



**APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DE GRUPO NA FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
DE SISTEMAS ENGRENADOS**

Carlos Alberto Monezi

Dept. Eng. Mecânica – Univ. Presbiteriana Mackenzie – Av. Pe Pereira de Andrade, 702 – 05469.000 São Paulo – SP. E-mail: monezi@usp.br.

Gilmar Ferreira Batalha

Laboratório de Engenharia de Fabricação - Dept. Eng. Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos – EPUSP – Av. Prof. Mello Moraes, 2231 – 05508.900 São Paulo – SP. E-mail: gilmar.batalha@poli.usp.br.

Marco Stipkovic Filho

Laboratório de Engenharia de Fabricação - Dept. Eng. Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos – EPUSP – Av. Prof. Mello Moraes, 2231 – 05508.900 São Paulo – SP. E-mail: kovic@osite.com.br e Dept. de Eng. Mecânica – Escola de Engenharia Mauá, Praça Mauá, 1. S. Caetano do Sul - SP - 09580 900.

Resumo: Neste trabalho é feita uma breve revisão apresentação da Tecnologia de Grupo como filosofia de fabricação, apresentando os principais conceitos pertinentes e vantagens proporcionadas, bem como os principais métodos de formação de famílias de peças e grupos de máquinas. O trabalho é concluído com um estudo de caso de implantação da Tecnologia de Grupo em uma empresa de fabricação de sistemas engrenados, onde são mostradas as etapas e discutidos os resultados

Palavras-Chave: tecnologia de grupo, processos de fabricação, engrenagens

1. INTRODUÇÃO

Segundo Arn (1975) o termo Tecnologia de Grupo - TG - significa um método que tenta analisar e arranjar a gama de peças e os processos de fabricação aplicáveis de acordo com as similaridades de desenho e usinagem tal que uma base de grupos e famílias possa ser estabelecida para a racionalização dos processos de produção na área da produção em lotes médios e pequenos. Enfatiza a TG como uma técnica de identificação e aglomeração de peças similares em um processo de produção com o objetivo de utilizar as vantagens inerentes dos métodos de produção em massa. Por "Família", entende-se um conjunto de peças ou componentes que apresentam similaridade geométrica e/ou de processos de produção, podendo ser similares na forma geométrica e no processo de fabricação ou por outro lado dissimilares na forma geométrica porém similares com relação ao processo de fabricação. Por "Grupo" entende-se um conjunto de máquinas capazes de processar inteiramente todos os componentes de uma família. Após a uma breve revisão da Tecnologia de Grupo como filosofia de fabricação, discutindo os principais conceitos e vantagens, bem como os métodos de formação de famílias de peças e grupos de máquinas. Discute-se um caso prático de implantação da TG em uma empresa de fabricação de sistemas engrenados, discutindo se as etapas e resultados obtidos.

1.1. Layout de Grupo (Celular)

O layout celular consiste em grupos de máquinas de diferentes tipos de tal forma que cada um seja capaz de produzir todos os componentes de uma determinada família. A principal diferença entre o layout de linha e o layout de grupo é que no segundo, as peças não precisam usar a mesma seqüência de máquinas e, pode ser até mesmo que algumas peças não necessitem usar uma ou mais máquinas do grupo onde elas são processadas. As vantagens do layout de grupo são:

- *Tempo total de Produção pequeno* - pela proximidade das máquinas e facilidade de programação;
- *Possibilidades de escolha da máquina mais adequada* - voltada a produção da família;
- *Controle de fabricação melhorado* - parte da responsabilidade é delegada ao grupo;
- *Diminuição do trabalho em progresso* - consequência da melhoria no planejamento e controle da produção;
- *Papel melhorado do operário na indústria* - o operário é responsável pela solução dos problemas que surgirão.

Como desvantagem, as mais significativas são:

- *Menor flexibilidade* – é específico para a família;
- *Risco de quebra aumentado* - é mais grave que no layout funcional por causa da dependência tipo cadeia dos processos dentro do grupo.

Uma comparação entre os fluxos no sistema funcional e o de grupo, pode ser vista na figura 1.

