5.1 – Condições de Contorno

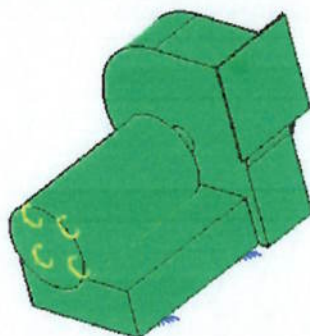


Figura 7.5.2 – Condições de Contorno

7.5.1 Resultados do CATIA

As simulações feitas no CATIA utilizaram-se de dois formatos de arquivo CAX. Os formatos utilizados foram o .CATIA e posterior conversão para .STEP

7.5.1.1 Formato FAN.CATIA

O resultado da simulação obtido do deslocamento e tensão da peça sob as condições expostas na Tabela 7.5.1 está demonstrado na Figura 7.5.1.1 e Figura 7.5.1.2 respectivamente.

Utilizou-se o arquivo original .CATIA.

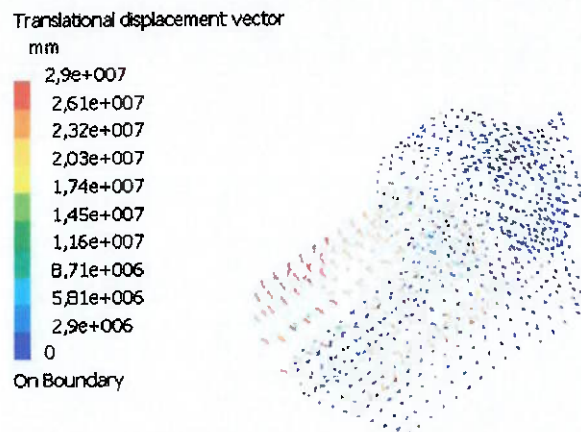


Figura 7.5.1.1- Simulação de deslocamento FAN.CATIA no CATIA

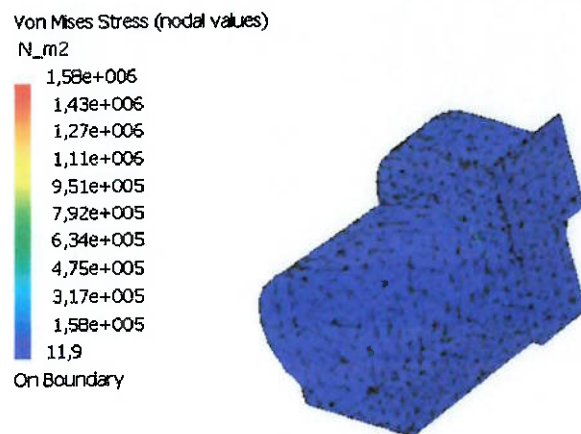


Figura 7.5.1.2- Simulação de tensão FAN.CATIA no CATIA

Utilizando-se os resultados exportados para uma planilha de Excel, da Figura7.5.1.1 e Figura7.5.1.2, determina-se o deslocamento e a tensão do elemento onde foi aplicada a força. Obtém-se também no CATIA as forças de Reação nas restrições impostas pelo engaste na superfície inferior.



Deslocamento D_i	Tensão σ_i	Reação	Elementos	
$D_i = 2.9 \text{ E}7 \text{ mm}$	$\sigma_i = 1.58 \text{ E}6 \text{ Pa}$	$F_x = -2.3840\text{e-}006 \text{ N}$ $F_y = -3.5715\text{e-}011 \text{ N}$ $F_z = 9.5370\text{e-}006 \text{ N}$ $M_x = -4.7842\text{e-}006 \text{ Nm}$ $M_y = -1.0000\text{e+}002 \text{ Nm}$ $M_z = -1.1960\text{e-}006 \text{ Nm}$	Entity	Size
			Nodes	2027
			Elements	7895

Tabela 7.5.1.1 – Resultado FAN CATIA

7.5.1.2 Formato FAN.STEP

O resultado da simulação obtido do deslocamento e tensão da peça sob as condições expostas na Tabela 7.5 está demonstrado na Figura 7.5.1.3 e Figura 7.5.1.4 respectivamente. Utilizou-se o arquivo convertido pelo software CATIA v5 extensão .STEP.

