
A Análise de Grupamentos: uma Contribuição à Padronização do Projeto*

Ricardo Manfredi Naveiro

Professor adjunto do Programa de Engenharia de Produção da COPPE e do
Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da UFRJ.

Consultor industrial.

Editor da Revista PRODUÇÃO.

Caixa Postal 68507 - Cidade Universitária-21945-Rio de Janeiro/RJ

Ivan da Costa Pereira Filho

Engenheiro mecânico

Mestrando do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC.

Palavras chave: projeto do produto, tecnologia de grupo, análise de grupamentos.

Key words: product design, group technology, cluster analysis.

RESUMO

Este artigo apresenta um método para verificação da semelhança entre duas peças, baseado nas técnicas de análise de grupamentos. O método é indicado para uso na etapa de projeto detalhado como auxílio à decisão na tarefa de especificação completa da geometria das peças. Os resultados indicam que o uso adequado deste método na etapa de projeto detalhado pode reduzir o universo de peças projetadas, aumentando o grau de padronização do produto.

ABSTRACT

This paper presents a method for shape similarity verification based on cluster analysis techniques. The method was used for selection of components in the product detailed design stage. The results showed that the method can contribute for reducing company components spectrum, improving product standardization and company performance.

Rec. 07/91 Rev. 09/91 Apr.09/91

* Artigo apresentado na International Conference on Engineering Design - ICED91 realizada em Zürich em agosto de 1991.

Introdução

A atividade de projeto de produtos tem um importante papel na competitividade de uma empresa. Do ponto de vista do esforço técnico presente no desenvolvimento de produtos, existem requisitos estratégicos que influenciam o desempenho das empresas (1,2):

- capacidade para definir famílias de produtos que compartilhem custos de pesquisa e desenvolvimento;
- capacidade para reduzir os custos de fabricação, ainda na fase de projeto, utilizando os conceitos de "projeto simultâneo".
- capacidade para obter flexibilidade na produção.

A capacidade para reduzir custos de fabricação requer que o setor de projeto obtenha concepções de produto que compartilhem o maior número de recursos de manufatura disponíveis na empresa.

O procedimento de integrar-se a atividade de projeto com o planejamento do processo produtivo tem recebido a denominação de "projeto simultâneo".

Ele é principalmente utilizado no estágio de projeto detalhado, quando o produto já tem a sua concepção definida. Nesta época é que se completam as especificações das diversas peças definindo as tolerâncias dimensionais, os acabamentos superficiais e identificando-se as ferramentas e dispositivos necessários à fabricação. Nesta etapa é possível evitar a duplicação de projetos de componentes através do uso de sistemas de auxílio

