

# **PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA E-MFG/PFS PARA A SISTEMATIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO DE DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO**

**Miguel Navarro Mena**

Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Avenida Professor Mello Moraes, 2231, São Paulo, SP, 05508-900  
E-mail: miguelnm@usp.br

**Diolino José dos Santos Filho**

Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Avenida Professor Mello Moraes, 2231, São Paulo, SP, 05508-900  
E-mail: diolinos@usp.br

**Resumo.** Neste trabalho apresenta-se uma proposta de sistematização do planejamento de dispositivos de fixação de peças prismáticas e sua relação com as demais atividades pertinentes ao planejamento do processo, classificando este sistema como um SED (Sistemas a Eventos Discretos) o que nos permite estuda-lo utilizando ferramentas derivadas das redes de Petri. A metodologia E-MFG/PFS, derivada das Redes de Petri, é empregada para elaborar modelos de controle formais que auxiliam no processo de síntese de dispositivos de fixação, a qual possibilita uma abordagem top-down, onde os detalhes do processo de planejamento de dispositivos de fixação são inseridos progressivamente a cada nível de refinamento. Esta técnica também proporciona vantagens similares ao do projeto de software, o que facilita a implementação. Para adequar a metodologia ao problema em questão, foi necessário estabelecer uma semântica alternativa para os elementos estruturais do PFS. Esta postura foi adotada porque a metodologia propriamente dita foi elaborada para ser aplicada no processo de síntese de sistemas de controle de sistemas produtivos. Para apresentar o resultado final, apresenta-se um estudo de caso, desenvolvido a partir dos modelos de controle obtidos, resultando na especificação do dispositivo de fixação de uma peça deste domínio.

**Palavras chave.** Petri, fixação, usinagem.

## **1. INTRODUÇÃO**

O mercado consumidor, frente ao desenvolvimento tecnológico dos meios de informação, têm acesso a produtos cujos fornecedores podem estar espalhados pelo mundo. Esta condição resulta em uma forte disputa de mercado no setor produtivo, sendo a inovação indicada como novo fator de sucesso, onde as empresas devem, constantemente, criar e melhorar seus produtos.

Devido a este dinamismo, a competitividade da indústria fica subordinada à sua capacidade de adaptação, ou seja, a indústria necessita de um sistema de manufatura flexível que proporcione mudanças rápidas e eficientes de forma a atender às necessidades do mercado. Assim, o tempo compreendido entre projeto e fabricação tende a ser reduzido e a execução do planejamento do processo, cujas atividades constituintes integram o projeto do produto à manufatura propriamente

dita, se torna alvo de interesse, com destaque para o planejamento da fixação, por sua influencia direta na produtividade e qualidade do produto (Wang, Pelinescu, 2001).

Embora muitos trabalhos já tenham sido publicados, com referência ao planejamento da fixação, identifica-se que a falta de heurística consistente e metodologia formal de representação constituem os principais motivos que impossibilitam sua aplicação industrial de forma abrangente e eficiente. Sendo que a maioria dos trabalhos se restringe a aspectos específicos e isolados, sem que haja integração entre as atividades do planejamento do processo. Estas características podem ser observadas, por exemplo, no trabalho apresentado por Kumar et al (2000) que descreve sistemas de planejamento de fixação utilizando componentes modulares pré definidos, sistemas estes capazes de estabelecer os pontos de contato e fixação da peça. Outros trabalhos abordam atividades correlatas ao planejamento da fixação, como por exemplo, seleção de ferramentas de corte (Lin, Wei, 1997), análise de deformações (De Meter et al., 2001) onde são considerados fatores relevantes, tais como: vida útil da ferramenta de corte, trajetória mínima, custos entre outros.

Frente a tal circunstância, este trabalho apresenta uma proposta de sistematização do planejamento de dispositivos de fixação de peças prismáticas, bem como uma seqüência lógica de execução das atividades relacionadas ao planejamento do processo, e detalha como são realizadas as atividades do planejamento da fixação e para tal, utiliza-se a metodologia E-MFG/PFS como ferramenta formal de representação, por meio da qual obtém-se o modelo de controle de cada atividade do planejamento de dispositivos de fixação.