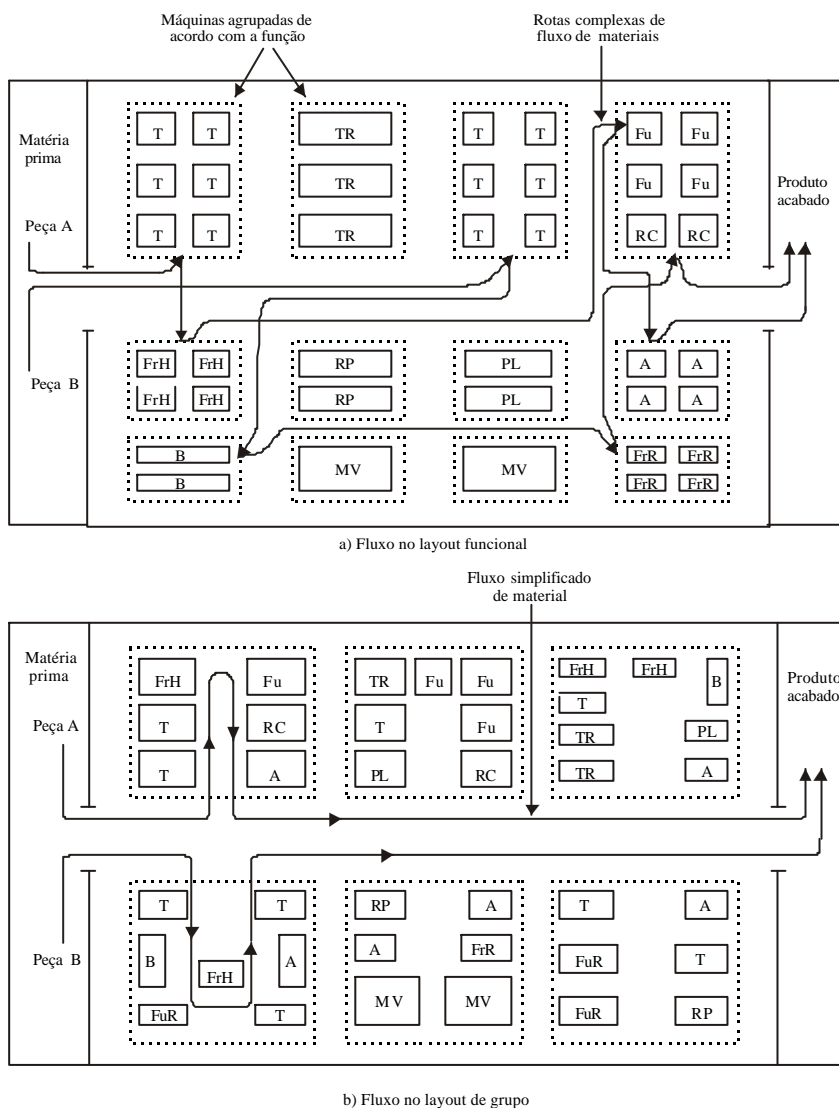


Figura 1 - Comparação do fluxo no layout funcional e no de grupo.

Segundo Leonard e Koenigsberger (1972) as condições ótimas para implantação da TG são: um grande número de pequenos lotes; informação precisa dos componentes e respectivos dados de produção; componentes leves; inspeção mínima; trabalhos simples e flexibilidade da mão de obra; máquinas baratas; similaridade de componentes e de operações de produção. Essas condições quando satisfeitas em maior número possível indicam uma adequação ao layout de grupo, considerado um dos aspectos chaves da TG.

1.2. Métodos de Formação das Famílias de Componentes

Os seguintes métodos são usados para a formação das famílias:

a) Através de Inspeção Visual - Esse método consiste em fazer uma vistoria nos vários almoxarifados da fábrica, agrupando as peças de geometria similar dentro das famílias (Edinbarough et al (1995)).