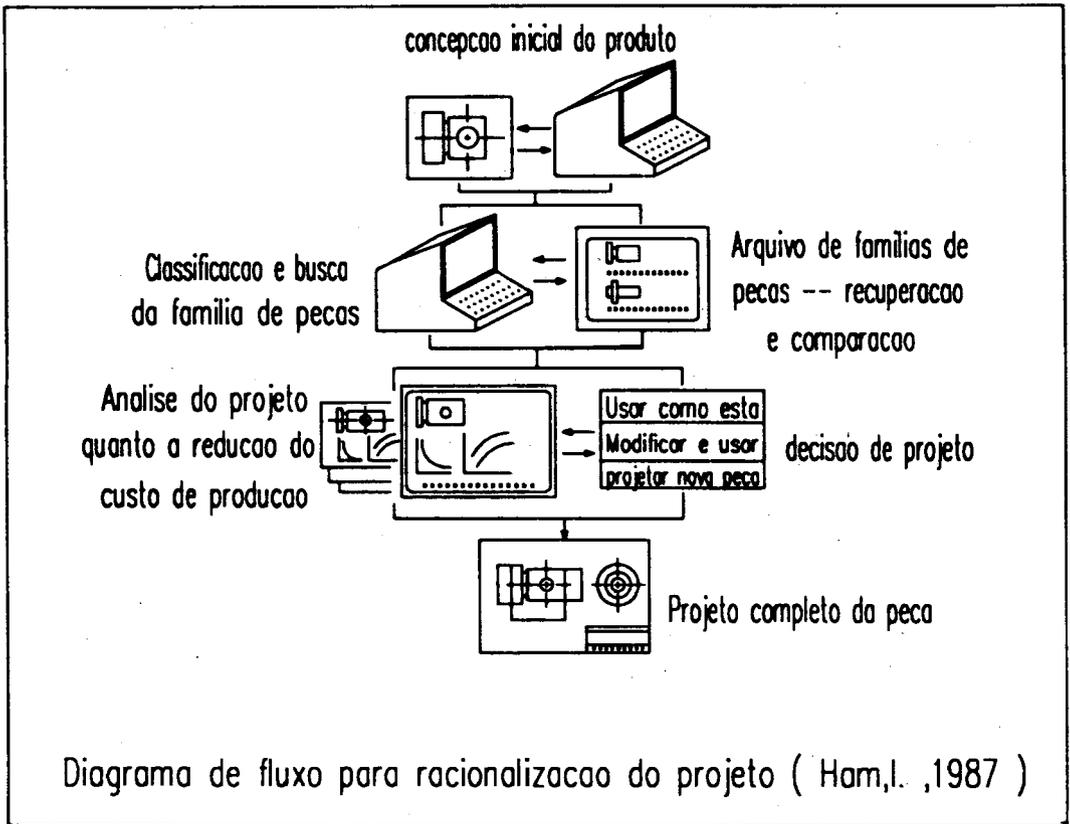
ao projeto que permitem ao projetista verificar se a peça/componente que ele precisa projetar está coerente com os padrões de produção da empresa (3). Levantamentos realizados em um conjunto de empresas americanas da área metalmeccânica (4) indicaram que 19% das peças não necessitavam terem sido projetadas e que as 81% restantes apresentavam uma série de semelhanças entre si.

Este artigo apresenta um método de apoio à decisão de projeto baseado em análise de agrupamentos capaz de atender aos objetivos de padronização de componentes da empresa. O método pode ser aplicado tanto com a finalidade da redução de ferramental ou com a finalidade de redução de tempo de preparação de máquinas, por exemplo. Quem define o critério de padronização que se pretende alcançar é o conjunto de atributos utilizado para classificação.

Métodos de classificação morfológica

A aplicação do "projeto simultâneo" na etapa de projeto detalhado utiliza largamente conceitos desenvolvidos na tecnologia de grupo (5,6), na qual famílias de peças - que apresentam uma série de atributos comuns - são fabricadas da mesma forma, utilizando-se do mesmo conjunto de máquinas-ferramenta.

O diagrama apresentado na página seguinte mostra o fluxo de atividades do projeto num ambiente onde é utilizado o projeto simultâneo.



O problema da formação de famílias de peças já foi objeto de vários trabalhos (7,8). Os métodos mais utilizados são: análise do fluxo de produção, classificação e codificação e análise de grupamentos.

A análise de grupamentos tem o mesmo objetivo dos outros métodos: dividir um conjunto de peças quaisquer em grupos que apresentem determinadas características comuns. Inicialmente trata-se de um problema no qual não se conhece a estrutura de grupos presente no universo pesquisado. Após a

determinação da estrutura de famílias de peças, o problema passa a ser de classificação.

Algoritmos para análise de grupamento

Vários algoritmos de grupamento são citados nas publicações especializadas (Anderberd, 1973; Everitt, 1974; Villa, 1987), sendo a maior parte deles algoritmos heurís-

ticos. O método heurístico utiliza uma medida de similaridade e um conjunto de regras de modo a atribuir elementos a uma classe, em oposição aos métodos de índice de desempenho que procuram maximizar ou minimizar um certo atributo de desempenho.

Algoritmos de grupamento podem ser ainda classificados como **aglomerativos** ou **divisivos**, de acordo com a sequência na qual as peças são grupadas. Um algoritmo aglomerativo parte de elementos isolados e grupa elementos próximos de acordo com um valor predefinido de baixo para cima. Inversamente, um algoritmo divisivo inicia-se pelo conjunto de todos os elementos e o divide em grupos numa direção de cima para baixo, de acordo com critérios preestabelecidos.

Os elementos que estão sujeitos a grupamento podem ser de natureza variada: pessoas, opiniões, empresas, etc.. Neste trabalho os elementos são componentes de produtos industriais: peças dotadas de forma, textura, precisão dimensional, etc...

