



EXPLORAÇÃO AUTOMÁTICA DE PROJEÇÕES ORTOGONAIS EM CAD PARA RECONSTRUÇÃO DE PEÇAS MANUFATURADAS

Jean C. Ferreira Costa

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Mecânica

jean@dem.ufrn.br – Natal, RN, Brasil

Ângelo Roncalli Oliveira Guerra

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Mecânica

angelo@dem.ufrn.br – Natal, RN, Brasil

Resumo. Desde o século XIX que a técnica de projeções ortográficas vem sendo empregada para a representação de formas tridimensionais. A indústria utiliza este recurso para arquivar informações a respeito da forma geométrica e detalhes relacionados à fabricação de seus produtos. Com o surgimento do CAD (Computer Aided Design) estas informações passaram a ser gravadas em arquivos digitais. Atualmente, sistemas CAD mais avançados oferecem, através de técnicas de modelagem sólida, informações de volume, propriedades de massa, etc. informações estas, de extrema importância para análise de peças por elementos finitos e fabricação automática em modernas máquinas CNC. Para disponibilizarmos todos esses avanços aos antigos arquivos CAD 2D, torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas de reconstrução de sólidos a partir das informações gravadas em arquivos contendo desenhos técnicos em formato digital. Uma importante etapa para alcançarmos esse objetivo é a forma de leitura e interpretação das informações que podem ser obtidas a partir das projeções ortogonais. Propomos então uma nova maneira de obtenção e tratamento dessas informações, empregando técnicas de programação computacional orientada a objetos, visando a reconstrução de modelos sólidos B-rep (Boundary Representation) por métodos baseados em volume, resultando também em uma estrutura que permite fácil adaptação a um sistema de reconhecimento de features.

Palavras-chave: CAD/CAM, Modelagem, Reconstrução de Sólidos

1. INTRODUÇÃO.

A representação de componentes de engenharia e projetos arquitetônicos tem sido feita, desde o século XIX, através de técnicas de projeção de vistas, sendo a mais usual em engenharia mecânica, a projeção ortogonal. A essas representações, bem como as técnicas de desenho em perspectiva, chamamos desenho técnico.

Com a intensificação da normatização verificada principalmente após a criação da ISO (*International Standard Organization*) em 1947, os desenhos técnicos adquiriram um caráter de linguagem mundial para a representação gráfica de produtos e possibilitam, portanto, por meio de um conjunto de linhas, números, símbolos e indicações escritas, fornecer informações sobre a função, forma, dimensões e material de um dado objeto.

Por volta de 1965, com a substituição dos circuitos transistorizados pelos circuitos integrados miniaturizados, surge a chamada 3ª geração de computadores, causando uma nova revolução na velocidade de processamento de informações. Inicia-se então, uma nova fase para os desenhistas industriais e projetistas, que passaram a trabalhar de forma mais rápida e eficiente em computadores - deixando de lado instrumentos e mesas de desenho antes de vital importância - mudou também a forma de armazenar as informações que passou para a forma digital acondicionada inicialmente em películas magnéticas.

No início da década de 70 surgiu a modelagem sólida que representou um marco em modelagem geométrica, na medida em que passou a permitir a criação de componentes tridimensionais complexos com facilidade. Esta tecnologia dotou os sistemas CAD com a possibilidade de atrelar à representação dos objetos, informações referentes a propriedades físicas e geométricas (peso, centro de gravidade, momentos de inércia, etc.) superando a forma tradicional de representação de desenho técnico (vistas ortográficas), além de conferir aos objetos modelados, através de um módulo de visualização gráfica, tamanho realismo que se pode dizer que esses softwares colocam a nossa disposição a forma digital do objeto real.

No entanto, muitas empresas ainda guardam informações a respeito da definição de seus produtos em arquivos de desenhos representando vistas ortogonais. Diante desta realidade, vários pesquisadores têm voltado suas atenções para o desenvolvimento de algoritmos eficientes destinados a converter essas informações em modelos sólidos. Nosso trabalho objetiva desenvolver um método de reconstrução de sólidos, orientado a volume, a partir de vistas ortográficas, armazenadas em arquivos DXF (*Drawing Interchange Format*), utilizando o modelador de sólidos ACIS (versão 6.0).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Existem duas maneiras para se criar objetos em sistemas CAD. A mais usual é fundamentada em descrever e manipular volumes básicos 3D para definir objetos complexos seja através da aplicação direta de operações Booleanas e transformações 3D em sistemas de modelagem convencional, como o popular AutoCad, ou através de modernas técnicas como a modelagem baseada em features (sistemas FBD - *Features Based Design*), utilizada no Pro-Engineer (Parametric Technology Corporation). O outro método consiste em interpretar desenhos técnicos e gerar o sólido correspondente. Alguns pacotes comerciais já trazem esta opção para geração de peças, no entanto, os métodos até então desenvolvidos trazem tantas restrições no que se refere a sua aplicação, que ainda se considera o problema como sem solução prática.