b) Através de um Sistema de Classificação e Codificação (SCC) - Classificação é a divisão das peças dentro de classes de acordo com suas similaridades, de forma ou de processo. Codificação é a designação de símbolos para as classes de tal maneira que os símbolos transmitam informações sobre a sua natureza. Há diversos SCC de aplicação geral (Geoghegan (1956), Opitz (1970) e JSPMI (1980)), sendo que, além da aplicação na TG, podem proporcionar uma série de vantagens quando aplicados em outros setores (Min (1994), Dowlatatshahi e Nagaraj (1998) e Xue e Dong (1997)). Uma vez formadas as famílias a etapa seguinte é a formação dos grupos, para o que necessita se informações tais como a Previsão da Produção e os Roteiros de Fabricação.

c) Através da Análise de Fluxo de Produção (AFP) O método é desenvolvido em quatro etapas: Análise do fluxo da fábrica; Análise de grupo; Análise de linha; e Análise de ferramental (Burbidge 1975, 1991, 1994 e 1996). As Tabelas 1 e 2 mostram o agrupamento de peças através da AFP.

Tabela 1. Família de peças e grupos via análise do fluxo de produção antes do agrupamento.

Maq	Número da peça																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
A	x		x																	x			x		x						
B		x					x			x		x	x					x						x				x			
C	x		x		x										x		x													x	
D		x					x					x	x											x				x			
E								x						x		x															
F								x						x		x			x				x					x			
G	x		x		x										x		x			x			x								
H	x		x		x										x		x			x			x			x				x	
I								x						x					x			x					x				
J								x						x		x			x			x					x				
K				x		x			X		x											x							x		x
L				x		x			X		x											x									
M		x										x	x												x						
N		x					x			x		x	x					x						x				x			
O				x		x			x		x											x							x		x
P				x		x			x		x											x							x		x
Q	x		x		x										x		x			x					x		x			x	
R		x								x		x	x					x						x							
S				x		x			x		x											x						x		x	
T								x							x				x				x	x				x			

Tabela 2. Família de peças e grupos via análise do fluxo de produção depois do agrupamento.

Miq.	Número da peça																													
	2	12	13	24	27	7	10	18	1	3	5	15	17	20	23	25	29	4	6	9	11	21	28	30	8	14	19	22	26	16
A	x	x	x	x	x	x	x	x																						
B	x	x	x	x	x	x																								
C	x	x	x	x																										
D	x	x	x	x	x	x	x	x																						
E	x	x	x	x			x	x																						
F									x	x				x	x	x														
G									x	x	x	x	x				x													
H									x	x	x	x	x	x	x															
I									x	x	x	x	x	x	x	x	x													
J									x	x	x	x	x	x	x	x	x													
K																		x	x	x	x	x	x	x						
L																		x	x	x	x	x								
M																		x	x	x	x	x	x	x						
N																		x	x	x	x	x	x	x						
O																		x	x	x	x	x	x	x						
P																										x	x	x	x	x
Q																									x	x				x
R																									x	x	x	x	x	x
S																									x	x	x	x	x	
T																									x	x	x	x	x	x

2. IMPLANTAÇÃO DA TG NA FABRICAÇÃO SERIADA DE SISTEMAS ENGRENADOS

2.1. Situações Anterior e Posterior a Tecnologia de Grupo

Analisando o caso de uma fabricante de redutores e seus derivados verificaram-se:

a) Situação Anterior a TG:

- Competitividade baseada em prazos de entrega curtos, baixo custo e alta flexibilidade;
- Lotes pequenos ou até unitários, fabricados em uma planta de acordo com arranjo funcional;
- Tempo de processamento mais longo que o prazo para entrega;
- Componentes produzidos para estoque;
- Grandes inventários em processo e em estoques com uma administração complexa e custosa.

b) Situação Pretendida após Implantação da TG:

- Formar grupos de trabalhos autônomos (células) orientados à família de produtos;
- Cada célula com a capacidade técnica de fabricação para a produção de uma família;
- Delegar decisões de fabricação às células, resultando maior satisfação no trabalho e produtividade;
- Dividir dentro da célula a responsabilidade pelo desempenho, qualidade e fluxo de produção;
- Evitar gargalos de produção, com maior confiabilidade de tempo e capacidade de processamento;
- Integrar o desenvolvimento de produto e o de tecnologia industrial;
- Reduzir tempo de preparação de máquinas;
- Criar alta disponibilidade das células com manutenção preventiva e manutenção de emergência.