As peças apresentam um conjunto de características, atributos e propriedades - denominado de conjunto de variáveis - que as descrevem total ou parcialmente. A escolha do conjunto de variáveis depende dos objetivos pelos quais está se fazendo análise de grupamentos. Nesta aplicação as variáveis selecionadas estão associadas ao objetivo de "padronização do projeto", através da redução da variedade de características diferentes de fabricação presentes nas peças.

O método quantifica o grau de similaridade existente entre os componentes de um produto através de uma medida de **semelhança** entre cada par de componentes. Foi desenvolvido um grande número de algoritmos de grupamento e foram definidos vários tipos de coeficiente de similaridade.

A maioria dos trabalhos adota algoritmos hierárquicos aglomerativos e coeficiente de similaridade baseado na "distância" entre dois elementos. Dentre as diversas funções de distância existentes, a "distância de Hamming" é recomendada para aplicações qualitativas, enquanto a "distância euclidiana" deve ser utilizada para os casos de similaridade quantitativa(9).

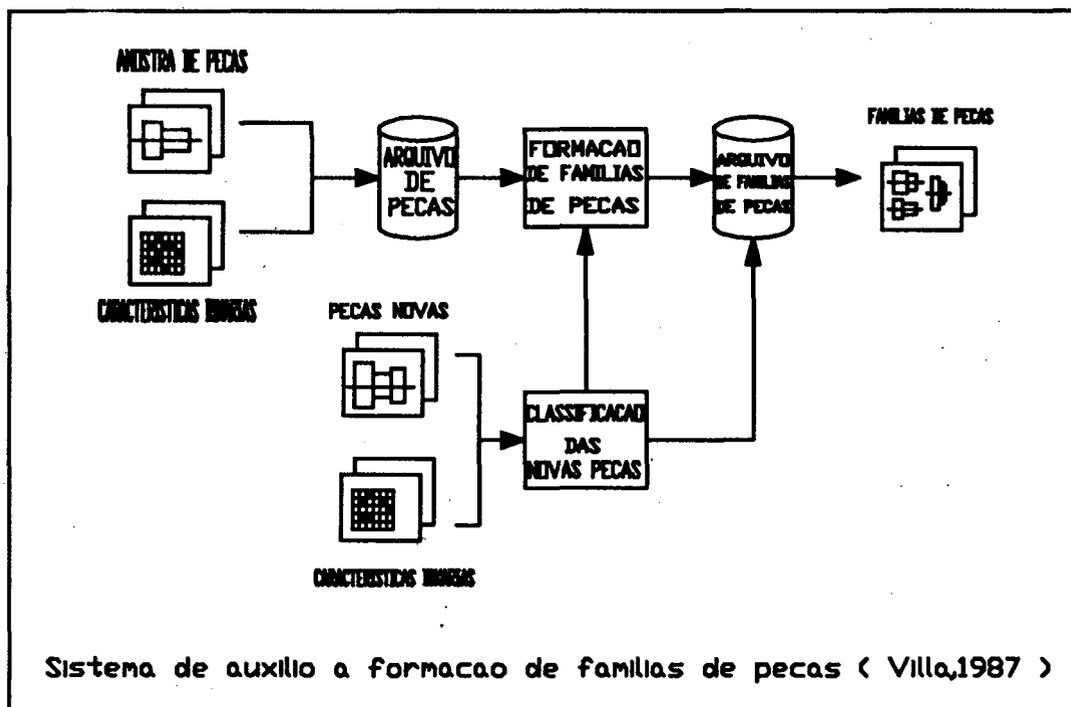
O método aglomerativo reúne dois elementos, baseado na distância entre dois pares quaisquer ou, quando já existem grupos formados, na média das distâncias entre todos os pares formados a partir de um elemento de cada grupo. O procedimento aglomerativo é repetido até que todos os elementos estejam reunidos em um único grupo (10).

Cabe ao usuário definir o ponto no qual o processo deve ser interrompido, fornecendo o valor da "medida de semelhança" a ser utilizada. Neste trabalho denominamos coeficiente de similaridade o valor que expressa o nível de semelhança a ser alcançado.