## 2. REPRESENTAÇÃO DO PRODUTO

Conforme identificado por Rodríguez e Tsuzuki (2001) o projeto tradicional baseado na geometria têm sido substituído pela representação por “features” denominado “Design by features” o que contribui para a automação do planejamento da usinagem (Sakurai, 1990). O conceito de “features”, apesar das várias tentativas de definição, pode ser descrito como um conjunto de elementos geométricos com características especiais pelas quais existe interesse tanto a nível de projeto quanto a nível de fabricação. Em modelos baseados em “features” é possível associar as informações geométricas e topológicas já presentes nos modelos sólidos e também informações complementares específicas para cada tipo de “feature” como por exemplo: tolerâncias dimensionais, macro e microgeométricas, processo de obtenção, etc (Souza, 1998).

Várias propostas para se criar modelos de “features” e sistemas de reconhecimento, podem ser encontrados em Rodríguez e Tsuzuk (2001). Entre estas propostas destaca-se o método de decomposição por volumes “Volume Decomposition” (Woo, 1984) no qual opera-se no modelo do material a ser removido sendo a peça criada a partir de matéria prima específica. Este método guarda semelhança intrínseca à operações de usinagem donde se abstrai que a usinagem de peças equivale a remoção seqüencial de um conjunto de “features”, que a partir de uma peça bruta culmina em produto acabado.

Com base no trabalho apresentado por Carpenter e Maropoulos (2000) na Fig. (2.1) apresenta-se um grupo básico de “features” cuja geometria pode ser aplicada a descrição de peças prismáticas, sendo acrescido a cada uma das “features” um sistema de coordenadas de base ortonormal e referências dimensionais.

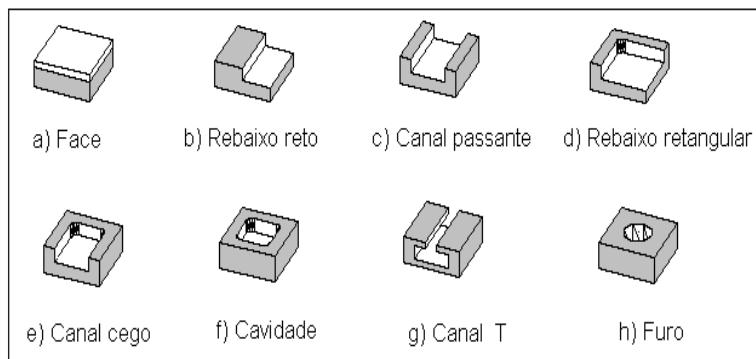


Figura 2.1 ‘Features’ básicas.

Além das características que podem ser descritas por meio de ‘features’ existem relações lógicas e seqüenciais entre as ‘features’ a serem removidas. Estas relações são impostas pelo projeto do produto e pelas limitações tecnológicas dos processos disponíveis no parque industrial. Baseado em propostas anteriores (Halevi; Weill, 1995 e Souza, 1998), desenvolveu-se uma matriz de remoção, com inclusão de somatórias de linha, coluna e siglas que representam o tipo de relação, na qual é possível visualizar de forma clara e objetiva as relações de dependências entre ‘features’. Estas relações de dependências são definidas como: Dependência por Seqüência (DS) – para que um dado volume seja removido é necessário que um outro específico seja removido primeiro; Dependência por Referência (DR) – a execução de uma ‘feature’ exige a remoção prévia de uma outra ‘feature’ que gera o elemento de referência; Dependência Desejável (DD) – a observância da precedência resulta em algum tipo de facilidade, mas caso não seja possível atender, não implica em nenhum problema técnico. Não sendo observadas nenhuma das dependências descritas a ‘feature’ é dita independente.

Para a composição física dos dispositivos de fixação utiliza-se de elementos modulares padronizados (Norelem, 2002), que podem ser montados de forma a atender às necessidades de fixação de cada peça. Segundo Perremans (1996), a utilização de elementos modulares representa a melhor opção para o projeto de dispositivos de forma totalmente automática. A representação do produto de forma global e do conjunto de elementos modulares disponíveis completam o quadro de informações necessárias ao desenvolvimento das atividades do planejamento de dispositivos de fixação.

### 3. CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS

O termo sistema, largamente utilizado no meio científico, pode ser definido como uma interação de componentes associados com a intenção de realizar uma determinada função (Cassandras, 1993). Sendo assim, a idéia de componente pode ser associada às atividades do planejamento de dispositivos de fixação e seu seqüenciamento organizado, de forma a obter tais dispositivos, pode ser relacionado a idéia de função, o que nos possibilita classificar o planejamento de dispositivos de fixação como um sistema.

No entanto, o planejamento de dispositivos de fixação é um sistema que processa informações, ou seja, é um sistema que tem informações como dados de entrada visando gerar informações como dados de saída, o que corresponde a definição básica de um sistema de informação. Sendo que este sistema de informação evolui, muda de estado, de forma independente do tempo e sim de acordo com a passagem de uma atividade do planejamento de dispositivos de fixação para outra atividade, mudança esta que pode ser considerada como a ocorrência um evento.