Tombre (1997), cita como principais dificuldades para a conversão de desenhos 2D em representações 3D:

1. a grande complexidade dos algoritmos genéricos. Há a necessidade de se trabalhar com algoritmos heurísticos ou algum outro método mais eficiente para desenhos mais complexos.
2. Os algoritmos são puramente geométricos, entretanto, desenhos técnicos também contêm informações simbólicas.
3. quando se trabalha com documentos escaneados ocorrem erros em todos os estágios, esses erros devem ser avaliados e/ou corrigidos no processo de reconstrução.

A idéia de se gerar peças a partir de representações 2D não é nova e surgiu da necessidade de se atrelar aos antigos projetos representados em documentos de desenhos técnicos ou representações ortogonais em arquivos digitais, as várias vantagens possibilitadas através da tecnologia de modelagem 3D. Vantagens essas como por exemplo, cálculos automáticos de propriedades de massa e geométricas, análise por elementos finitos, simulação em realidade virtual, etc. Também não podemos nos esquecer da grande importância do desenho técnico para a indústria, por se tratar de uma linguagem internacional utilizada por engenheiros e técnicos nos mais diversos países.

Existem duas maneiras para gerar peças a partir de desenhos técnicos. A primeira utiliza elementos simples como linhas, pontos de interseção de linhas e silhuetas. Cada elemento é identificado e comparado com outros elementos de outras vistas até se verificar a relação entre estes. Então, vértices e arestas são montadas e faces são estabelecidas formando um modelo de fronteiras do objeto representado. Muitos pesquisadores têm dado atenção a este procedimento.

O primeiro a sugerir uma implementação para este método foi Idesawa (1973). Os principais passos de seu algoritmo podem ser resumidos da seguinte forma:

- gerar vértices a partir de vértices 3D
- gerar arestas 3D a partir de vértices 3D
- gerar faces 3D a partir de arestas 3D
- montar todas as faces geradas para formar o objeto 3D.

Markowsky e Wesley (1980) implementaram um algoritmo que reconstruía sólidos poliédricos a partir de um modelo de arame e, mais tarde [Markowsky e Wesley (1981)], expandiram esse método para gerar poliedros a partir da interpretação de um conjunto de três vistas ortogonais passando por um wire-frame intermediário.

Preiss (1981) sugeriu um método que seguia, em linhas gerais, o método implementado por Idesawa, ou seja, ele criava as entidades 3D (vértices, arestas e faces) diretamente a partir das formas e informações do desenho técnico, culminando com a montagem do objeto espacial de faces planas.

Aldefeld (1983), criou um algoritmo que se fundamentava em interpretar uma peça mecânica como uma composição de vários objetos elementares isolados caracterizados por possuírem espessuras uniformes. Neste método, os objetos elementares são construídos separadamente pela análise direta das vistas e montados para formar a representação tridimensional.

Entre os trabalhos mencionados acima, o de Markowsky e Wesley (1981) teve maior repercussão, a partir deste vários outros, baseados no "*fleshing out projections*" foram implementados: Sakurai e Gossard (1983) que estenderam a gama de sólidos a serem gerados incluindo sólidos possuindo superfícies curvas, Lequette (1988), Yan (1994), Shin, B. e Shin, Y (1998), Kuo (1998).

O segundo método para gerar modelos sólidos a partir de projeções ortogonais é baseado na idéia de representar uma peça como uma composição de volumes elementares. Esses volumes são combinados através de operações Booleanas. Poucas experiências foram realizadas utilizando esse princípio. A principal crítica está na necessidade da geração de sólidos intermediários e do uso de operações Booleanas.