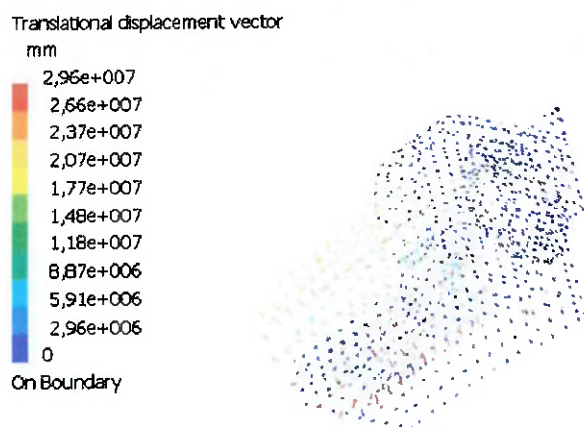


Figura 7.5.1.3- Simulação de deslocamento FAN. STEP no CATIA

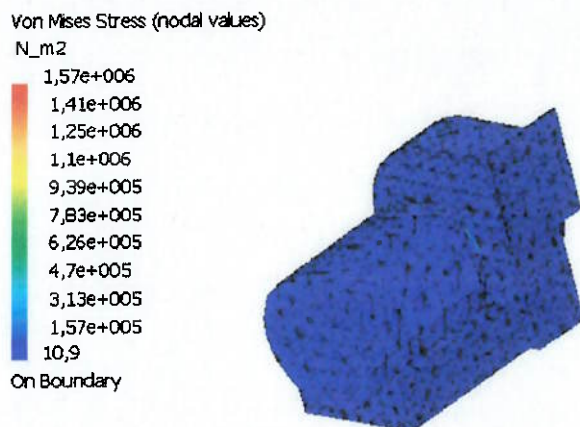


Figura 7.5.1.4- Simulação de tensão FAN. STEP no CATIA

Utilizando-se os resultados exportados para uma planilha de Excel, da Figura7.5.1.3 e Figura7.5.1.4, determina-se o deslocamento e a tensão do elemento onde foi aplicada a força. Obtém-se também no CATIA as forças de Reação nas restrições impostas pelo engaste na superfície inferior.

Deslocamento D_i	Tensão σ_i	Reação	Elementos	
$D_i = 2.96 \text{ E7mm}$	$\sigma_i = 1.57 \text{ E6 Pa}$	$F_x = 5.2449\text{e-}006$ $F_y = 2.0259\text{e-}012$ $F_z = 5.4835\text{e-}006$ $M_x = -2.7508\text{e-}006$ $M_y = -1.0000\text{e+}002$ $M_z = 2.6312\text{e-}006$	Entity	Size
			Nodes	2038
			Elements	7966

Tabela 7.5.1.2 – Resultado FAN STEP



8. Análise da transferência

Os resultados obtidos na seção 7 podem ser resumidos na tabela 8.1.

Tipo	Wireframe	Surface	Solid	MESH	K
Pipe.STEP	✓	✓	✓	▪	✗
Motor.STEP	✓	✓	✓	▪	✗
Pump.STEP	✓	✓	✓	▪	✗
Todos IGES	✓	✓	✗	✗	✗

Tabela 8.1 – Resultados

Dos resultados acima pode-se verificar que a transferência de arquivo do formato CATIA para o formato STEP apresentou variações na simulação tanto no resultado da reações, deslocamentos e tensões quanto no numero de elementos da malha.

Do método dos elementos finitos é possível afirmar que se o número de elementos da malha de discretização for diferente então a matriz K rigidez será diferente quanto ao numero de colunas e linhas. Embora nada pode-se afirmar em relação a mudança da propriedade da matriz, ou seja, ela pode possuir menos elementos mas continuar fornecendo resultados consistentes, serão apenas menos imprecisos. No entanto tratando-se do escopo da validação de conversão do arquivo a variação de elementos é um parâmetro importante a ser considerado. Com isso a conversão mostrou-se falha na maioria dos casos, com erro máximo de 1,02%.



Do método dos elementos finitos é possível afirmar que se o valor obtido para deslocamento, tensão e reação for diferente, considerando respectivamente o mesmo ponto de análise para os dois sólidos, então a matriz K rigidez será diferente e produzirá resultados inconsistentes ou diferentes para uma mesma estrutura.

Dos resultados acima nenhuma transferência em STEP foi satisfatória em relação a consistência da matriz de rigidez do elemento. Os valores obtidos sempre apresentaram valores distintos daqueles obtidos com o formato original.

Todos os arquivos convertidos em IGES apresentaram a mesma inconsistência de transformar o sólido 3D em um modelo de superfície sem espessura! Portanto para essa extensão IGES não foi possível simular os resultados em MEF.

9. Conclusão

A criação de um formato de arquivo padrão é a tendência mais adequada para realizar-se o intercâmbio de dados entre os diversos sistemas CAD/CAM. As diferenças encontradas entre os modelos acima servem como identificação das possíveis fontes de erros e como fontes de exemplo para sua correção.

Os maiores erros na conversão do CATIA para o STEP são mostrados nos resultados que utilizam a matriz de rigidez do elemento na simulação por MEF. Essa variação é preocupante pois a matriz K é uma propriedade básica para todos os cálculos estruturais que utilizam o MEF. Assim simulações feitas com o arquivo convertido em STEP podem gerar resultados inconsistentes e errados na simulação destes.

Apesar da transferência não ser de 100% eficiente, a metodologia de intercambialidade através do STEP é uma proposta menos custosa e com objetivos amplos de transferência do arquivo em toda cadeia produtiva, o que as outras metodologias não agregam.



Este relatório é importante para que se possam encontrar as falhas na conversão de arquivos visando a desenvolver um arquivo neutro capaz de conter todas as informações necessárias para uma troca de dados eficiente entre os diferentes sistemas de CAD/CAM.



8. Referências

ASME Y14.41. **Digital Product Definition Data Practices**, American Standard, 2003

CHANG, T.C.; WYSK, R.A.; WANG, H.P.. **Computer Aided Manufacturing**, Prentice Hall International, Second edition.

