



FEATURIZAÇÃO DE PRODUTO MECÂNICO USANDO SISTEMA CAD

Raimundo Ricardo Matos da Cunha

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica, Bloco A, 1o. andar, Sala 13, Trindade, 88040-900, Florianópolis, Santa Catarina. ricardo@emc.ufsc.br

Altamir Dias

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica, Bloco A, 1o. andar, Sala 15, Trindade, 88040-900, Florianópolis, Santa Catarina. altamir@emc.ufsc.br

Resumo. *A proposta desse artigo é aplicar e aperfeiçoar a sistemática de featurização, a qual refere-se ao processo de identificação e formalização das features de uma peça para uso em alguma aplicação específica, e estendê-la para produtos mecânicos diversos. Foi realizado um estudo de caso, o qual se baseou em desenhos 2D de um produto mecânico; a saber, uma betoneira. Como passo inicial, teve-se a conversão de todos os desenhos das peças do produto para modelos 3D baseados em features existentes num sistema CAD comercial. E seguida, foram feitas análises na construção das formas das peças e uma parametrização focada em dois objetivos principais: primeiro, na identificação das formas principais para a construção dos modelos das peças do produto em CAD usando features; e segundo, na generalização dessas formas para construção de peças variantes. Uma posterior catalogação, classificação e armazenamento desses perfis iniciais finalizam a featurização proposta. Pretende-se também identificar e descrever vantagens e desvantagens na aplicação dessa sistemática de featurização de produtos, visando capturar e organizar a geometria, e assim integrar e reforçar o real uso dos sistemas CAD no projeto mecânico. Algumas conclusões desse estudo são apresentadas no final do artigo.*

Palavras-chave: CAD, Feature, Modelagem, Projeto Mecânico, Parametrização.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os sistemas computacionais de suporte ao processo de projeto mecânico buscam modelar e capturar todas as informações do ciclo de vida do produto. Essa é uma tendência observada por muitos pesquisadores relacionados à área, e conforme é reforçada em (Myung e Han, 2001). A intenção desses sistemas é estabelecer e definir um modelo do produto completo de informação associada a contextos específicos, desde a informação puramente geométrica como também, e principalmente, as informações não geométricas, sejam elas implícitas (*funções do produto, intenção de projeto, significado de Engenharia, etc...*) ou mais explícitas (*requisitos de projeto, custo, material, etc...*).

No caso dos sistemas CAD, a técnica mais atual para lidar com essa proposta de modelo do produto integrado ao ciclo de vida é a tecnologia de *features*. *Features* são o resultado de uma evolução da modelagem da informação adotada nos modelos geométricos em sistemas CAD. A Fig. (1), baseada no artigo de (Shah e Rogers, 1988), mostra que a partir dos modeladores de estrutura de arame (*wireframe*) até os modeladores sólidos, a preocupação era simplesmente em capturar aspectos puramente geométricos do produto. Com os modeladores baseados em *features*, passou-se a modelar também aspectos não geométricos associados à definição completa do produto. Tais aspectos são modelados considerando três fatores principais: o nível de abstração da informação ou dado, o tipo de aplicação e o domínio do produto.

É possível afirmar que a tecnologia de *features* trouxe uma mudança de paradigma na aplicação dos sistemas CAD dentro do processo de projeto. A proposta moderna e atual do conceito de *feature* direciona os sistemas CAD focados na informação, onde não só apenas o conhecimento, mas a informação correta, atualizada, contextualizada e organizada fazem a diferença na obtenção de produtos de melhor qualidade.

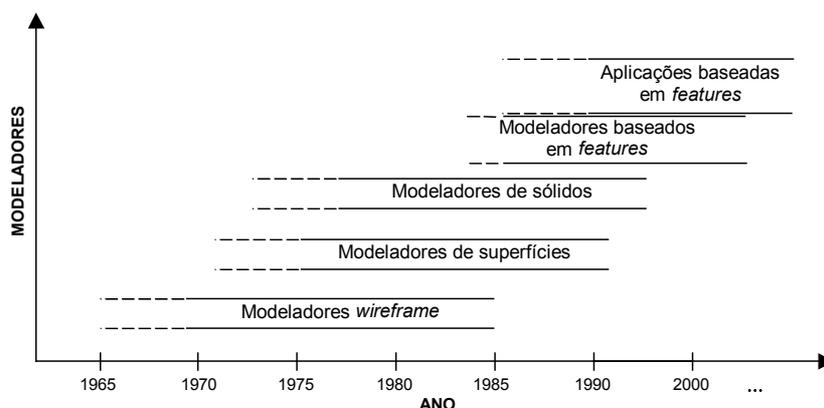


Figura 1. Evolução da modelagem geométrica dos modelos em sistemas CAD.

