

# **Tecnologia de grupo e manufatura celular aplicadas ao projeto de leiaute industrial para pequenas e médias empresas: simplificação do fluxo de produção de uma empresa metal mecânica**

Rogério Ribeiro Clímaco (UFMG) [rclimaco@dep.ufmg.br](mailto:rclimaco@dep.ufmg.br)

## **Resumo**

*O presente trabalho descreve a elaboração do leiaute do novo pátio industrial de uma média empresa do setor metal mecânico. Em busca de uma maior eficiência na fábrica procurou-se formar uma combinação de arranjos físicos, utilizando-se de técnicas de tecnologia de grupo (TG) na implementação de células de manufatura, compondo um arranjo físico misto com o leiaute em linha. Dentre as diversas técnicas de TG existentes, será apresentada a Análise do Fluxo de Produção (AFP), a qual foi adotada de modo a estar simplificando e otimizando o sistema de produção da fábrica. Pretende-se ainda com este artigo estar estimulando futuras intervenções em pequenas e médias empresas brasileiras (PME's) em busca de uma maior competitividade no setor.*

*Palavras chave: Leiaute industrial, Análise do fluxo de produção, Células de manufatura.*

## **1. Introdução**

A busca pela solução de um leiaute industrial pode atingir altos níveis de complexidade devido aos seus diversos aspectos geométricos e combinatórios possíveis, englobando fatores quantitativos e qualitativos que quando associados, tornam-se difíceis de modelar e analisar. Para tal, existem diversas técnicas disponíveis na literatura, já amplamente testadas, que vem dar suporte a este processo de planejamento de leiaute. Contudo, faz-se pertinente buscar uma adequação destas técnicas à realidade e às necessidades das PME's.

Iniciando uma abordagem a estas técnicas, foi apenas a partir da década de 60 que os conceitos de Tecnologia de Grupo - TG, passaram a ser difundidos em países industrializados como Inglaterra, Alemanha, Estados Unidos e Japão no oriente. As origens do desenvolvimento de técnicas de agrupamentos de peças e máquinas em famílias, e estas em células de manufatura teve suas origens com o russo Mitrofanov (1966).

Em 1960 na Alemanha, Opitz (1971), desenvolveu um método denominado Sistema de Codificação e Classificação - SCC, o qual comparava as características geométricas de diversas peças. Esta técnica até dias de hoje é amplamente utilizada, quer seja para formação de famílias de peças e/ou componentes ou como precedente para utilização de outras técnicas.

Em 1963 na Inglaterra, Burbidge (1971), criou a metodologia de Análise de Fluxo de Produção - AFP. Trata-se de um método de agrupamento tradicionalmente utilizado na formação de famílias na TG, baseando-se no fluxo de produção do sistema produtivo.

Durante a década de 60, a TG foi utilizada apenas como uma técnica para otimização, onde se conseguia obter a diminuição de *setup* minimizando a troca de ferramentas nas máquinas. Porém, isto era feito apenas para uma máquina levando-se em conta a forma das peças semelhantes. Não existia a preocupação em se fazer um fluxo de produção balanceado. Desta forma, as máquinas subseqüentes na produção não conseguiam acompanhar o mesmo desempenho, aumentando assim o tempo de espera de material.

Assim, houve um aumento da produtividade do ciclo de fabricação, contudo a montagem não sofreu melhoramento. Ocorreu o aumento de estoque em processo e de estoque de produtos acabados, haja vista que apenas algumas máquinas trabalhavam nesse novo sistema. O novo sistema de produção exigia alterações no planejamento e controle de produção, reestruturando a parte social e as formas de incentivos, pois se tratava de uma nova filosofia de produção.

A partir dos anos 70, ocorreram as primeiras iniciativas em produzir todas peças de uma mesma família em um conjunto de máquinas através da célula piloto. O que seria a primeira idealização de um leiaute celular nos sistemas de produção para pequenos e médios lotes.



Em tempos atuais, Black (1991) aponta ampla aplicação, tanto da TG como da manufatura celular - MC, em diversas indústrias do setor metal mecânico, tais como as de autopeças, fábrica de rolamentos, amortecedores, freios, motores, caixas de câmbio, compressores, serralharias; dentre outros setores como indústrias de plásticos e brinquedos. Exemplos sobre a aplicabilidade da AFP podem ser encontrados em Burbidge (1992).