Portanto, o planejamento de dispositivos de fixação pode ser classificado como um Sistema de Informação a Eventos Discretos (SIED) ou simplesmente Sistemas a Eventos Discretos (SED), ou seja, é um sistema de estados discretos, dirigido por eventos cuja evolução de estados depende

inteiramente da ocorrência de eventos discretos e assíncronos no tempo. Uma vez classificar o planejamento de dispositivos de fixação como um SED, isto nos permite estuda-lo por meio de ferramentas baseadas em Redes de Petri (RdP), como por exemplo o E-MFG.

Conforme enunciado na introdução, a metodologia proposta para a representação do planejamento de dispositivos de fixação é o E-MFG/PFS, pois esta nos permite obter o modelo de controle de cada atividade, o que facilita a implementação do sistema uma vez que estes modelos além de nos fornecem regras do tipo ‘SE ... ENTÃO’ ainda possuem regras que seja armazenado o conjunto de estados dos grafos E-MFG para uma determinada peça. Este armazenamento constitui um diferencial em relação a outras técnicas, como por exemplo os diagramas de Nassi Schneiderman, pois para os casos onde o sistema seja empregado para famílias de peças, a interferência humana no processo decisório tende a ser minimizada, visto que uma mesma decisão tomada por um operador do sistema pode ser utilizada em outras peças, o que agiliza o processo de maneira global.

O objetivo principal da metodologia E-MFG / PFS é apresentar o refinamento gradativo dos elementos do PFS em elementos E-MFG. Para tal, apresenta um conjunto de princípios e procedimentos para o processo de descrição dos elementos atividade e dos elementos distribuidor do grafo PFS em elementos do grafo E-MFG, conforme proposto por Santos Filho (1993).

Já a metodologia PFS proposta por Miyagi (1996) considera que na modelagem inicial sejam utilizadas inscrições em linguagem natural e posteriormente este modelo seja gradativamente detalhado com interpretações mais formais, ou seja, a princípio a modelagem do sistema é realizado a nível macro e em seguida cada elemento é descrito à seu nível mais detalhado. No entanto, o PFS foi originalmente elaborado para ser aplicado no processo de síntese de sistemas de controle de sistemas produtivos sendo necessário estabelecer uma semântica alternativa para seus elementos estruturais.

Considerando-se que o sistema de planejamento de dispositivos de fixação pode ser definido como um SED e que o fluxo de informações de um sistema de informação corresponde a um conjunto integrado de etapas de processamento, através de etapas de comunicação, consideramos por analogia que o elemento atividade do PFS representa o processamento das informações pertinentes às atividades que constituem o planejamento de dispositivos de fixação, ou seja, corresponde a etapa de processamento. O elemento distribuidor corresponde a etapa de comunicação entre as etapas de processamento de um sistema de informação, e representa o conjunto de informações de entrada ou saída processadas nas etapas de processamento. O arco representa o sentido do fluxo das informações entre etapas de processamento e etapas de comunicação, o que possibilita a organização de forma estruturada das atividades pertinentes ao planejamento de dispositivos de fixação.

#### 4. ESTRUTURA PROPOSTA

A estrutura básica do planejamento de fixação ora apresentada é composta por sete macro atividades. Porém, a seqüência de execução destas atividades não está completamente consolidada, pois apresenta variações decorrentes, principalmente, de limitações de recursos do parque industrial. Sendo assim, um modelo representativo desta particularidade, de indefinição da seqüência de execução de atividades, também apresenta tal característica.

No entanto, para que o planejamento de dispositivos de fixação possa ser levado a termo consideramos, como alternativa cabível, inexistentes as limitações de recursos, o que nos possibilita desenvolver as atividades do planejamento de dispositivos de fixação de forma ordenada e seqüencial, conforme proposta apresentada no modelo PFS da Fig (4.1).

Note-se que a cada nova atividade do modelo proposto na Fig. (4.1) é acrescido um novo box distribuidor ao início da atividade. Tal representação é justificável pelo fato de que as informações necessárias ao desenvolvimento das atividades é disponibilizada oportunamente, o que acorda com a metodologia top-down e possibilita simplificar a representação das marcas atribuídas aos grafos E-MFG.