Bin (1986), apresentou um método orientado a volume que trabalhava de forma não automática e gerava modelos CSG. Seu sistema se limitava a um conjunto de volumes primitivos (cubóides, cilindros, cones e esferas) previamente armazenados que seriam escolhidos pelo usuário, de acordo com a comparação de suas vistas com partes do desenho a ser convertido. Logo em seguida, deveria ser atrelado àquele volume primitivo escolhido, um sinal de positivo para o caso de existência de material e negativo para o caso contrário. Ao final da etapa de entrada de dados, o sistema realizava, internamente, operações Booleanas envolvendo todos os sólidos intermediários.

Kargas (1988), criou um processo semi-automático de reconstrução que pode ser resumido da seguinte forma: um bloco principal - blank - é criado, de modo a ter um volume capaz de conter todo o sólido a ser gerado. Sólidos intermediários são criados através da comparação de subconjuntos de linhas com vistas de sólidos primitivos armazenados em um banco de dados. O blank é então "esculpido" resultando em um sólido que tem suas vistas extraídas para que o usuário as compare com as vistas de entrada, se os conjuntos de vistas divergirem, o usuário poderá interferir no processo.

Em métodos orientados a volume, a etapa de identificação de volumes intermediários pode, sem muitas dificuldades, ser adaptada para o reconhecimento automático de features: Meeran e Pratt (1993), Perng, Chen e Li (1990).

4. TRABALHO DESENVOLVIDO

Ao analisarmos, visualmente, um desenho técnico é comum nos determos a subconjuntos de linhas em uma determinada vista e procurarmos, nas outras vistas, por outros subconjuntos que lhes sejam correspondentes. Desta maneira, vamos imaginando formas que correspondem a partes do volume total da peça representada.

Neste trabalho, procuramos não nos afastar desta linha de raciocínio e entendemos que a etapa principal para a reconstrução de sólidos a partir de projeções ortogonais consiste em uma eficiente análise, interpretação e armazenamento de informações. Para isso, utilizando as potencialidades de uma linguagem de programação orientada a objeto (C++), criamos uma biblioteca de classes capaz de representar todo um conjunto de três vistas ortogonais. As classes principais estão descritas abaixo:

- Classe drawing2D: que define um desenho técnico formado por 3 vistas ortogonais.
- Classe view: objetos desse tipo, definem completamente uma vista ortogonal, podendo ser do tipo: TOP_VIEW, FRONT_VIEW e SIDE_VIEW e armazenam todas as linhas da vista organizadas em grupos que são objetos da classe group.
- Classe group: cada grupo possui um índice e armazena o índice do grupo que o antecede (seguindo determinadas regras) e representa um conjunto de linhas (definidas por objetos do tipo line2D). Os grupos são classificados quanto ao seu tipo e posição. Quanto ao tipo teremos: grupos fechados (CLOSE), abertos (OPEN), grupos de linhas não conectadas e paralelas (PARALLEL_LINES_GROUP) e, para o caso da existência de linhas isoladas, linha isolada (ISOLATE_LINE). Quanto ao posicionamento teremos grupos externos (EXTERNAL GROUP) e internos (INTERNAL GROUP).

Classe line2D: define as linhas do desenho e podem ser retas ou arcos elípticos. Cada linha possui uma coordenada inicial para o início da linha e outra final para a outra extremidade. As linhas possuem ainda um atributo que a identifica como contínua ou tracejada.

Classe coordinate: que representa pontos de intersecção no desenho, extremos de linhas, etc.

Criamos também, a **classe primitivos** que será responsável pela armazenagem de elementos necessários a realização da geração de volumes intermediários pelo processo de

extrusão. Esses elementos são: um grupo fechado de linhas, criteriosamente escolhido, e um vetor.

A Fig. 1 mostra um conjunto de 3 vistas ortogonais onde estão identificados o tipo de vista e seus grupos, e a Fig. 2 mostra em detalhes os grupos da vista frontal.