Sistema de auxílio à padronização do projeto

O módulo "formação de famílias de peças" forma o conjunto inicial de famílias de peças - grupos de peças semelhantes em relação a um conjunto qualquer de atributos.

O procedimento deste módulo consiste em, inicialmente, associar a cada peça um vetor de características que representa a presença/ausência de determinadas características em cada uma das peças, resultando num vetor de variáveis binárias, onde o número 1 representa a presença da característica na peça e o número 0 o contrário.



Este procedimento é realizado pelo usuário interpretando o esboço e as especificações das peças a serem grupadas.

A cada peça representada pelo vetor de características é atribuído um número de identificação único. Este número, seguido do vetor binário que descreve a peça representa uma linha do arquivo "amostra de peças".

Em seguida é processado o algoritmo hierarquizado aglomerativo para cada coeficiente de similaridade definido pelo usuário, gerando um conjunto de famílias de peças. A escolha da estrutura de grupos que melhor atende aos objetivos do trabalho é de responsabilidade do usuário.

O sistema é constituído de dois módulos principais:

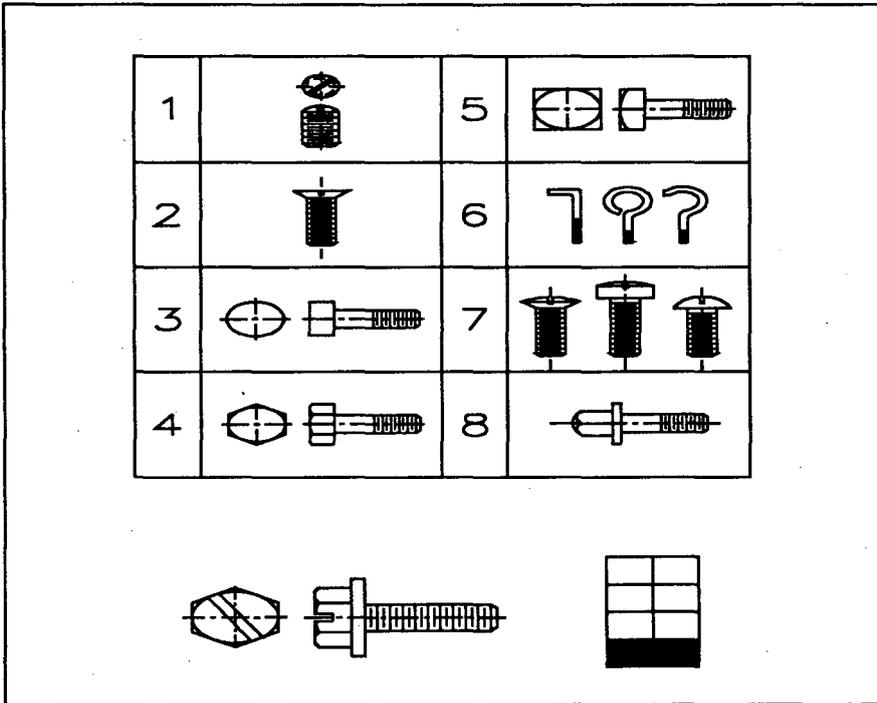
O módulo "classificador de novas peças" classifica as peças que estão sendo projetadas verificando a pertinência da peça a uma das famílias existentes. Caso a peça não pertença a nenhuma das famílias existentes, o sistema indica a família mais "próxima" da peça. Neste caso, as tarefas do projetista são: identificar quais os parâmetros que acarretam a falta de ajuste da peça à família, analisar as diversas possibilidades de modificação para promover o ajuste e decidir pela sua implantação.

Para uma peça pertencer a uma determinada família ela precisa "distar" das demais um valor máximo limitado pelo coeficiente de similaridade. O módulo classificador verifica essa condição, mas ele não tem meios de indicar ao projetista um conjunto de sugestões coerente para auxílio ao enquadramento da peça.

Exemplo de aplicação

Verificou-se o funcionamento do módulo "formação de famílias de peças" para um conjunto de 150 parafusos. Cada parafuso

foi descrito através de 29 características relacionadas ao tipo de rosca, tipo de cabeça, elementos geométricos específicos, etc. O desenho apresentado a seguir mostra o conjunto de oito características referentes à cabeça dos parafusos.