2.2. Determinação das Famílias e Grupos:

As determinações das famílias e dos grupos para este caso, foram feitas: (a) usando a informação contida em desenhos, formaram-se as famílias de componentes semelhantes em forma.

A Tabela 3 mostra o agrupamento de peças através da AFP, enquanto a Figura 2 mostra o fluxo de peças entre as células formadas após a implementação da TG. Pode-se observar que muitas peças pertencentes a uma família acabam sendo processadas em mais de uma célula, conseqüência da restrição de não se comprar máquinas novas. Dessa maneira, mesmo havendo fluxo de material entre células, o que não é o ideal no sistema de produção em células, este foi minimizado com a adequada posição de cada célula na área industrial, complementada com o arranjo das máquinas dentro da célula permitindo que máquinas chave, necessárias a outras peças de fora da célula, estivessem na fronteira com outras células que poderiam fazer uso destas máquinas, como se uma mesma máquina pertencesse a mais de uma célula. Esta solução, apesar de diminuir o fluxo indesejado de peças entre células, criou um outro problema, próprio do sistema de produção num layout funcional, pois a responsabilidade na produção de peças de uma família, que por princípio no sistema celular seria dos operários da célula, passa a ser dividida com os de outra célula.

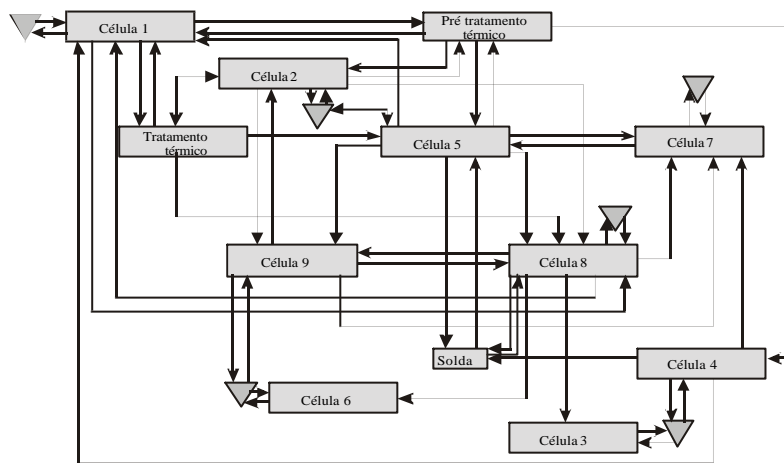


Figura 2 - Fluxo de peças entre as células formadas.

A figura 3 mostra algumas das peças que compõem a Família A, onde podemos observar que, apesar da dissimilaridade de forma geométrica, há similaridade no processo de fabricação, permitindo que estejam em uma mesma família.

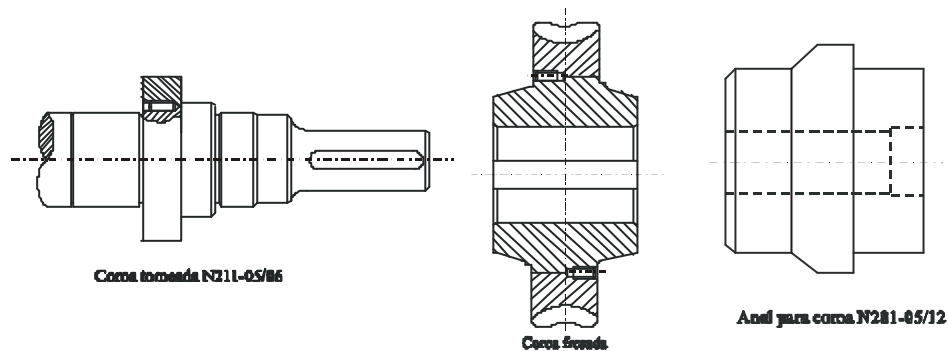


Figura 3 – Algumas peças que formam a Família A .