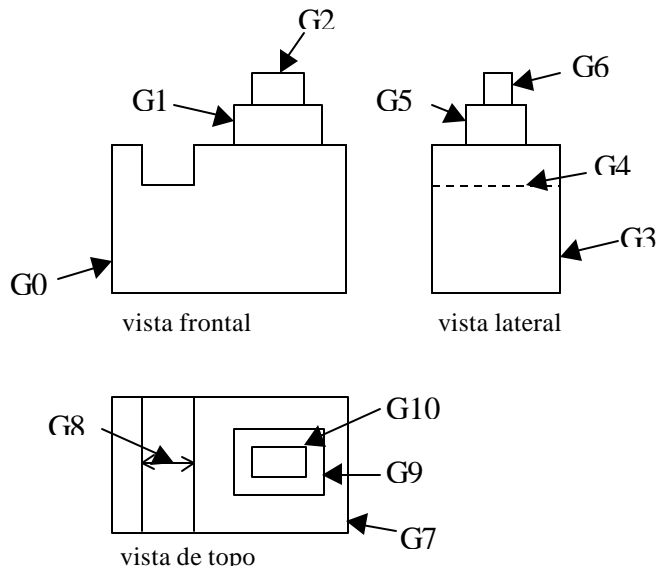


Figura 1 - conjunto de vistas ortogonais: representação em 1º diedro

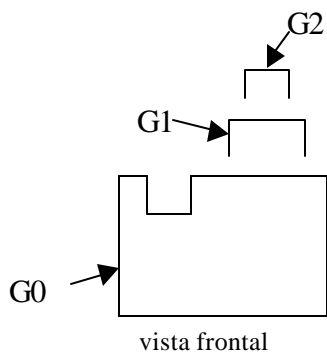


Figura 2 - detalhes da separação em grupos

Em nosso método, os grupos, salvo algumas exceções, constituem as melhores aproximações para as vistas dos sólidos intermediários que gerarão, através de operações Booleanas, o sólido final. Por isso, eles necessitam de uma descrição e exploração bastante detalhada.

A Tabela 1 mostra a organização completa do desenho representado pela Fig. 1. Notem que a última coluna armazena os índices dos grupos ditos como superiores ao grupo em análise. Os grupos superiores são aqueles que contêm, ou interceptam outros grupos, assim, por exemplo, na vista frontal o grupo G1 tem como grupo superior o grupo G0 pois, este possui G1, outro exemplo, na vista lateral o grupo isolado G4 pertence ao grupo G3 logo, G3 é superior a G4 (caso de interseção).

Tabela 1: organização do conjunto de vistas representado pela figura 1

Vista	Grupos	Índice	Nº de linhas	Tipo	Posição	Índices de grupos superiores
Frontal	G0	0	8	fechado	Externo	-1
	G1	1	3	aberto	Externo	0
	G2	2	3	Aberto	Externo	1
Lateral	G3	3	4	fechado	Externo	-1
	G4	4	1	linha isolada	Interno	3
	G5	5	3	aberto	Externo	3
	G6	6	3	aberto	Externo	5
Topo	G7	7	4	fechado	Externo	-1
	G8	8	2	G.l.p.*	Interno	7
	G9	9	4	fechado	Interno	7
	G10	10	4	fechado	Interno	9

(*) G.l.p.: Grupo de linhas paralelas

Analisando a tabela 1, percebemos que cada vista possui um grupo que tem por índices de grupos superiores a eles o valor -1, ou seja, não existem grupos superiores a estes, então, passaremos a denominá-los simplesmente por grupos principais.

Toda esta organização atribuída aos grupos se faz necessário para facilitar a criação de objetos do tipo **primitivos** que, como já vimos, são compostos por um grupo de linhas e um vetor que são os componentes necessários para a realização da geração de um volume intermediário por um processo de extrusão.

A reconstrução do sólido pode ser resumida nas seguintes etapas:

1. Escolha de um dos grupos principais para a realização de uma primeira extrusão: o grupo escolhido será aquele que possuir o maior número de linhas. Isso objetiva reduzir o número de operações Booleanas envolvidas no processo.
2. geração de peças intermediárias utilizando os objetos subvol's. Para esta e a próxima etapa utilizaremos o modelador ACIS versão 6.0 (para PC).
3. Geração do sólido final por meio de operações Booleanas.

A definição das operações Booleanas será em função do reconhecimento de depressões, vazios e protusões ainda na fase de exploração 2D. A redução no número destas operações se dará, também, através da implementação de uma função, para o modelador ACIS, capaz de realizar varreduras simultâneas em mais de um circuito podendo gerar peças furadas e/ou com protusões.