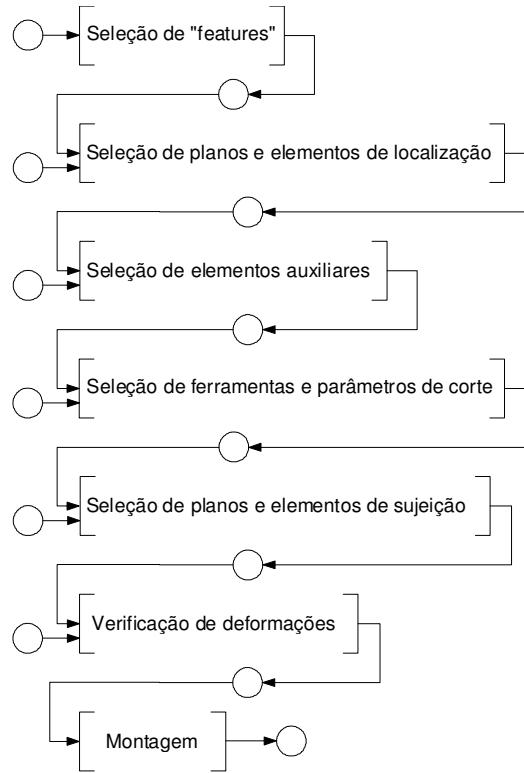


Figura 4.1 Modelo PFS da estrutura de planejamento de fixação.

Partindo-se do modelo macro apresentado na Fig (4.1), a atividade ‘Seleção de features’ pode ser refinada em duas novas atividades distintas, denominadas respectivamente ‘Seleção da feature inicial’ e ‘Seleção de features análogas’ como mostra a Fig (4.2).

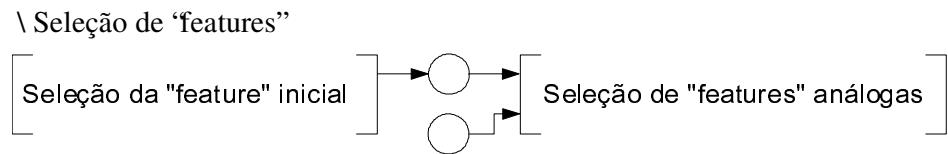


Figura 4.2 Refinamento da atividade ‘Seleção de features’.

A atividade ‘Seleção da feature inicial’ se caracteriza pela necessidade de se iniciar a seqüência de usinagem do produto, tendo-se como ponto de partida uma ‘feature’ que seja independente das demais e que após sua usinagem possa ser utilizada como plano de referência ou plano de localização. No entanto, considerando-se que mais de uma ‘feature’ pode apresentar esta característica, acrescentamos os critérios para desempate e o detalhamento desta atividade por meio do grafo PFS da Fig. (4.3).

Seguindo-se a metodologia E-MFG/PFS a partir do grafo PFS da Fig. (4.3), obtém-se o grafo E-MFG para a seleção da ‘feature’ ‘inicial’, conforme ilustra a Fig. (4.4).

As marcas individuais utilizadas neste grafo são compostas por um vetor de atributos com informações provenientes das ‘features’ à serem removidas e da matriz de remoção. Os atributos da marca  $m$  de acordo com a Fig. (4.4), podem conter valores positivos maiores ou iguais a zero, sendo que um atributo com valor zero significa a inexistência da informação em questão.