LOFFREDO, D..**Fundamentals to STEP Implementation**,

URL: <http://www.steptools.com/library/fundimpl.pdf>

NASA Home Page, **STEP for System Engineers**. URL: <http://step.nasa.gov/>

NIST Home Page. **Welcome to ISO TC184/SC4 Developers of International Industrial Data Standards**. URL: <http://www.nist.gov/sc4> , FEVEREIRO-2000.

PDES INC. Home Page. **STEP Technology**. URL: <http://pdesinc.aticorp.org>

SAE BRASIL. **Engenharia Automotiva**, revista SAE BRASIL nº11, ano3.

SCHUTZER, I.K.; HENRIQUES, J.. **Avaliação do Sistemas CAD UNIGRAPHICS Para a Melhora da Eficiência na Troca de Dados Através da STEP AP214**. URL: http://www.unimep.br/feau/scpm/Artigo_EME_2003_Joselito.pdf



SCHUTZER, I.K.; MOURA, A.A.. Desenvolvimento Integrado do Produto Utilizando as Normas STEP – ISO10303.

URL: <http://www.propg.ufscar.br/publica/4jc/posgrad/resumos/0279-moura.htm>

STEPTOOLS Home Page, **ISO STEP Standard**,

URL: http://www.steptools.com/library/standard/iso_step_standards.html

STEPTOOLS Home Page, **Introduction to STEP** ,

URL http://www.steptools.com/library/standard/introduction_to_step.html

SUGAWARA, E.; BRAGA, L.J.. **Transferência de Dados em Sistemas CAD/CAM**,

Trabalho de Formatura da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.



APÊNDICES



APÊNDICE A – Entidades suportadas pelo formato IGES

NÚMERO ID	NOME
ENTIDADES GEOMÉTRICAS	
100	Arco circular
102	Curva composta
104	Arco cônico
106	Dado para cópia
108	Plano
110	Linha
112	Curva spline paramétrica
114	Superfície spline paramétrica
116	Ponto
118	Superfície "ruled"
120	Superfície de revolução
122	Cilindro tabulado
124	Matriz de transformação
125	"Flash"
126	Curva racional b-spline
128	Superfície racional b-spline
130	Curva "offset"
132	Ponto de conexão
134	Nodo
136	Elemento finito
138	Deslocamento nodal e rotação
140	Superfície "offset"
142	Curva sobre uma superfície paramétrica
144	Superfície paramétrica "trimmed"
ENTIDADES DE ANOTAÇÃO	
202	Dimensão angular
206	Diâmetro angular
208	Nota sinalizada
210	Rótulo geral
212	Nota geral
214	"Leader" (seta)
216	Dimensão linear
218	Dimensão ordinária
220	Dimensão pontual
222	Dimensão radial
228	Símbolo geral
230	Área seccionada
ENTIDADES DE ESTRUTURAS	
302	Definição de associatividade
304	Definição da fonte da linha
306	Definição de macro
308	Definição de sub-figura
310	Definição da fonte do texto
312	Modelo de exibição do texto
314	Definição de cor



ANEXOS



ANEXO A – Exemplo de código DXF

0	0	9	50	40	0	TEXT
SECTION	9	SECTIONPOINT	0.0	9.0	77	70
2	SECTION	10	VEORT	41	0	0
HEADER	10	0	70	2.891.004	78	0
9	0.0056	20	2	42	0	ENDTAB
SECTION	40	0	0	00.0	0	0
1	SECTION	4	VEORT	43	SECTION	SECTION
SECTION	40	SECTION	2	0.0	0	0
4	0.0056	40	SECTION	44	TABLE	SECTION
SECTION	0	0	70	0.0	2	2
4	SECTION	4	0	40	TYPE	SECTION
9	0	SECTION	10	71	70	0
4	TABLE	20	0.0	0	7	SECTION
SECTION	2	0	0.0	40	0	0
10	LAYER	0	0.0	0.0	TYPE	SECTION
SECTION	70	SECTION	1	3	2	2
20	1	70	1.0	EXT	CONNECTION	SECTION
SECTION	0	5	21	4	70	40
4	LAYER	0	1.0	0	54	0.0056
SECTION	2	SECTION	12	SECTION	4	40
42	LAYER	0	1.0056	0	Description	0.0056
9	70	SECTION	22	TABLE	Text	40
9	0	2	4.5	2	72	0.0056
SECTION	60	TABLE	13	VIEW	65	0
6	0	0	0.0	70	73	TYPE
SECTION	6	TABLE	23	0	0	2
4	7	2	0.0	0	40	LAYER
SECTION	20	SECTION	14	ENDTAB	0	70
6	70	0	1.0	0	0	60
LAYER	9	SECTION	24	TABLE	TYPE	4
8	SECTION	0	1.0	3	2	Description
SECTION	0	TABLE	15	005	TABLE	SECTION
16	0	2	0.0	70	70	72
9	9	STYLE	25	0.0	54	60
20	SECTION	70	0.0	0	4	60
1	10	0	0.0	71	Description	0
9	0.0056	0	0.0	71	Text	40
SECTION	10	STYLE	26	0	70	0.0056
10	0.0056	2	0.0	70	65	40
9	9	SECTION	36	100	73	0.0056
20	SECTION	0	1.0	73	2	40
10	70	20	17	1	0	0
9	1	0	0.0	74	0	SECTION
SECTION	0	40	27	1	0	2
10	SECTION	0.0	0.0	75	0	SECTION
0	70	41	37	0	TABLE	SECTION
20	0	1.0	0.0	76	2	70
41	70	20	0.0056	10	Description	0
4	64	0.0056	10	0.0056	Text	SECTION
Description	1	70	0.0056	40	72	60
Text	Description	0	40	0.0056	65	7
72	Text	11	0.0056	59	73	10
40	72	1.0056	0	0.0056	6	1.0056
10	70	21	TYPE	40	70	20
21	70	9	2	0.0056	0.0056	7.0056
40	0	0	SECTION	40	40	60
0.0056	TYPE	0	70	0.0056	0.0056	0
40	0	0	60	0	40	40
0.0056	LAYER	SECTION	3	SECTION	0.0056	0.0056
10	0	1	Description	2	40	0
0.0056	CONNECTION	40	Text	TABLE	0.0056	SECTION
0	62	0.0056	72	70	70	0
TYPE	7	40	65	54	6	60
20	10	0.0056	71	3	LAYER	SECTION
TABLE	0.0056	40	4			