Seguindo essa tendência de aplicações baseadas em *features*, esse artigo traz a proposta de *featurização* de produtos mecânicos como uma sistemática para documentação dos dados e informações associadas ao produto.

Um conjunto de conceitos importantes para o entendimento e que estão no contexto da proposta são definidos e discutidos no item 2. Nesse item também se comenta sobre a organização dos dados e informações empregados por essa proposta. No item 3 são comentados os aspectos relacionados à preparação e implementação da proposta de *featurização*, enfatizando quais pontos são importantes de serem considerados. No item 4, descreve-se o estudo de caso realizado para a verificação da aplicabilidade da sistemática. E finalmente, as conclusões e considerações finais sobre a sistemática são citadas e comentadas.

2. CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Segundo (Shah e Mäntylä, 1995), o termo *featurização* refere-se ao processo de identificação e formalização das *features* de uma peça para uso em alguma aplicação específica.

A metodologia esboçada por Shah e Mäntylä preceitua, inicialmente, a análise isolada do produto e do processo; para em seguida, numa fase posterior, conceber a *featurização* do produto conciliando as duas visões, e assim explicitando no modelo de CAD baseado em *features* – o qual seria o modelo do produto nesta fase – os relacionamentos entre essas informações. O esboço dessa sistemática de *featurização* foi expandida e implementada no estudo de caso apresentado no item 4 desse artigo, como uma primeira verificação da adaptação e implementação, e com vistas a avaliar as vantagens e melhorias em se estender tal sistemática no processo de modelagem de peças/produto usando diferentes sistemas CAD comerciais.

Vale ressaltar que o modelo do produto criado pela aplicação dessa sistemática pode ser descrito como uma combinação de modelo paramétrico com um modelo de *feature* definidas pelo sistema CAD usado na implementação da sistemática. Tecnicamente, essa questão é conhecida como abrangência do modelo baseado em *features*. Ou seja, algumas informações no modelo do produto, a exemplo daquelas capturadas no nível dos perfis bidimensionais, ainda estão sendo modeladas num nível básico das entidades do sistema CAD – que corresponde a parte do modelo paramétrico – enquanto que outras já estão definidas como operações e procedimentos automatizados em definições de *features* nativas do próprio sistema ou mesmo através de recursos de definição de *features* compostas (ou seja, definidas conforme a visão do usuário) – e essa parte como sendo a correspondente ao modelo baseado em *features*. A proposta é usar os recursos disponibilizados pelo

sistema CAD específico, para tornar o modelo do produto o máximo possível baseado em *features*.

A organização dos dados e informações do produto segue a mesma adotada pelos modeladores sólidos dos principais sistemas CAD. Na estrutura desses sistemas, é possível abstrair e modelar o produto como sendo constituído pela seguinte estrutura hierárquica: perfis bidimensionais parametrizados geram *features* geométricas definidas no sistema CAD, que por sua vez geram as peças do produto, e finalmente as mesmas são colocadas em arquivos de montagem. A Fig. (2) resume essa estrutura hierárquica.

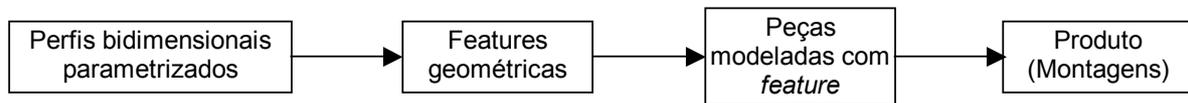


Figura 2. Estrutura hierárquica de organização da informação do produto dentro do sistema CAD.