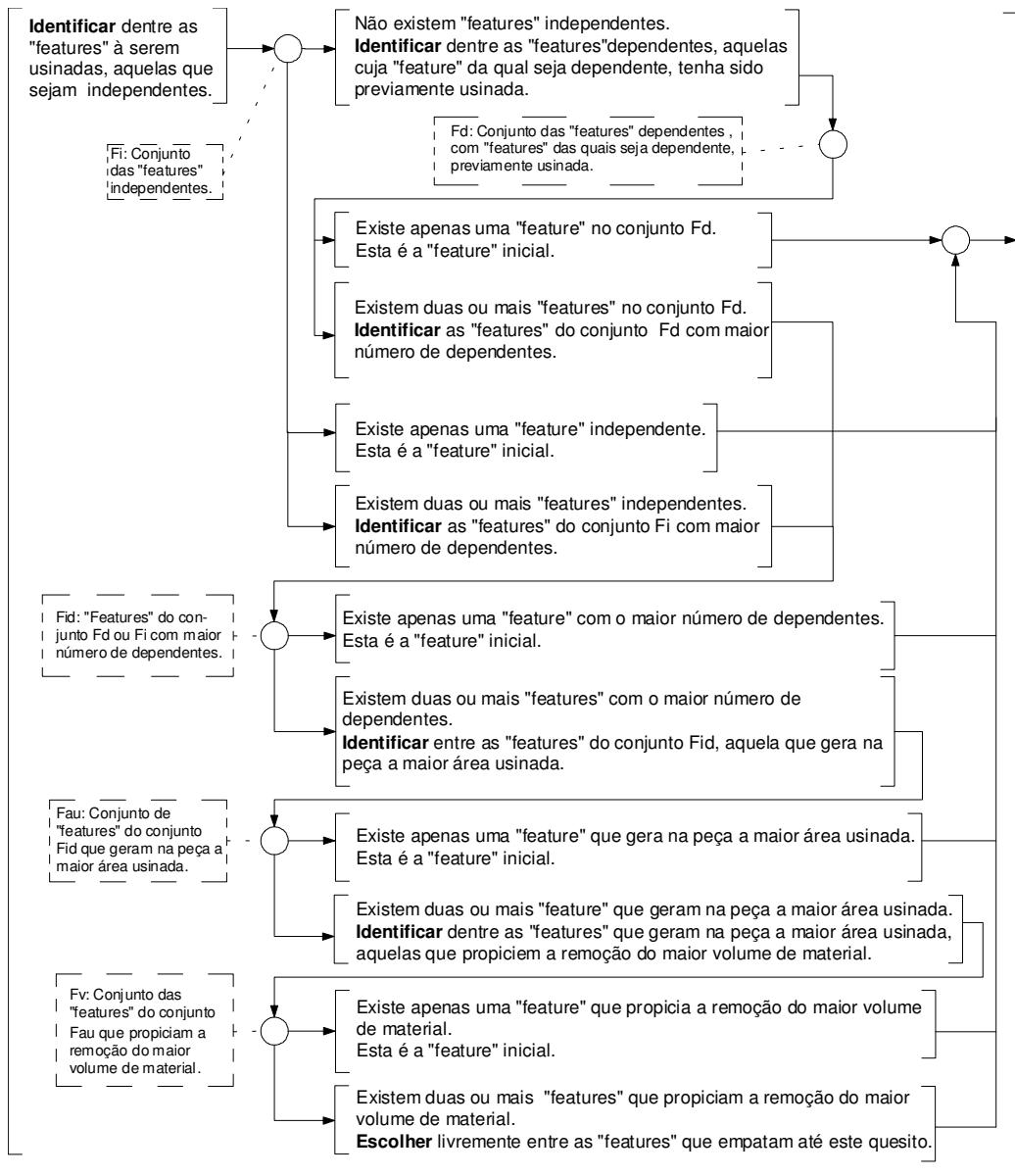


Figura 4.3 Modelo PFS para obtenção da "feature" inicial.

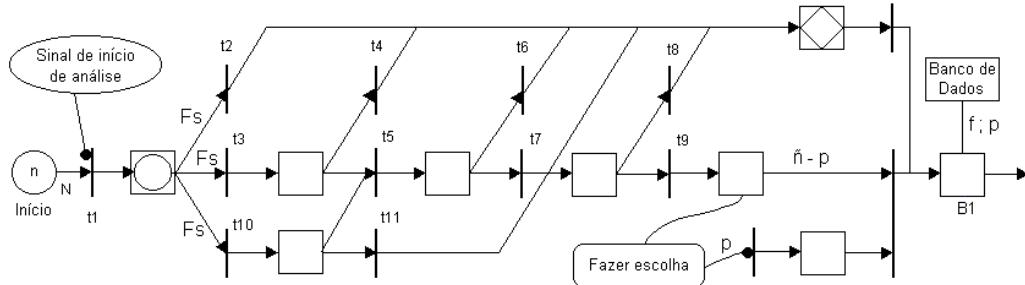


Figura 4.4 Modelo E-MFG para obtenção da "feature" inicial.

A representação do *Sinal de início de análise* corresponde ao comando gerado pelo operador do sistema, que após a inserção das informações necessárias, dá inicio ao processo de planejamento de fixação.

Os "box" são definidos como:

Box *Início* - contém as marcas referentes às “features” à serem usinadas.

Box agrupador - representa a operação de composição das marcas em uma matriz de atributos com número de linhas correspondente ao número de “features” a serem usinadas, sendo que cada linha contém atributos oriundos de uma única “feature”, mantendo desta forma, a organização e individualidade dos atributos.

Box controlador – atualiza o atributo  $p_j$ , de 0 para 1, na linha que possibilite o disparo das transições  $t_2, t_4, t_6, t_8$  ou  $t_{11}$ .