ANEXO B – Exemplo de arquivo IGES

IGES file generated from a Canvas[®] drawing by the IGES tool, version 3.0 20000001
 14, from Neovia Software Inc. 00000002, 10000001 1, 14000001 1, 10000001
 3.0, 14000001 1, 32, 38, 00000016, 39, 15, 10000001 1, 1, 1, 400000, 32767, 1, 7579,
 13091015, 142254, 1, 01-2, 000000029, 7222, 10000001, Revised by Finner, 20000001
 Software Inc., 7.0; 00000001

304	1	1			0 0 2 010000001
304		1	2		00000002
304	2	3			0 0 2 020000003
304		1	2		030000004
304	3	5			0 0 2 040000005
304		1	2		00000006
304	4	7			0 0 2 000000007
304		1	2		00000008
304	5	9			0 0 2 000000009
304		1	2		00000010
304	6	11			0 0 2 000000011
304		1	2		00000012
110	7	1	1	1	0 0 0 100000013
110	227	1	1		00000014
104	8	1	1	1	0 0 0 100000015
104	227	1	2	1	00000016
304, 2, 0.1333, 0.1389, 10A;					100000031
304, 2, 0.1333, 0.0556, 10A;					200000032
304, 2, 0.2778, 0.0833, 10A;					500000003
304, 4, 0.2778, 0.0556, 0.0833, 0.0556, 10A;					700000004
304, 4, 0.3333, 0.1111, 0.1111, 0.1111, 10A;					900000005
304, 6, 0.3333, 0.0556, 0.0833, 0.0556, 0.0833, 0.0556, 20A;					1100000006
110, 0.0028, 0.0072, 0.1, 0.04, 0, 0;					1300000007
104, 0.1254, 0.0, 0.1254, -0.3223, -1.0459, 7.7382, 0.1, 0.005, 0.1111;					1500000008
1, 2817.8, 1111;					1500000009
500000020000000310000001400000002					70000001