Essa é uma organização de dados consagrada, aceita e adotada pelos principais sistemas CAD comerciais utilizados pela indústria, e espelha bem a realidade da organização dos dados e informações no contexto do projeto mecânico e serve muito bem aos requisitos da sistemática de *featurização* do produto. E por enxergar essa organização de dados já colocada dentro dos sistemas CAD, os autores a sugerem como mais adequada nesse processo de integração entre a sistemática de *featurização* e os diferentes sistemas CAD empregados para a implementação.

3. SISTEMÁTICA DE FEATURIZAÇÃO

Os critérios adotados para a *featurização* do produto podem se basear em diferentes pontos de vistas possíveis de visualizar o produto e que são de interesse para a definição do mesmo.

A *featurização* se aplica na documentação do produto. Essa documentação é focada no detalhamento das informações e dados das peças que compõem o produto na sua fase final do projeto detalhado do produto. A partir dessa primeira aplicação centrada na fase final do processo de projeto, como usualmente é feita, surge a intenção de também utilizar e estender essa sistemática para todas as fases do processo de projeto.

Nesse artigo, o critério utilizado na parametrização e *featurização* das peças, baseia-se primeiramente nas intenções do projetista em obter a forma final desejada da peça. Conjuntamente a esse critério, busca-se na seqüência uma associação e registro explícito também dos aspectos funcionais e/ou das intenções e da sua modelagem sólida no sistema CAD. E assim, pretende-se armazenar no modelo do produto gerado pelo sistema CAD, as informações não somente geométricas, mas também intenções, funções e outros dados mais abstratos que fazem parte da informação necessária a uma completa descrição associada ao produto.

É condição necessária para dar início ao processo de *featurização* do produto, conhecê-lo o máximo possível. Para tanto, uma fase inicial consiste em colher informação sobre o produto. Essa informação pode se apresentar e estar disponível em diferentes formatos:

- **Verbal:** através de entrevistas ou conversas informais com todas as pessoas envolvidas com o ciclo de vida do produto, as quais correspondem ao que pode ser chamado de clientes. Todos eles possuem informações importantes em alguma fase do ciclo de vida do produto, desde a concepção até o descarte do produto, passando por fabricação, operação e manutenção;
- **Impresso:** documentação textual gerada à mão, datilografada, ou mesmo textual gerada em computador, tais como relatórios técnicos, questionários estruturados, listas de verificação (*check-lists*), etc...;
- **Digital:** arquivos de formato computacional nativo referente a algum software específico usado pela empresa. Tal informação pode ser os próprios desenhos técnicos produzidos para documentação do projeto do produto, e toda a informação que normalmente é inerente a este tipo de documentação, tais como: simbologias de tolerância, acabamento superficial e processos de fabricação, notas gerais de desenho, etc...

Das informações inicialmente colhidas sobre o produto, aquelas relacionadas à geometria do produto são as mais importantes. Pode-se afirmar que, num primeiro instante, os desenhos técnicos do produto são os recursos mais importantes para dar início ao processo de *featurização*.

A partir dos desenhos, prossegue-se com a identificação da informação candidata a ser capturada no arquivo do modelo CAD. A fase de identificação contempla a seguinte classificação de entidades: perfis de construção/geração das formas das *features*, as *features*, e as peças que compõem o produto. Visto que também os sistemas CAD contemplam a modelagem da montagem das peças que constituem o produto, também é possível estender a *featurização* a este nível, completando assim o conjunto de informações e dados citados na Fig. (2).

Essa fase consiste em realizar análise dos desenhos do produto, interpretando as informações contidas nele com o seguinte enfoque:

- Abordar inicialmente as peças com a identificação de aspectos relacionados à modelagem sólida da geometria, topologia, e dimensões no sistema CAD. O que é entendido como explicitar aspectos e intenções de projeto relacionadas com a geração e decisão da forma final do produto;
- Identificar regiões de interesse seja no nível de peça ou do produto como um todo. Se possível, é importante discernir bem o nível de captura da informação, se é para o produto ou somente para a peça;
- Identificar possíveis detalhes que sejam característicos no produto, tais como elementos geométricos repetitivos ou recorrentes na forma do produto, ou elementos que possuem uma característica funcional marcante e decisiva, etc...

Observando o produto com ênfase nesses itens citados acima, objetiva-se identificar relacionamentos entre o critério de *featurização* do produto e a forma das peças que o compõe, algo como um estereótipo (*caricatura*) do produto quando observado segundo um ponto de vista específico.