Box *B1* - armazena a marca com a seleção da “feature” inicial e transmite esta informação ao banco de dados do sistema.

$$\text{marca } m \begin{pmatrix} f_1 & F_{U_1} & F_{I_1} & F_{D_1} & F_{ID_1} & F_{AU_1} & F_{V_1} & p_1 \\ f_2 & F_{U_2} & F_{I_2} & F_{D_2} & F_{ID_2} & F_{AU_2} & F_{V_2} & p_2 \\ \vdots & \vdots \\ f_n & F_{U_n} & F_{I_n} & F_{D_n} & F_{ID_n} & F_{AU_n} & F_{V_n} & p_n \end{pmatrix}$$

Os atributos são definidos como:

$f_j$  – número identificador da “feature”  $j$  de acordo com a numeração definida na matriz de remoção.

$F_{U_j}$  – “feature”  $j$  à ser usinada.

$F_{I_j}$  – “feature”  $j$  independente.

$F_{D_j}$  – “feature”  $j$  dependente, com “features” das quais seja dependente previamente usinada.

$F_{ID_j}$  – número de “features” dependentes da “feature”  $j$  em questão.

$F_{AU_j}$  – área da “feature”  $j$ .

$F_{V_j}$  – volume de material à ser removido da “feature”  $j$ .

$p_j$  – indicador de seqüência de remoção.

As regras adicionais de disparo das transições são definidas como:

$t_1: \text{se } F_{U_j} = 1 \text{ então dispara } t_1 ;$

$t_2: \text{se } F_{I_j} = 1 \text{ e } n = 1 \text{ então dispara } t_2 ;$

$t_3: \text{se } F_{I_j} = 1 \text{ e } n > 1 \text{ então dispara } t_3 ;$

$t_4: \text{se } F_{ID_j} = \text{Máx } \{F_{ID_j}\} \text{ e } n = 1 \text{ então dispara } t_4 ;$

$t_5: \text{se } F_{ID_j} = \text{Máx } \{F_{ID_j}\} \text{ e } n > 1 \text{ então dispara } t_5 ;$

$t_6: \text{se } F_{AU_j} = \text{Máx } \{F_{AU_j}\} \text{ e } n = 1 \text{ então dispara } t_6 ;$

$t_7: \text{se } F_{AU_j} = \text{Máx } \{F_{AU_j}\} \text{ e } n > 1 \text{ então dispara } t_7 ;$

$t_8: \text{se } F_{V_j} = \text{Máx } \{F_{V_j}\} \text{ e } n = 1 \text{ então dispara } t_8 ;$

$t_9: \text{se } F_{V_j} = \text{Máx } \{F_{V_j}\} \text{ e } n > 1 \text{ então dispara } t_9 ;$

$t_{10}: \text{se } F_{I_j} = 0 \text{ então dispara } t_{10} ;$

$t_{11}: \text{se } F_{D_j} = 1 \text{ e } n = 1 \text{ então dispara } t_{11}$

A filtragem seletiva denominada  $F_s$  permite a transmissão da linha cujo atributo  $F_{U_j}$  seja igual a 1.

A letra  $n$  presente nas regras adicionais de disparo das transições representa o número de linhas da matriz de atributos que empatam em relação a um determinado quesito.

O disparo da transição  $t_9$  se dá quando houver indefinição quanto a seleção da “feature” inicial. A marca é então enviada a uma entidade externa onde é executada a tarefa ‘Fazer escolha’. Esta tarefa corresponde a interação do usuário com o sistema, por meio de uma interface que possibilite as seguintes funções:

- apresentar as “features” que empataram até o quesito especificado na regra adicional de disparo de  $t_9$ ;
- possibilitar que o usuário selecione apenas uma das “features” apresentadas, caracterizando-se numa modificação da marca utilizada no modelo de controle;

- retornar ao modelo de controle para que seja finalizado o processo de obtenção da “feature” inicial.

O desenvolvimento do modelo de controle ora apresentado para a atividade ‘Seleção da feature inicial’ pode ser aplicado as demais atividades, completando-se dessa forma o planejamento de dispositivos de fixação. Sendo assim, na seção seguinte é apresentado um estudo de caso que demonstra a aplicabilidade da proposta apresentada.

## 5. APLICAÇÃO DA ESTRUTURA

Para demonstrar a aplicabilidade da estrutura proposta, foi idealizada um peça prismática com furos e cavidades em suas superfícies. O fato de serem modeladas todas as ‘features’ da peça não implica que todas devam ser removidas, pois podem ser empregadas para a localização e sujeição, bem como podem ser usinadas em etapas e processos distintos.