ANEXO C – Exemplo de arquivo STEP

```
ISO-10303-21;
HEADER;
/* Exchange file generated using ST-DEVELOPER 1.6 */
FILE_DESCRIPTION((''),'2;1');
FILE_NAME('exemplo_step203','2000-04-19T10:03:22-03:00',(
'Raimundo Ricardo Matos da Cunha'),('EMC - CTC - UFSC'),
'ST-DEVELOPER 1.6','MicroStation/J Version 07.01.00.62',
'Exemplo para o texto do estudo dirigido');
FILE_SCHEMA (('CONFIG_CONTROL_DESIGN'));
ENDSEC;
DATA;
#10=MANIFOLD_SURFACE_SHAPE_REPRESENTATION(
'Manifold Surface Shape Representation',(#11),#30);
#11=SHELL_BASED_SURFACE_MODEL('',(#12));
#12=OPEN_SHELL('',(#13));
#13=ADVANCED_FACE('',(#19),#14,.T.);
#14=PLANE('',#15);
#15=AXIS2_PLACEMENT_3D('',#16,#17,#18);
#16=CARTESIAN_POINT('',(595.82816,-136.91578,0.));
#17=DIRECTION('',(0.,0.,1.));
#18=DIRECTION('',(1.,0.,0.));
#19=FACE_BOUND('',#20,.T.);
#20=EDGE_LOOP('',(#21));
#21=ORIENTED_EDGE('',*,*,#22,.T.);
#22=EDGE_CURVE('',#23,#23,#25,.T.);
#23=VERTEX_POINT('',#24);
#24=CARTESIAN_POINT('',(637.72849572449,-109.632784083587,0.));
#25=CIRCLE('',#26,50.);
#26=AXIS2_PLACEMENT_3D('',#27,#28,#29);
#27=CARTESIAN_POINT('',(595.82816,-136.91578,0.));
#28=DIRECTION('',(0.,0.,1.));
#29=DIRECTION('',(0.838006714489801,0.545659918328265,0.));
#30=(
GEOMETRIC_REPRESENTATION_CONTEXT(3)
GLOBAL_UNCERTAINTY_ASSIGNED_CONTEXT((#37))
GLOBAL_UNIT_ASSIGNED_CONTEXT((#36,#31,#35))
REPRESENTATION_CONTEXT('Based on DGN file units settings',' ')
);
#31=(
CONVERSION_BASED_UNIT('DEGREE',#33)
NAMED_UNIT(#32)
PLANE_ANGLE_UNIT()
);
#32=DIMENSIONAL_EXPONENTS(0.,0.,0.,0.,0.,0.,0.);
#33=PLANE_ANGLE_MEASURE_WITH_UNIT(PLANE_ANGLE_MEASURE(0.0174532925199433),
#34);
#34=(
NAMED_UNIT(*)
PLANE_ANGLE_UNIT()
SI_UNIT($,.RADIAN.)
);
#35=(
NAMED_UNIT(*)
SI_UNIT($,.STERADIAN.)
SOLID_ANGLE_UNIT()
);
```



```
#36=(
LENGTH_UNIT()
SI_UNIT(.MILLI.,.METRE.)
);
#37=UNCERTAINTY_MEASURE_WITH_UNIT(LENGTH_MEASURE(2.1474836475E-007),#36,
'distance_accuracy_value','');
#38=DESIGN_CONTEXT('detail',#39,'design');
#39=APPLICATION_CONTEXT('');
#40=APPLICATION_PROTOCOL_DEFINITION('','config_control_design',1994,#39);
#41=PRODUCT_DEFINITION('','',#42,#38);
#42=PRODUCT_DEFINITION_FORMATION_WITH_SPECIFIED_SOURCE('','',#43,.NOT_KNOWN
.);
#43=PRODUCT('exemplo_iges1','',',(#51));
#44=PRODUCT_RELATED_PRODUCT_CATEGORY('detail','',(#43));
#45=MECHANICAL_CONTEXT('',#39,'mechanical');
#46=PERSON_AND_ORGANIZATION(#47,#48);
#47=PERSON('DO1','',',$,,$,$);
#48=ORGANIZATION('','',');
#49=PERSON_AND_ORGANIZATION_ROLE('design_owner');
#50=CC_DESIGN_PERSON_AND_ORGANIZATION_ASSIGNMENT(#46,#49,(#43));
#51=MECHANICAL_CONTEXT('',#39,'mechanical');
#52=PERSON_AND_ORGANIZATION(#53,#54);
#53=PERSON('PCR1','',',$,,$,$);
#54=ORGANIZATION('','',');
#55=PERSON_AND_ORGANIZATION_ROLE('creator');
#56=CC_DESIGN_PERSON_AND_ORGANIZATION_ASSIGNMENT(#52,#55,(#42));
#57=PERSON_AND_ORGANIZATION(#58,#59);
#58=PERSON('DSU1','',',$,,$,$);
#59=ORGANIZATION('','',');
#60=PERSON_AND_ORGANIZATION_ROLE('design_supplier');
#61=CC_DESIGN_PERSON_AND_ORGANIZATION_ASSIGNMENT(#57,#60,(#42));
#62=CC_DESIGN_APPROVAL(#63,(#42));
#63=APPROVAL(#64,'');
#64=APPROVAL_STATUS('approved');
#65=APPROVAL_DATE_TIME(#66,#63);
#66=DATE_AND_TIME(#67,#68);
#67=CALENDAR_DATE(1997,11,7);
#68=LOCAL_TIME(0,0,0.,#69);
#69=COORDINATED_UNIVERSAL_TIME_OFFSET(0,0,.AHEAD.);
#70=APPROVAL_PERSON_ORGANIZATION(#71,#63,#74);
#71=PERSON_AND_ORGANIZATION(#72,#73);
#72=PERSON('DAI1','',',$,,$,$);
#73=ORGANIZATION('','',');
#74=APPROVAL_ROLE('');
#75=CC_DESIGN_SECURITY_CLASSIFICATION(#76,(#42));
#76=SECURITY_CLASSIFICATION('','',#77);
#77=SECURITY_CLASSIFICATION_LEVEL('unclassified');
#78=CC_DESIGN_APPROVAL(#79,(#76));
#79=APPROVAL(#80,'');
#80=APPROVAL_STATUS('approved');
#81=APPROVAL_DATE_TIME(#82,#79);
#82=DATE_AND_TIME(#83,#84);
#83=CALENDAR_DATE(1997,11,7);
#84=LOCAL_TIME(0,0,0.,#85);
#85=COORDINATED_UNIVERSAL_TIME_OFFSET(0,0,.AHEAD.);
#86=APPROVAL_PERSON_ORGANIZATION(#87,#79,#90);
#87=PERSON_AND_ORGANIZATION(#88,#89);
#88=PERSON('SCA1','',',$,,$,$);
#89=ORGANIZATION('','',');
#90=APPROVAL_ROLE('');
```




```
#91=CC DESIGN DATE AND TIME ASSIGNMENT(#92,#96, (#76));
#92=DATE AND TIME(#93,#94);
#93=CALENDAR DATE(1997,11,7);
#94=LOCAL TIME(0,0,0.,#95);
#95=COORDINATED UNIVERSAL TIME OFFSET(0,0,.AHEAD.);
#96=DATE TIME ROLE('classification_date');
#97=PERSON AND ORGANIZATION(#98,#99);
#98=PERSON('SC01',' ',' ','$,$,$);
#99=ORGANIZATION(' ',' ',' ');
#100=PERSON AND ORGANIZATION ROLE('classification_officer');
#101=CC DESIGN PERSON AND ORGANIZATION ASSIGNMENT(#97,#100, (#76));
#102=CC DESIGN DATE AND TIME ASSIGNMENT(#103,#107, (#41));
#103=DATE AND TIME(#104,#105);
#104=CALENDAR DATE(1997,11,7);
#105=LOCAL TIME(0,0,0.,#106);
#106=COORDINATED UNIVERSAL TIME OFFSET(0,0,.AHEAD.);
#107=DATE TIME ROLE('creation_date');
#108=PERSON AND ORGANIZATION(#109,#110);
#109=PERSON('DAP1',' ',' ','$,$,$);
#110=ORGANIZATION(' ',' ',' ');
#111=PERSON AND ORGANIZATION ROLE('creator');
#112=CC DESIGN PERSON AND ORGANIZATION ASSIGNMENT(#108,#111, (#41));
#113=CC DESIGN APPROVAL(#114, (#41));
#114=APPROVAL(#115, '');
#115=APPROVAL STATUS('approved');
#116=APPROVAL DATE TIME(#117,#114);
#117=DATE AND TIME(#118,#119);
#118=CALENDAR DATE(1997,11,7);
#119=LOCAL TIME(0,0,0.,#120);
#120=COORDINATED UNIVERSAL TIME OFFSET(0,0,.AHEAD.);
#121=APPROVAL PERSON ORGANIZATION(#122,#114,#125);
#122=PERSON AND ORGANIZATION(#123,#124);
#123=PERSON('API1',' ',' ','$,$,$);
#124=ORGANIZATION(' ',' ',' ');
#125=APPROVAL ROLE(' ');
#126=PRODUCT DEFINITION SHAPE(' ',' ',#41);
#127=SHAPE DEFINITION REPRESENTATION(#126,#10);
ENDSEC;
END-ISO-10303-21;
```