Como diretriz básica, deve-se atentar para os requisitos assinalados por (Shah e Mäntylä, 1995), na identificação das informações candidatas ao critério especificado para a *featurização* do produto, a saber:

- Os elementos identificados servem como uma função do produto;
- Eles atuam como **formas ou aspectos recorrentes** em várias versões do produto. A identificação desses aspectos sinaliza para a decisão de formalizar ou não os elementos como *features*;
- Eles são **passíveis de parametrização**, ou descrição por um conjunto de relações geométricas e/ou um procedimento, ou mesmo representação baseadas em *features*;
- Eles **pertencem ao vocabulário comum** do projetista ou do contexto em questão. Esse requisito favorece a captura do significado e/ou intenção de quem instancia o dado e melhora o entendimento de quem usa e/ou processa a informação dentro do contexto ao qual ela se aplica.

A identificação e explicitação dos elementos significativos para o produto são realizadas no sentido de satisfazer essas condições. É lógico, que a natureza genérica desses requisitos torna possível uma interpretação flexível em atender a todos, ou a maioria deles, ou mesmo adicionar novos requisitos dependendo do tipo de produto e informação específica em estudo. Deve-se enxergar esses requisitos como diretrizes ou recomendações básicas para a caracterização da informação capturada, sem que nada impeça que os mesmos sejam ou não satisfeitos em sua maioria.

Com base na forma do produto capturada e armazenada no modelo CAD, parte-se agora para a associação das informações mais relacionadas a diferentes pontos de vistas do produto. A associação dessas informações com as formas identificadas na fase anterior, além de enriquecer o modelo do produto, gera uma ligação e explicita os relacionamentos entre as evoluções sofridas pela informação nas diferentes fases do processo de projeto.

A idéia é demonstrar que é possível usar a parametrização para elevar o nível de abstração na manipulação das informações do produto colocando o mais próximo possível do que seria um modelo puramente baseado em *features*. A diferença é que muita da semântica armazenada no modelo CAD não está automatizada, mas foi criada manualmente utilizando recursos já disponíveis nos sistemas CAD utilizados.

A Fig. (3) resume e dar uma visão dos passos seguidos na implementação da *featurização* do produto e uma melhor compreensão da mesma.

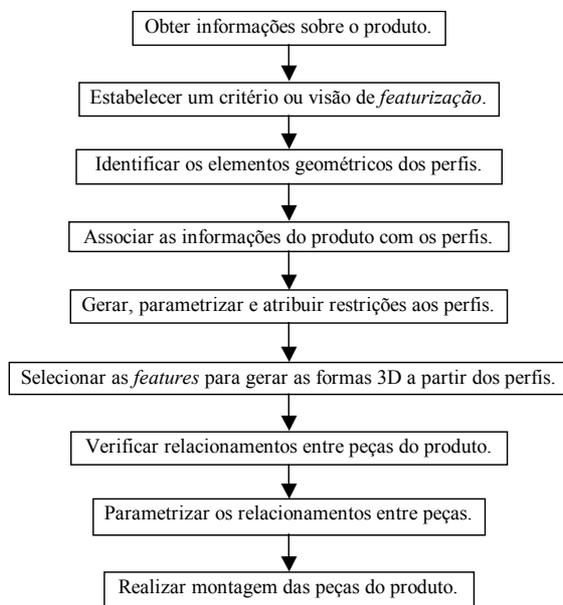


Figura 3. A *featurização* do produto em passos.

4. ESTUDO DE CASO

Os procedimentos que levaram à implementação dessa sistemática seguiram as recomendações e diretrizes básicas descritas no item 3. Nesse estudo caso, a natureza do projeto consiste de uma máquina tradicionalmente usada na indústria da construção civil. O projeto dessa máquina caracteriza-se como um projeto de rotina, onde os requisitos e princípios de solução utilizados já são, de certa maneira, amplamente conhecidos. Vale salientar que a *featurização* nesse estudo se resumiu a documentação do projeto final da betoneira, com ênfase na facilidade de gerar as formas das peças do produto. Por isso, a avaliação da sistemática deve se concentrar nesse aspecto.