A Fig. (5.1) apresenta a identificação das ‘features’ da peça e a Fig. (5.2) apresenta um exemplo de descrição geométrica para a ‘feature’ F7.

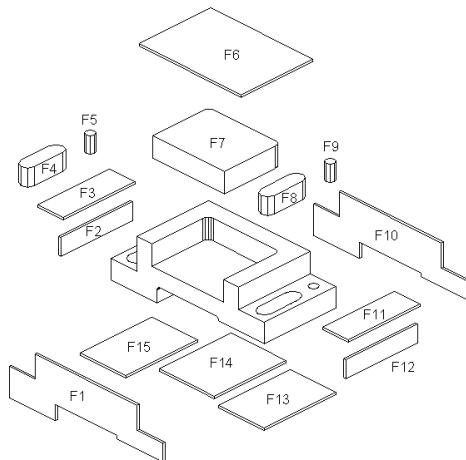


Figura 5.1 Representação das ‘features’ a serem removidas.

As relações de dependência entre as ‘features’ da peça são descritas por meio da matriz de remoção, conforme Tab. (5.1) .

Feature	VAF	X	A	Y	B	Z	C	R	Ra
Canal cego	-Z	40	70	0	55	45	18	4	50

Figura 5.2 Descrição geométrica da ‘feature’ F7 .

Após serem aplicados todos os modelos de controle, obtém-se a Tab. (5.2) com as informações necessárias a montagem do primeiro dispositivo, após o qual o modelo da peça deve ser atualizado e reinicia-se o processo até que todas as ‘features’ tenham sido removidas.

Tabela 5.1 Matriz de remoção.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	$\Sigma$ DS	$\Sigma$ DR	$\Sigma$ DD
F1																		
F2																		
F3						DR										1		
F4	DR	DR	DD												DD	2	2	
F5	DR	DR	DD												DD	2	2	
F6																		
F7	DR	DR				DS										1	2	
F8	DR		DR	DR							DD		DD			3	2	
F9	DR		DR	DR							DD		DD			3	2	
F10	DR															1		
F11			DR			DR										2		
F12		DR														1		
F13		DR				DR										2		
F14		DR														1		
F15						DR										1		
$\Sigma$ C	6	6	3	2	2	5					2		2		2			

Tabela 5.2 Informações para primeira montagem.

<b>“Features” à serem usinadas</b>		F1	
<b>Plano primário de localização</b>		F3 ; F6 ; F11	
Elementos localizadores, auxiliares e coordenadas de montagem			
Localizador	Código do localizador	Coordenadas de montagem	VAF
PL1.1	02029-206012	( 7 , 7 , 15 )	-Z
			2146 006 003
			2118 006 115 E2
			2136 006 005
PL1.2	02029-206012	( 75 , 63 , 45 )	-Z
			2146 006 003
PL1.3	02029-206012	( 143 , 7 , 25 )	-Z
			2146 006 003
			2136 006 005
<b>Plano secundário de localização</b>		F10	
Elementos localizadores, auxiliares e coordenadas de montagem			
Localizador	Código do localizador	Coordenadas de montagem	VAF
PL2.1	02029-206012	( 7 , 70 , 7 )	-Y
			2146 006 003
PL2.2	02029-206012	( 143 , 70 , 17 )	-Y
			-----
			2118 006 105 E2
<b>Plano terciário de localização</b>		F2	
Elementos localizadores, auxiliares e coordenadas de montagem			
Localizador	Código do localizador	Coordenadas de montagem	VAF
PL3	02029-206012	( 0 , 7 , 7.5 )	X
			2146 006 003
			-----
<b>Plano primário de sujeição</b>		F13 ; F14 ; F15	
Elementos de sujeição e coordenadas de montagem			
Código	Coordenadas	VAF	
Não determinado	( 75 , 28 , 13 )	Z	
<b>Plano terciário de sujeição</b>		F12	
Elementos de sujeição e coordenadas de montagem			
Código	Coordenadas	VAF	
Não determinado	( 150 , 7 , 17 )	-X	

## 6. CONCLUSÕES

A descrição das atividades pertinentes ao planejamento de dispositivos de fixação de peças prismáticas, até então incipiente, foi acrescida de critérios e informações antes desenvolvidas de forma intuitiva e também a nova abordagem torna possível implementar o sistema sem o concurso de um especialista em planejamento de dispositivos. Esta possibilidade é devida a capacidade de representação da metodologia E-MFG/PFS que apresenta desde macro atividades até o modelo de controle do sistema com regras para a tomada de decisão. Além disso, ao se aplicar a estrutura proposta é possível armazenar todas as mudanças de estado de cada modelo de controle, o que constitui uma vantagem em relação a outras metodologias, pois estas informações podem ser utilizadas em famílias de peças. Sendo assim, uma decisão tomada por um operador do sistema pode ser aplicada as peças de uma mesma família, o que torna o sistema ainda mais independente da interferência humana.