ANEXO D – STEP on a page

ISO TC184 SC4

STEP on a Page

ISO 10303

APPLICATION PROTOCOLS AND ASSOCIATED ABSTRACT-TEST SUITES

I 201 Explicit draughting [ATS 301 = X]
I 202 Associative draughting [X]
I 203 Configuration-controlled design (e2=1, e1=1) [X]
I 204 Mechanical design using boundary rep [I]
X 205 Mechanical design using surface rep [W]
X 206 Mechanical design using wireframe [X]
I 207 Sheet metal die planning and design [I]
X 208 Life-cycle product change process [X]
I 209 Composite & metal structural anal & related design [X]
I 210 Electronic assy, interconnection & packaging design [X]
X 211 Electronic P-C assy test, diag, & remanuf [X]
I 212 Electrotechnical design and installation [C]
X 213 Num control (NC) process plans for mach'd parts [X]
I 214 Core data for automotive mech design processes [I]
E 215 Ship arrangement [X]
E 216 Ship moulded forms [X]
X 217 Ship piping [X]
E 218 Ship structures [X]
X 219 Dimension inspection [X]
O 220 Proc. plg, mfg, assy of layered electrical products [X]

C 221 Functional data & their schem rep for process plant [X]
X 222 Design-manuf for composite structures [W]
X 223 Exch of design & mfg product info for cast parts [C]
I 224 Mech pdt del for p. plg using mach a p. feat (e2=X, e3=A) [X, A]
X 225 Ship mechanical systems [C]
I 227 Plant spatial configuration e2=C [X]
X 228 Building services: HVAC [X]
X 229 Design & mfg product info for forged parts [X]
X 230 Building structural frame steelwork [X]
X 231 Process-engineering data [X]
I 232 Mechanical data packaging: core info & exch [I]
W 233 Systems engineering data repr (to be PAS 2042) [X]
X 234 Ship operational logs, records, and messages [X]
W 235 Materials info for des and verif of products [X]
W 236 Furniture product and project data [W]
W 237 Computational Fluid Dynamics
A 238 Computer numerical controllers
W 239 Product life-cycle support
W 240 Process plans for machined products

COMMON RESOURCES (with 13584-20 logic model of expr.(I) and 15531-42 Time (W))

APPLICATION MODULES (Technical specifications)

Because there are many of these planned SOAP has been forced to be SOAP 5. STEP on a page and a half. For their listing, please access the file via the SOAP home page

Legend: TS Status

0-10 = O: prep -> appt for ballot
10-20 = A: NP ballot -> NP appt
20-40 = D: DIS dev -> reg as TS
40-60 = T: TS Published