O material desse estudo de *featurização* iniciou pelos desenhos bidimensionais da betoneira mostrada na Fig. (4). Esse produto faz parte da linha de produção de Metalúrgica Erwino Menegotti Ltda., situada em Jaraguá do Sul – SC. Embora a sistemática implementada neste estudo de caso contemple apenas o caso de um projeto já definido, entende-se que é totalmente factível estender essa sistemática e inseri-la como uma sistemática geral de documentação das informações e dados das fases do processo de projeto, como a idéia colocada em (Cunha e Dias, 2000).

Como exemplo de aplicação da sistemática de *featurização*, considere a peça da coluna maior da betoneira para mostrar em detalhes as decisões feitas para a *featurização*, levando em conta todo o conjunto de recursos disponibilizados pelo sistema CAD usado. A Fig. (5) mostra que a peça é constituída por um perfil vazado de seção transversal retangular com uma determinada espessura e alguns detalhes de cortes realizados ao longo da peça. Fazendo-se a análise sobre as possíveis formas características dessa peça, foram eleitas o perfil da seção transversal retangular e o perfil de corte circular na extremidade da peça. Parte-se então para a parametrização desses perfis, evidenciando os parâmetros importantes na especificação de perfis desse tipo.

Importante ressaltar que, estes perfis podem ser agora armazenados numa biblioteca de perfis.

Esse recurso, normalmente, já vem disponibilizado dentro do próprio sistema CAD. Outra alternativa quando não se tem disponível este tipo de serviço, é usar um banco de dados e associar os parâmetros dos perfis parametrizados com variáveis de controle desses valores dentro do sistema CAD, conforme foi avaliado e testado no trabalho de (Silva, 2001). Isso geralmente é conseguido através de programação numa API fornecida pelo sistema CAD. A desvantagem desse segundo método comparado ao primeiro, é que ele exige conhecimentos de programação e da API específica do CAD.

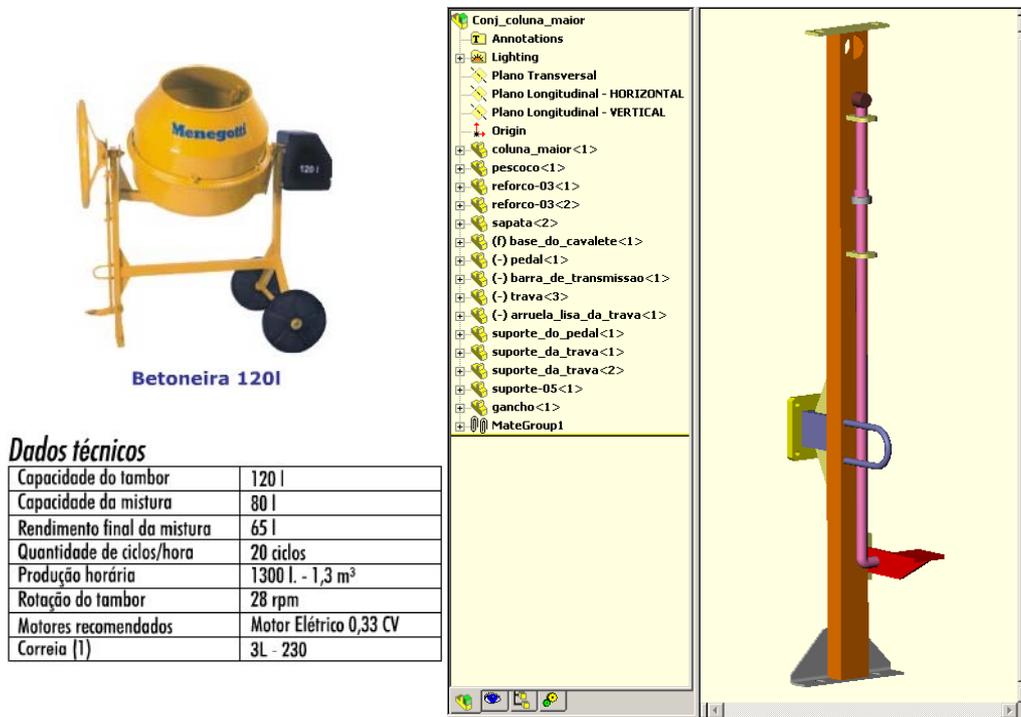


Figura 4. O produto e sua especificação técnica e o conjunto estudado.