5. CONCLUSÕES

A reconstrução de sólidos por meio de métodos orientados a volume oferece várias vantagens, entre elas, a segurança de resultar sempre em um sólido válido e a simplicidade dos algoritmos implementados, além disso, durante a etapa de reconhecimento de volumes primitivos, o método pode ser orientado para resolver problemas de reconhecimento de "features". Mas, sofre inúmeras críticas pelo fato de utilizar as complicadas operações Booleanas.

Em nosso método, que ainda encontra-se em fase de aperfeiçoamento, reduziremos de forma considerável o uso de operações Booleanas.

REFERÊNCIAS

- Aldefeld, B., 1983, On automatic recognition of 3D structures from 2D representations, Computer Aided Design, March, vol. 15 no. 2, pp 59-64.
- Bin, H., 1986, Inputting constructive solid geometry representations directly from 2D orthographic engineering drawings, Computer Aided Design, April, vol. 18 no. 3, pp 147-155.
- Idesawa, M., 1973, A system to generate a solid figure from a three-view, Bull. JSME, February, Japan, vol. 16 no. 92, pp. 216-225.
- Kargas, A., Cooley, P. and Richards, T. H. E., 1988, Interpretation of engineering drawings as solid models, Computer-Aided Engineering Journal, April, pp 67-80.
- Kuo, M. H., 1998, Reconstruction of quadric surface solids from three-view engineering drawings, Computer Aided Design, January, vol. 30 no. 7, pp 517-527.
- Lequette R., 1988, Automatic construction of curvilinear solids from wireframe views, Computer Aided Design, May, vol. 20 no. 4, pp 171-179.
- Markowsky, G. and Wesley, M. A., 1980, Fleshing out wire frames, IBM Journal Res. Develop, September, vol. 24, pp 582-597.
- Markowsky, G. and Wesley, M. A., 1981, Fleshing out projections, IBM Journal Res. Develop, November, vol. 25, pp 934-954.
- Meeran, S. and Pratt, M. J., 1993, Automated feature recognition from 2D drawings, Computer Aided Design, January, vol. 25 no. 1, pp 7-17.
- Perng, D., Chen, Z., and Li, R., 1990, Automatic 3D machining feature extraction from 3D CSG solid input, Computer Aided Design, June, vol. 22 no. 5, pp 285-295.
- Preiss, K., 1981, Algorithms for automatic conversion of a 3-view drawing of a plane-faced part to the 3D representation, Computers in Industry, vol. 2, pp 133-139.
- Sakurai, H. and Gossard, D. C., 1983, Solid model input through orthographic views, Comp. Graph. , July no 3, vol. 17, pp 243-252.
- Shin, B. and Shin, Y. G., 1998, Fast 3D solid model reconstruction from orthographic views, Computer Aided Design, January, vol. 30 no. 1, pp 63-76.
- Tombre, Karl, 1997, Analysis of Engineering Drawings: State of the Art and Challenges, Proceedings of Second International Workshop on Graphics Recognition, August, Nancy (France), pp. 54-61.
- Yan, Q., Chen, C. L. P. and Tang, Z., 1994, Efficient algorithm for the reconstruction of 3D objects from orthographic projections, Computer Aided Design, September, vol. 26 no. 9, pp 669-717.

AUTOMATIC EXPLORATION OF ORTHOGRAPHIC PROJECTIONS IN CAD FOR RECONSTRUCTION OF MANUFACTURED PARTS

***Abstract.** Since the century XIX that the technique of orthographic projections comes being used for the representation of three-dimensional objects, as parts and architectural projects. The industry uses of this resource to file information regarding the geometric form and detail related to the fabrication of its products. With the appearance of CAD (Computer Aided Design) these information became recorded in digital files. Now, systems more advanced CAD offers, through solid modelling techniques, volume information, mass properties, etc. information these, of extreme importance for analysis of parts for finite elements and automatic fabrication in CNC modern machines. To offer all those progresses to the old files 2D CAD, it is turned necessary the development of techniques of reconstruction of solids*

starting from the information recorded in files contends technical drawings in digital format. An important stage for we reach that objective it is the reading form and interpretation of the information that can be obtained starting from the orthogonal projections. We propose then, a new obtaining way and treatment of that information, using techniques of computational programming oriented to objects, seeking the reconstruction of solid models B-rep (Boundary Representation) for methods oriented to volume, also resulting, in a structure that allows easy adaptation to a system of features recognition.

Keyword: *CAD/CAM, Modelling, Reconstruction of Solids.*