INTEGRATED APPLICATION RESOURCES

I 101 Draughting (e1=1)	X 106 Building core model
X 102 Ship structures	C 107 Finite-element analysis definition relationships
X 103 Electrical connectivity	C 108 Predefined constraints for expl geom prod mds
I 104 Finite element analysis	W 109 Assembly model for products
I 105 Kinematics (e1=1, e2=1)	W 110 Mesh-based computational fluid dynamics

INTEGRATED GENERIC RESOURCES

I 41 Fund of prod des & sp (e2=1, e1=1)	I 47 Tolerances (e1=1)
I 42 Geom & top rep (e3=1, e2=1, e5=1)	X 48 Form features
I 43 Repres specialization (e2=1, e1=1, e2=1)	I 49 Process structure & properties
I 44 Product struct config (e2=1, e1=1)	I 50 Mathematical constructs
I 45 Materials (e1=1)	I 51 Mathematical description
I 46 Visual presentation (e1=1, e2=1)	W 52 Mesh-based topology
	W 53 Numerical Analysis

APPLICATION-INTERPRETED CONSTRUCTS

I 501 Edge-based wireframe	I 512 Faceted B-representation
I 502 Shell-based wireframe	I 513 Elementary B-rep
I 503 Geom-bounded 2D wireframe	I 514 Advanced B-rep
I 504 Draughting annotation	I 515 Constructive solid geometry
I 505 Drawing structure & admn	X 516 Mechanical-design context
I 506 Draughting elements	I 517 Mech-design geom presentation (e1=1)
I 507 Geom-bounded surface	I 518 Mech-design shaded presentation
I 508 Non-manifold surface	I 519 Geometric tolerances (e1=1)
I 509 Manifold surface	I 520 Assoc draughting elements
I 510 Geom-bounded wireframe	X 521 Manifold sub-surfaces
I 511 Topological-bounded surface	E 522 Machining features

IMPLEMENTATION METHODS

I 21 Clear-text encoding exch str (e1=1, e2=1)	C 25 EXPRESS to OMG XML
I 22 Standard data access interface	X 26 IDL language binding (to #22)
I 23 C++ language binding (to #22)	I 27 JAVA language binding (to #22)
I 24 C language binding (to #22)	X 28 XML rep for EXPRESS-schemata & data
	X 29 Java binding (to #22) (DTS)

1. Overview and fundamental principles
2. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-2)
3. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-3)
4. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-4)
5. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-5)
6. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-6)
7. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-7)
8. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-8)
9. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-9)
10. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-10)
11. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-11)
12. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-12)
13. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-13)
14. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-14)
15. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-15)
16. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-16)
17. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-17)
18. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-18)
19. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-19)
20. EXPRESS language reference (e1=1, e2=C, e3=C, e4=X, ISO 10303-20)

CONFORMANCE TESTING METHODOLOGY & FRAMEWORKS

1. General concepts
2. Requirements on testing tools and clients
3. Software and use of abstract test suites
4. Abstract test methods for Part 1 implementation
5. Abstract test methods for Part 2 implementation

Legend: Part Status (I, E, I safe to implement)

0 = Preliminary Stage (Proposal) - appr for NP ballot

10 = Proposal Stage (NP ballot circ) - NP approval

20 = Preparatory Stage (Wkly Draft devel) - CD regis

30 = Committee Stage (CD circulation) - DIS regis

40 = Enquiry Stage (DIS circ) - I DIS registration

50 = Approval Stage (DIS circ) - I DIS regis

60 = At ISO, approved for publication (ISO status 40, 50, or 60)

70 = Publication Stage (let I be published)

98 = Project withdrawn

Legend: TS Status

0-10 = O - prep - - - - - for ballot
 10-20 = A - NP ballot - - - - - NP approval
 20-30 = D - DIS devel - - - - - reg as TS
 30-40 = T - TS Published



ISO TC184 SC4

STEP on a Page

ISO 10303

COMMON RESOURCES (with 13584-20 Logical model of expressions (L) and 15531-42 Time model (W))

APPLICATION MODULES (Technical specifications)

T 1001 Appearance assignment T 1002 Colour T 1003 Curve appearance T 1004 Elemental shape T 1005 Elemental topological shape T 1006 Foundation representation T 1007 General surface appearance T 1008 Layer assignment T 1009 Shape, appearance and layers D 1010 Date time D 1011 Person organisation D 1012 Approval D 1013 Person organisation assignment D 1014 Date time assignment D 1015 Security classification D 1016 Product categorisation D 1017 Product identification D 1018 Product version D 1019 Product view definition D 1020 Product version structure D 1021 Identification assignment D 1022 Part and version identification D 1023 Part view definition D 1024 Product structure D 1025 Alias identification D 1026 Part structure D 1027 Part occurrence D 1028 Geometric shape and topology D 1029 Boundary representation model D 1030 Property assignment D 1031 Property representation D 1032 Shape property assignment D 1033 Shape property representation D 1034 Product view definition properties D 1035 Product view definition structure properties D 1036 Independent property D 1037 Independent property usage D 1038 Independent property representation D 1039 Geometric validation property representation D 1040 Process property assignment	D 1041 Product view definition structure D 1042 Work request D 1043 Work order D 1044 Certification D 1045 Solid model D 1046 Product replacement D 1047 Activity D 1049 Activity method D 1054 Value with unit D 1055 Part definition relationship D 1056 End item identification D 1057 Effectivity D 1058 Configuration effectivity D 1059 Effectivity application D 1060 Product concept identification D 1061 Project D 1062 Contract D 1064 Event D 1065 Time interval D 1066 Constructive solid geometry D 1068 Constructive solid geometry 3D D 1069 Faceted boundary representation model D 1118 Measure representation D 1121 Document and version D 1122 Document assignment D 1123 Document definition D 1124 Document structure D 1125 File properties D 1126 Document properties D 1127 File identification D 1128 External item identification assignment D 1501 Edge based wireframe D 1502 Shell based wireframe D 1507 Geometrically bounded surface D 1509 Manifold surface D 1510 Geometrically bounded wireframe D 1511 Topologically bounded surface D 1512 Faceted boundary representation D 1514 Advanced boundary representation
--	--