A Tabela 4 mostra as peças da Família A e as máquinas que formam a Célula 1 para fabricação desta família. Apesar de haver 9 máquinas nesta célula, são necessários apenas 6 operários. Isto é possível graças ao treinamento de pessoal que dá flexibilidade a mão de obra e pelo fato de muitas das máquinas desta célula estarem ociosas, como pode ser visto na Tabela 5, onde se vê a previsão

de utilização da capacidade da Célula 1, podendo se observar a ociosidade de máquinas como a fresadora (FR) e a retífica (RET), o que permite que peças de outras famílias possam vir a utilizar-se destas máquinas, e do excesso de carga para a fresadora Pfauter (P400), demonstrando que algumas peças da Família A terão que se deslocar para outra célula com a ociosidade na fresadora P400 (Oliveira, 2001).

Tabela 4. Família de peças A e respectiva célula com suas máquinas.

Célula 1		Peças da família A
Tipo de máquina	Operários	
Torno Imor VH-400	1	Engrenagem N114<16, N116
Torno Imor MVN-V	1	Engrenagem Maxidur NA117<25-28
Furadeira radial		Engrenagem N114 H>16
2 Fresadoras Pfauter P251	2	Engrenagem Maxidur N117>25-28
2 Fresadoras Pfauter P400		Anéis de Bronze N281-05/12
Fresadora Pfauter P900		Cubos N271-05/06 e N271/273-07/15
Retífica cilíndrica Schaudt AR500	1	Coroa Torneada N214-18/25
Chaveteira Fromag	1	Coroa Torneada N211-05/15
Rebarbadora Gratomat		Coroa Torneada N213-05/15
		Coroa Fresada Xevex
	Total = 6	

Tabela 5. Previsão de utilização da capacidade da célula 1.

Capacidade da Célula 1										
Tempo de usinagem anual										
Pecas	Consumo	TP	TP	FR	RET	Fromag	P251 (2x)	P400 (2x)	P900	Grat
Engrenagem N114<16, N116	2951	533	533	533	139			2142		
Engrenagem NA117<25-28	743	346	347	347	291			940		
Engrenagem N114>16	114								232,6	
Engrenagem N117>25-28	10								23,3	
Anéis de Bronze N281-05/12	11065	363	363							
Cubos N271-05/06	471	27	27							
Cubos N273-07/15	6294	665	665							
Coroa Torneada N214-18/25		52,4	52,4							
Coroa Torneada N211-05/15	11276	735,4	735,4	306	516,3					
Coroa Torneada N213-05/15	1740	298,3	298,3	143	261,4					
Coroa Fresada Xevex	12588						960	1437,6	477,5	
Total (horas/ano)		3020, 1	3020,1	879	778		960	4519,6	733,4	
Utilização (%)		94	94	28	25		30	141	23	

2 turnos = 3768 horas / ano com 85 % de eficiência = 3202 horas / ano.

Na Figura 4 temos a distribuição das máquinas na Célula 1, que além de permitir o menor movimentação de peças dentro da célula, foi montada com o cuidado de tornar mínima as distâncias percorridas por peças que não pertençam a Família A, mas que são também processadas nesta célula.