Outro ponto relevante é o método de reconhecimento de “features”, que no presente trabalho foi realizado manualmente apenas para demonstrar e facilitar a compreensão de todo o contexto, no entanto já existem sistemas que realizam o reconhecimento de “features” a partir de arquivos CAD, o que contribui com a redução do tempo empregado no planejamento do processo.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- Carpenter, I. D., Maropoulos, P. G. 2000, “A flexible tool selection decision support system for milling operations”, Journal of Materials Processing Technology, nº 107, pp. 143-152.
- Cassandras, C. G., 1993, ‘Discrete Event System s”, IRWIN.
- De Meter, E. C. et al., 2001 “A model to predict minimum required clamp pre -loads in light of fixture-workpiece compliance”, International Journal of Machine Tools & Manufacture, nº 41, pp. 1031-1054.
- Halevi, G., Weill, R. D., 1995, “Principles of process planning”, London, Chapman & Hall.
- Kumar, A. S., Fuh, J. Y., Kow, T. S., 2000, “An automated design and assembly of interference - free modular fixture setup”, Computer-Aided Design, nº 32, pp. 583-596.
- Lin, A. C., Wei, C., 1997, “Automated selection of cutting tools based on solid models”, Journal of Materials Processing Technology, nº 72, pp. 317-329.
- Miyagi, P.E., 1996, Controle programável. “Fundamentos do Controle de Sistemas a Eventos Discretos”, Editora Blücher, São Paulo.
- Norelem, ‘Eléments standard mécaniques”, France, édition 09/2002.
- Perremans, P., 1996, ‘Feature -based description of modular fixturing elements: the key to an expert system for the automatic design of the physical fixture”, Advances in Engineering Software , nº 25 , pp. 19-27.
- Rodrigues, L. C., Tsuzuki M. S. G., 2001, ‘Feature: Um Novo Paradigma em Sistemas CAD/CAM”, XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica , pp. 243-252.
- Santos Filho, D. J., 1993, “Proposta do Mark Flow Graph Estendido para a Modelagem e Controle de Sistemas Integrados de Manufatura”, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Souza, M. A., 1998, “Formalização do Planejamento da Fixação de Peças Visando sua Automação” Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Wang, Y. M., Pelinescu, D., 2001, ‘Optimal fixture layout design in a discrete domain for 3D workpieces”, Proceeding of 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp. 792-798.
- Woo, T. C., 1984, ‘Interfacing Solid Modeling to CAD and CAM: Data Structure and Algorithms for Decomposing a Solid”, Computer, pp. 44-49.

# **Utilization proposal of methodology E-MFG/PFS to systematization of the fixation device planning**

**Miguel Navarro Mena**

Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Avenida Professor Mello Moraes, 2231, São Paulo, SP, 05508-900

E-mail: miguelnm@usp.br

**Diolino José dos Santos Filho**

Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Avenida Professor Mello Moraes, 2231, São Paulo, SP, 05508-900

E-mail: diolinos@usp.br

**Abstract.** *The growing market dispute in the productive sector has boosted research related to productive systems, with a special focus on those activities contemplating process planning, aiming to cut down on the time gap between design and manufacture. One of the most important activities related to process planning is the planning of pieces fastening devices, which albeit being the subject of much research still lacks a systemic, broad approach.*

*The present work proposes turning the planning of prismatic pieces fastening devices into a system, including its relation to the other activities connected to the process planning, classifying said system as DES (Discrete Events System) which allow their study in light of the theories born from the Petri nets. The E-MFG/PFS methodology, derived from the Petri nets, is used to develop formal control models that aid in the synthesis process of fastening devices, which makes possible a top-down approach, where the details of the fastening planning are progressively inserted at each refinement level. This technique also provides advantages similar to those from software design, which facilitates its implementation. To adapt the methodology to the problem at hand, it was necessary to establish a semantics alternative to PFS structural elements. This approach was chosen because the methodology was developed for use on the synthesis process of manufacturing systems control.*

*A case study is used to illustrate the final result, developed from the resulting control models, leading to the specifications of a fastening device for a prismatic piece.*

**Keywords.** Petri 1, Fixation 2, Machine made 3