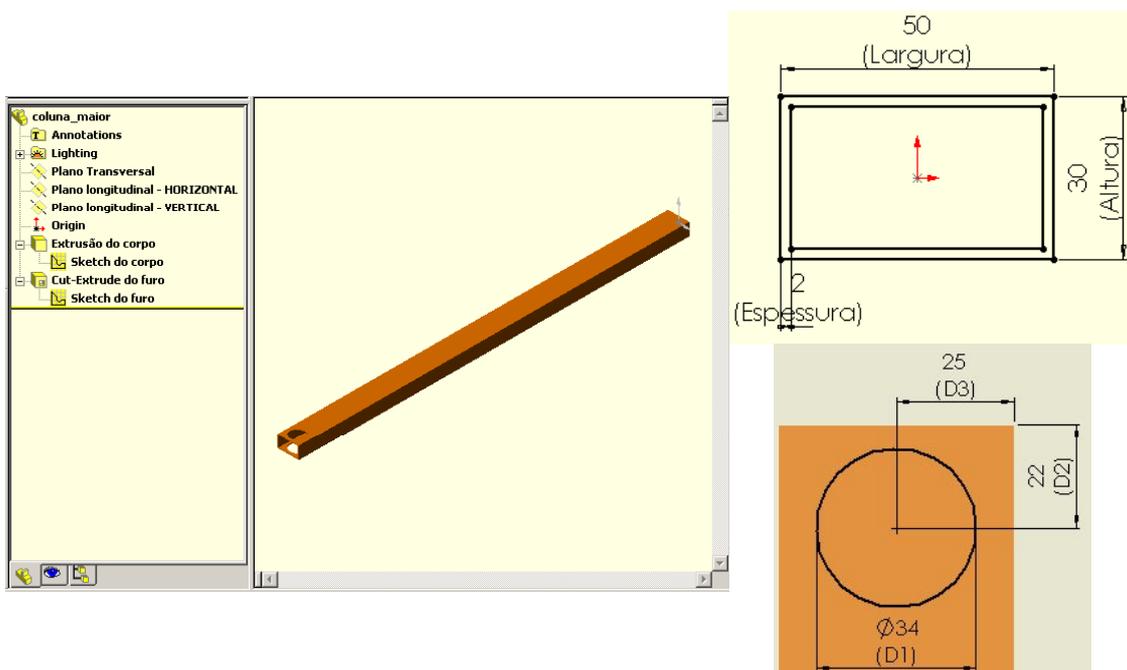


Figura 5. Peça e perfis parametrizados para geração das formas através de *features*.

Neste estudo foi implementada a primeira alternativa, utilizando para demonstração desse recurso o sistema CAD SolidWorks da *SolidWorks Co.*. Essa solução também é possível em outros sistemas, tais como MicroStation J da *Bentley Systems*, e Solid Edge da *Unigraphics Inc.*. A Fig. (6) mostra uma tela do programa evidenciando a biblioteca de perfis, e também a organização da informação em termos de peças e de *features* armazenadas da betoneira.

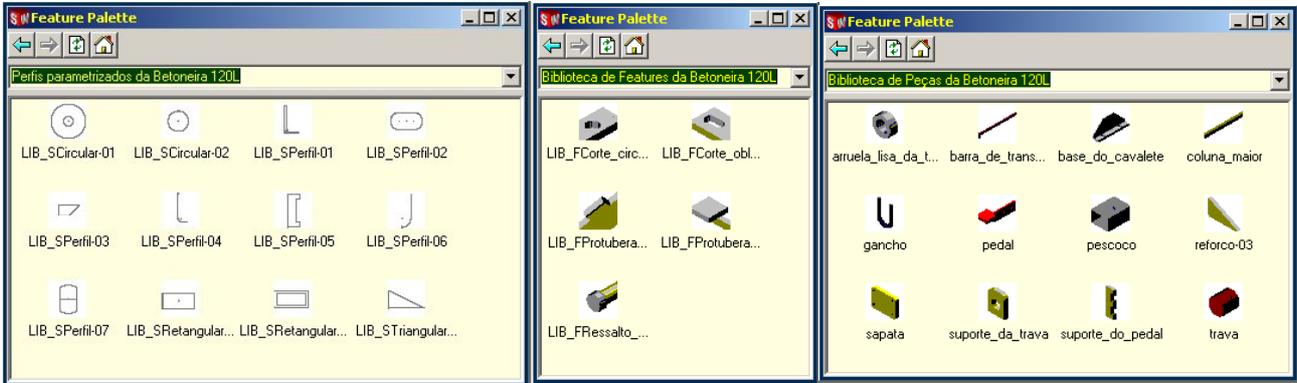


Figura 6. Biblioteca de perfis do conjunto coluna maior da betoneira 120L.