Legend: TS Status

0-10 =O=prop->apvl for ballot
10-20=A=NP btl circ->NP apvl
20-60=D=DTS dev->reg as TS
>60 =T=TS Published



ISO TC184 SC4

STEP on a Page

ISO 10303

STEP on a Page provides a graphic summary of the progress of STEP, Standard for the Exchange of Product Model Data, the familiar name for ISO 10303. ISO TC184 SC4, Industrial Automation Systems and Integration/Industrial Data develops the STEP standard.

Status of STEP Parts

Every part shown in the STEP on a Page has its status shown beside it. The status designators vary from "O" (the ISO preliminary stage) to "I" (International Standard - the stage in which the standard is published). Parts designated as "E, F" (levels of Draft International Standard) and "I" are considered advanced enough to allow software vendors to prepare implementations. The legend at the bottom of the page lists the corresponding ISO-project stage numbers next to the letter code.

Architecture of STEP

STEP on a Page attempts to show the STEP architecture by grouping the STEP parts into five main categories: description methods, implementation and conformance methodology, common resources, abstract test suites, and application protocols.

Description Methods

From an architectural perspective, the description methods group forms the underpinning of the STEP standard. This includes part 1, Overview, which also contains definitions that are universal to the STEP. Also in that group, part 11, EXPRESS Language Reference Manual, describes the data modeling language that is employed in STEP. Parts in the descriptive methods group are numbered from 1 to 19.

Implementation & Conformance

The STEP implementation methods group, the 20s series, describes the mapping from STEP formal specifications to a representation used to implement STEP.

The conformance-testing-

methodology-framework group, the 30s series, provides information on methods to test software-product conformance to the STEP standard, guidance for creating abstract-test suites, and the responsibilities of testing laboratories. The STEP standard is unique in that it places a very high emphasis on testing, and actually includes these methods in the standard itself.

Common Resources
(IR, AIC, and AM)

At the next level is the common-resources group, the parts that contain the generic STEP-data models. The common resources were formerly called integrated-information resources. These data models can be considered the building blocks of STEP, and they can help AP integration and interoperability because entities in the common-resources group are shareable across the application protocols that need them.

Categories of common resources are generic resources, application resources, and application-interpreted constructs, application modules, plus the Logical model of ISO 13584-20 and the Time model of ISO 15531-42. Integrated-generic resources are generic entities that are used as needed by application protocols (AP below). Parts within generic resources have numbers between 40 and 60, and are used across the entire spectrum of STEP APs. The integrated-application resources contain entities that have slightly more context than the generic entities. The parts in the integrated-application resources are numbered in the 100s.

The 500 series are application-interpreted constructs, AICs. These are reusable groups of information-resource entities that make it easier to express identical semantics in more than one AP.

Application Modules are reusable groups of functional information requirements of applications that extend the AIC capability. The

functional groups, defined in enterprise-application terms, are aligned with groups of integrated-generic resources. The application modules comprise the 1000 series of parts, which are technical specifications that achieve consensus at the Committee stage. AMs offer an opportunity to represent functional capability in multiple APs with a lower standards-development cost.

Abstract-Test Suites (ATS)

The 300 series of parts, abstract-test suites, consists of test data and criteria that are used to assess the conformance of a STEP software product to the associated AP. SC4 requires that every AP contain or be associated with an abstract-test suite. The numbers assigned to ATSs exceed the AP numbers by exactly 100. Therefore, ATS 303 applies to AP203. On the graphic, the ATS status is shown in brackets, [], following the AP name.

Application Protocols (AP)

At the top level of the STEP hierarchy are the more complex data models used to describe specific product-data applications. These parts are known as application protocols and describe not only what data is to be used in describing a product, but also how the data is to be used in the model. The APs use the integrated-information resources in well-defined combinations and configurations to represent a particular data model of some phase of product life. APs are numbered in the 200s. APs currently in use are the Explicit Drafting AP 201 and the Configuration Controlled Design AP 203.

0000 00
STEP on a Page was conceived
and implemented by Jim Nell,
National Institute of Standards and
Technology. Updated 01-June-07