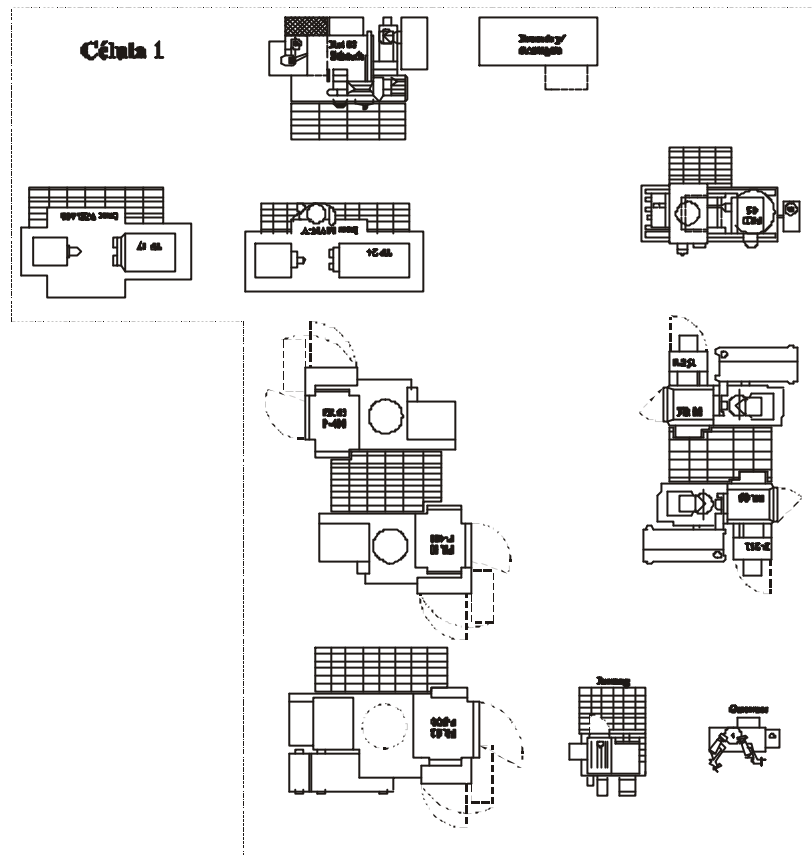


Figura 4. Layout da célula 1 formada para produzir a família A.

2.3. Resultados Obtidos Após a Implantação da Tecnologia de Grupo

Os seguintes resultados foram verificados após a implementação da tecnologia de grupo neste caso:

- Redução do número de operadores de máquina em quase 30%;
- Redução drástica no transporte interno de materiais, (de quatro empilhadeiras e três carrinhos para apenas uma empilhadeira);
- Redução do "lead time" de produção de 8 semanas para 3 dias em média;
- Redução do inventário em processo de US\$ 8.000.000 para US\$ 3.000.000;
- Redução da necessidade de áreas para armazenagem em processo e de pessoas envolvidas com o planejamento e controle da produção;
- Redução do número de controladores da qualidade de 30 para 5;
- Menor número de pessoas ligadas diretamente à área de manutenção;
- No início, pessoal não designado para as células, foi aproveitado em outras áreas;
- À medida que novas células eram implementadas, ocorreram dispensas e a implementação de uma nova política de pessoal, com a fábrica voltando ao normal apenas após a conclusão do programa.

3. FATOS E RECOMENDAÇÕES NA IMPLANTAÇÃO DA TG

Os seguintes fatos e recomendações puderam ser observados como importantes neste estudo de caso para a implantação da TG:

- Necessidade de treinamento e seleção de pessoal como fator principal para o sucesso do projeto;
- iniciar com projetos com maior probabilidade de sucesso;
- executar paulatinamente, evitando traumas;
- não depender da célula exclusivamente como fonte de suprimentos durante a implementação;
- não se deve esquecer o conceito de padronização;
- não subestimar o tempo de implantação;
- manter sempre o pessoal bem informado;
- permitir todos os tipos de envolvimento dos operadores;
- durante a implantação da **TG**, a redução do número de funcionários ligados à produção pode gerar insegurança insatisfação, o que pode ser contornado com uma nova política de pessoal.

4. CONCLUSÕES

- Na implantação da Tecnologia de Grupo, caracterizada como uma evolução dos sistemas de fabricação em lotes pequenos e médios, as seguintes condições foram fatores importantes para o sucesso: grande número de pequenos lotes; informações precisas dos componentes e respectivos dados de produção; componentes simples; flexibilidade da mão de obra; as quais quando satisfeitas, propiciaram uma adequação do layout de grupo (celular) ao tipo de produção da empresa. Neste sentido as condições verificadas pelos autores para o sucesso da implantação da TG na fabricação de componentes de sistemas engrenados estão de acordo com as proposições de Leonard e Koenigsberg (1972).
- Neste estudo, os resultados obtidos pela empresa foram bastante expressivos, mas não atingiram completamente as vantagens que se espera com a implementação da **TG**. Isto pode ser observado pela existência de fluxo de componentes entre células, contrariando um princípio básico da **TG** de que a célula deva ser capaz de processar por completo os componentes pertencentes àquela família.
- Verificou-se neste estudo que o princípio da auto-suficiência da célula geraria a compra de máquinas e equipamentos novos, o que a priori implicaria em ociosidade de máquinas. Para evitar o investimento em aquisição de novas máquinas, opta-se pelo aproveitamento da capacidade ociosa, fazendo o deslocamento de componentes de uma célula para outra. Este procedimento levou a um problema, típico do layout funcional, que é a divisão da responsabilidade sobre o processo de fabricação entre os operadores de mais de uma célula..
- Apesar dos problemas e dificuldades encontradas para a implantação, a **TG** trouxe benefícios e resultou uma opção vantajosa para a fabricação de sistemas engrenados de pequenos e médios lotes.