O benefício de utilizar a sistemática de *featurização* no estudo realizado, pode ser exemplificado no processo de geração das peças do produto. Na Tab. (1), considera-se a barra de transmissão como exemplo para realçar alguns aspectos do processo de *featurização* de um produto, usando os recursos ainda não totalmente automatizados ou encapsulados por uma operação puramente baseada em *features*.

Tabela 1. Exemplo da geração das formas das peças com restrições e significados semânticos associados e encapsulados pela sistemática de *featurização*.

<p>Utilizando o perfil circular da biblioteca de perfis, insere-o no ambiente de modelagem. Abaixo, mostra-se o sistema CAD habilitando os recursos de posicionamento e orientação do perfil e possibilitando escolher as entidades de referência. Quando o perfil estiver instanciado, pode-se nomeá-lo com um termo significativo para o contexto da peça ou da operação de modelagem, conforme é visto na Fig. (5).</p>	<p>Modela-se a <i>feature</i> ressalto, definida pelo usuário do sistema e armazenada na biblioteca de <i>features</i> com todas as restrições e significado de engenharia pertinentes ao vocabulário associado à idéia ressalto. Da mesma forma, o sistema CAD habilita os recursos de posicionamento pertinentes a um ressalto, ou seja, qual o plano (<i>o qual pode ser uma face da feature base</i>) e qual a aresta de anexação.</p>

Essas operações de modelagem demonstram o poder de encapsular no modelo geométrico, a semântica associada à forma geométrica. Pois assim, tem-se a forma geométrica gerada com as características exigidas pelo contexto de aplicação de forma automática, sem a necessidade de introduzi-las manualmente. O controle e a manutenção da semântica também ficam melhorados, seguindo o que é recomendado e defendido pelos trabalhos de (Bidarra e Bronsvort, 2000) e (Case e Hounsell, 2000).

No caso do ressaltado da Tab. (1), o mesmo sempre ficará com o valor correto independente se o diâmetro da *feature* base é modificado. Ou se o comprimento da *feature* base também é modificado, movendo a face de referência do ressaltado, assim mesmo o ressaltado deve continuar anexado à sua face de referência.

Parte dessa sistemática foi repetida utilizando o sistema CAD *Solid Edge*, da *Unigraphics Solutions Inc.*. A idéia é também evidenciar a possibilidade de implementação dessa sistemática em quaisquer sistemas CAD que satisfaçam alguns requisitos e características mínimas.

Para tanto, alguns requisitos são exigidos desses sistemas para se verificar uma produtividade e conveniência de implementação da sistemática dentro de um escritório de projeto de médio/grande porte. A saber:

- Permitir a modelagem tridimensional do produto;
- Possibilitar a parametrização do produto baseado em *features*;
- Oferecer recursos de edição, criação e manipulação de restrições geométricas e dimensionais, além de variáveis e equações associadas às entidades do sistema CAD. É também interessante que o sistema disponibilize recursos de posicionamento, orientação e referenciação das entidades geométricas, como exemplificados na Tab. (1);
- Oferecer recursos de personalização dos termos dados às entidades explicitadas no modelo geométrico do sistema CAD.

O atendimento desses requisitos é resolvido de forma particular e peculiar por cada um dos sistemas CAD comerciais disponíveis no mercado. Enxerga-se a aplicabilidade desses recursos à medida que se vai explorando e dominando e entendendo o sistema como um todo.