Formou-se um conjunto de 150 vetores de acordo com os atributos selecionados e procedeu-se à resolução do algoritmo para coeficientes de similaridade previamente escolhidos. O quadro a seguir dá uma idéia da relação entre o valor do coeficiente de similaridade e o número de famílias.

Coef. de similaridade	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	10	20	32,5
Nº famílias	30	25	21	19	15	14	12	10	3	1	1

O número 32,5 representa a maior distância entre dois parafusos quaisquer do conjunto.

Os principais resultados alcançados foram os seguintes:

- Os parafusos que foram repetidamente excluídos de grupos maiores, formando grupos unitários, são, conforme se pode observar, parafusos muito diferentes dos demais. O método foi, portanto, capaz de identificá-los e separá-los;
- Formaram-se umas poucas famílias com um número maior de peças que as demais. Este fato resulta da relativa homogeneidade da amostra e do pequeno número de características codificadas. O método foi, portanto, capaz de identificar as peças semelhantes e grupá-las.

Considerações finais

O método de análise de grupamentos e o algoritmo implementado mostraram-se eficazes em relação aos objetivos propostos inicialmente.

Comparando-se com os métodos usuais de formação de famílias de peças, podemos identificar algumas vantagens apresentadas pelo método de análise de grupamentos:

- possibilidade de formação de famílias de peças sem conhecimento prévio do número e composição das famílias.
- possibilidade de interação com bancos de dados de peças possibilitando uma via para a integração do projeto com o planejamento do processo produtivo.
- maior flexibilidade que o método de codificação, uma vez que pode ser aplicado a vários objetivos diferenciados: padronização visando fabricação, padronização visando montagem, etc..., bastando mudar-se o conjunto de características.
- possibilidade de atribuir-se pesos diferenciados às características, evidenciando-se a importância ou o poder descritivo de uma determinada característica em relação às demais.

O sistema de apoio à decisão no projeto apresentado neste trabalho constituiu-se na estrutura básica de um dispositivo técnico para auxiliar os projetistas a tomarem decisões voltadas aos objetivos da empresa. Suas aplicações na redução da geração desnecessária de novas peças representa um ganho efetivo de produtividade para as empresas.

Bibliografia

1. EEKELS J. - "On Strategy and Engineering Design" in Proceedings of the 1987 International Conference on Engineering Design, Asme, New York, 1987, Vol. 1, pp. 187-194
 2. DIXON J. AND DUFFEY M. - "The Neglect of Engineering Design" in California Management Review, University of California Press, Berkeley, 1990, Vol. 32, no. 2, pp 9-23.
 3. NAVEIRO R.M. - "Product Morphology and Production Automation", In Proceedings of the 1987 International Conference on Engineering Design, Asme, New York, 1987, Vol. 2, pp. 815-820.
 4. HYDE W. - Improving productivity by classification, coding and data base standardization, Marcel Dekker, New York, 1988.
 5. ARN, E.A. - Group Technology-Springer Verlag, Berlin, 1975.
 6. REMBOLD U., BLUME C. AND DILLMAN R. - Computer Integrated Manufacturing Technology and Systems - Marcel Dekker, New York, 1985.
 7. TOKNOKA, N., MAEDA T. AND SATO G. - "The Development of GT-CAD for definition of views of machine parts" in Proceedings of the 1987 International Conference on Engineering Design, Asme, New York, 1987, Vol. 2, pp. 648-655
 8. KNOSALA K. AND PEDRYES W. - "Clyster Analysis and Fuzzy Classification In Design Methods" in Proceedings of the 1985 International Conference on Engineering Design, Heurista, Hamburg 1985, Vol. 1, oo. 66-72
 9. VILLA E. - Computer Aided Group Technology Part Family Formation based on pattern recognition techniques - Ph.d pattern Thesis - The Pennsylvania State University - University Park - USA - 1989
 10. ANDERBERG M.R. - Cluster Analysis for Applications, Academic Press, New York, 1973.
- (1) Em inglês é denominado concurrent design e design for manufacturing.
(2) O programa elaborado em Turbo Pascal para a resolução do algoritmo é baseado nos algoritmos exemplificados em Villa & Anderberg.