5. REFERÊNCIAS

- ARN, E. A., 1975, Group technology: an planning and implementation concept for small and medium batch production. Berlin, Spriner Verlag, 164p.
- BURBIDGE, J. 1975, The introduction of group technology, William Heinemann Ltd., 267p.
- BURBIDGE, J. L. 1991 Production flow analysis for planning group technology, Claredon Press, Oxford, 321p.
- BURBIDGE, J. L., 1994 - A strategy for the - introduction of group technology, International Journal of Manufacturing System Design, v1, pp 19-29.

- BURBIDGE, J. L., 1996 - The first step in planning group technology - International Journal of Production Economics, v 43, pp 261-266.
- DOWLATSHAHI, S. & NAGARAJ, M., 1998. Application of group technology for design data management, Computers and Industrial Engineering, v 34, n 1, pp. 235-255.
- EDINBAROUGH, A. I. & RADHAKRISHNAN, P., 1995 - Visual identification of industrial components using classification coding system, Computers in Industry, v 26, pp. 85-91.
- GEOGHEGAN, R. 1956. Reduce unnecessary variety to capitalize on automation, Automation, pp. 48-52.
- JSPMI 1980, Japanese Society for Promotion of Machine Industry - Guide Book for Group Technology Implementation, 73p.
- LEONARD, R. & KOENIGSBERGER, F., 1972. Conditions for the introduction of group technology. Proc. of the 13th International Machine Tool Designs and Research Conference, 13: pp. 125-129.
- MIN, H. & SHIN, D., 1994. A group technology classification and coding system for value-added purchasing - Production and Inventory Management Journal, first quarter, pp. 39-42.,
- OLIVEIRA, C. A. M., 2001, Estudo da Implementação da Tecnologia de Grupo em uma Empresa de Produção seriada de sistemas engrenados, dissertação de mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001, 128 p.
- OPITZ, H., 1970. A classification system to describe work-pieces - Oxford, Pergamon Press.
- XUE, D. & DONG, Z., 1997. Coding and clustering of design and manufacturing features for concurrent design, Computers in Industry, v 34 pp. 139-153.

5. DIREITOS AUTORAIS

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

IMPLEMENTATION OF GROUP TECHNOLOGY IN THE MANUFACTURING OF GEAR SYSTEMS COMPONENTS

Carlos Alberto Monezi

Dept. of Mechanical Engineering - Univ. Presbiteriana Mackenzie - Av. Pe Pereira de Andrade, 702 – 05469.000 São Paulo – SP. E-mail: monezi@usp.br.

Gilmar Ferreira Batalha

Dept. of Mechatronics and Mechanical Systems Engineering – Escola Politécnica da USP – Av. Prof. Mello Moraes, 2231 – 05508.900 São Paulo – SP. E-mail: gilmar.batalha@poli.usp.br

Marco Stipkovic Filho

Dept. of Mechatronics and Mechanical Systems Engineering – Escola Politécnica da USP – Av. Prof. Mello Moraes, 2231 – 05508.900 - São Paulo – SP. E-mail: kovic@osite.com.br and Dept. f Mechanical Engineering – Escola de Engenharia Mauá – 09580.900 – S. Caetano do Sul - SP

Abstract: *It is presented the fundamental aspects of Group Technology as a manufacturing philosophy. The main concepts related to it as well as their advantages are discussed. Besides, the methods for formation of parts families and machinery groups are shown. The paper is concluded with a case study about a real implementation of Group Technology in an industry that manufactures gear systems, the steps and the implementation results are shown and discussed.*

Keywords: *group technology, manufacturing processes, gear*