5. CONCLUSÕES

A sistemática de *featurização* mostrada aqui nesse artigo permite que o uso do sistema CAD seja maximizado dentro do escritório de projeto, servindo não somente como uma prancheta eletrônica, mas também como uma ferramenta que auxilia na organização da informação associada ao produto. Tem-se também que, o uso dos recursos do sistema CAD são verdadeiramente incentivados a serem aplicados sobre um ponto de vista mais técnico, tais como: a parametrização de perfis bidimensionais, bibliotecas, variáveis auxiliares locais e globais, e até mesma a própria árvore de *features* que é gerada pelas operações de modelagem, a qual é personalizada para ilustrar nomes ou terminologias próprias do contexto de aplicação.

A organização dos dados e informações do produto na estrutura hierárquica permite que se capture tanto os aspectos geométricos, que comumente são armazenados nos modelos CAD, como também permite integrar recursos já disponíveis no sistema numa forma que complemente a informação associada do produto.

O objetivo do trabalho não é mostrar os recursos do sistema CAD em uso, mas realçar esses recursos na forma como eles podem ser utilizados para implementar a *featurização*, adicionando e capturando as informações que são úteis para o produto. Por isso, a proposta de *featurização*, no seu aspecto sistemático ou metodológico, pode ser aplicada e extensível a qualquer tipo de sistema CAD que forneça recursos de parametrização e *features* genéricas.

E como a própria sistemática sugere, outros estudos concentrando em outros aspectos do produto e abrangendo outras fases do ciclo de vida podem ser realizados, objetivando assim tornar a definição do produto mais completa.

6. REFERÊNCIAS

- Bidarra, R.; Bronsvort, W. F., “Semantic feature modeling”, *Computer-Aided Design*, vol. 32, pp. 201-225, Março–2000.
- Cunha, R. R. M.; Dias, A., 2000, “Um Esboço de uma Sistemática para Suporte às Fases do Processo de Projeto Aplicando Sistemas CAD”, 9o. Congresso Chileno de Engenharia Mecânica – COCIM 2000; Valparaíso - Chile.
- Case, K; Hounsell, M. S., “Feature modelling: a validation methodology and its evaluation”, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 107, pp. 15-23, 2000.
- Myung, S.; Han, S. “Knowledge-based parametric design of mechanical products based on configuration design method”, *Expert Systems with Applications*, vol. 21, No. 2, pp. 99-107, 2001.
- Shah, J. J.; Mäntylä, M., 1995, “Parametric and Feature-based CAD/CAM: Concepts, Techniques, and Applications”, Nova York, John Wiley & Sons, 619 p..
- Shah, J. J.; Rogers, M. T., 1988, “Expert form feature modelling shell”, *Computer-Aided Design*, vol. 20, No. 9, p. 515-524.
- Silva Jr., A. C., 2001, “Uma Abordagem para Criação e Compartilhamento de Dados de Peças Através da Integração CAD-RDBMS”, Florianópolis, 119 p., Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Santa Catarina.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

FEATURIZING OF MECHANICAL PRODUCT USING CAD SYSTEM

Raimundo Ricardo Matos da Cunha

Federal University of Santa Catarina, Department of Mechanical Engineering, Building A, 1o. Floor, Room 13, Trindade, 88040-900, Florianopolis, Santa Catarina. ricardo@emc.ufsc.br

Altamir Dias

Federal University of Santa Catarina, Department of Mechanical Engineering, Building A, 1o. Floor, Room 15, Trindade, 88040-900, Florianopolis, Santa Catarina. altamir@emc.ufsc.br

***Abstract.** The proposal of this paper is to apply and improve the featurizing systematic to every mechanical product. The featurizing of product refer to the identification and formalization process of the part's features for some specific application. A case study was realized using two-dimensional drawings of a mechanical product; namely, a concrete mixer. The initial step of this systematic was to convert all part drawings from two-dimensional to feature-based three-dimensional models using a commercial feature-based CAD system. After, they are analyzed about shape generating of the product's parts and parameterization focusing on two main goals: first, the identification of the main shapes that generate the part models in CAD system using features; and second, the generalization these shapes for generating of variants parts. Finally, it is make the cataloging, ordering and storing of the profiles implementing a library of two-dimensional parameterized profiles. One of the goal of that paper is also to identify and describe advantage and shortcomings during application that systematic of product featurizing, intend to capture e organize the geometry, and so to integrate and reinforce real using of CAD systems in mechanical design. Some conclusions of this research are described and commented in this paper.*

Keywords: CAD, Features, Modeling, Mechanical Design, Parameterization.