## 2. Objetivo

Fazer uso de técnicas de TG na implementação de células de manufatura - CM, procurando otimizar o fluxo de produção no chão de fábrica, simplificando seu fluxo durante o processo de fabricação. Atendendo assim a necessidade de maior competitividade de uma média empresa através do uso mais eficiente e eficaz seus recursos disponíveis, elaborando e implementando um novo leiaute industrial.

## 3. Revisão bibliográfica

Os diferentes tipos de arranjos físicos guardam uma coerência da relação existente entre as exigências de determinado tipo de produto (estas de quantidade e variedade a ser produzida) e a natureza do processo produtivo presente na linha fabril. O quadro 1 mostra como a variação de volume de produção versus a gama de produtos ofertados pela empresa definem o tipo de sistema produtivo mais adequado à sua linha fabril, que por sua vez induzem ao arranjo físico, que pode ser específico ou híbrido.

PRODUTO		PROCESSO DE MANUFATURA	ARRANJO FÍSICO
Volume	Variedade		
 baixo . médio . alto	 alta . média . baixa	por Projeto	Posicional
		<i>Jobbing</i>	
		Batelada (lotes)	por Processo
		em Massa	Celular
		Contínuo	por Produto

Fonte: (Adaptado de Black, 1990)

Quadro 1 - Tendências do arranjo físico conforme os tipos de produtos e processos produtivos.

De acordo com Gaither (1990), CM é um arranjo físico de máquinas e pessoas, a fim de realizarem as atividades necessárias à transformação dos materiais e insumos em uma família específica de produtos e/ou componentes. Cada célula tem seu próprio grupo de trabalho e maquinário (sendo uma máquina de cada tipo), necessários à produção da família de componentes a ela alocado. Já a MC, é um modelo de organização fabril, consistente na existência de células de manufatura, o qual é operacionalizado através da TG.

Família é definida por Oliveira (1998) como: "uma coleção de peças, as quais são praticamente idênticas ou similares. Elas podem ser relacionadas através da forma geométrica

e/ou tamanho de uso de operações similares de fabricação. Ou ainda, serem dissimilares em formato, mas relacionadas por terem todas ou algumas operações comuns de manufatura".

A TG, consiste em técnicas de agrupamentos que visam identificar famílias de componentes e máquinas existentes no sistema funcional com alto grau de similaridade interna, a ponto de justificar o agrupamento dos diversos elementos em células. Estas mudanças propostas pela TG trazem significativa redução de custos na área produtiva da empresa.

A Tecnologia de Grupo é ideal para sistemas produtivos de pequenos e médios lotes e médias variedade de produtos, aonde esta metodologia vem trazendo para as empresas grandes benefícios em seu gerenciamento produtivo.

Destacando a Análise do Fluxo de Produção, a qual foi amplamente utilizada nesta pesquisa aplicada, Oliveira (1998) a define como sendo: " ... uma técnica que estuda o fluxo de fabricação de cada peça através das máquinas e de seus processos, em cada unidade produtiva. As peças com fluxos de produção coincidentes são agrupados e identificados como uma família. Ela é utilizada para simplificar o fluxo de produção através deste agrupamento de peças que seguem uma mesma seqüência de fabricação".

O objetivo do método AFP é identificar o melhor agrupamento natural das máquinas, para que cada um destes agrupamentos tenha a estrutura necessária para produzir completamente uma particular família de peças, segundo exposto por Burbidge (1989).

A AFP propicia condições para que a fábrica suporte um aumento de produtividade, devido: ao menor *lead time* de transporte (propiciado pela racionalização de movimentação de peças entre as máquinas e departamentos); ocorrendo redução no tempo de fabricação; permitindo o aumento no volume de produção; e diminuindo os estoques intermediários; minimizando o fluxo de produção cruzado e eliminando fluxos opostos; possibilitando uma maior facilidade de planejamento e controle da produção.

#### **4. Método aplicado**

##### **4.1. A empresa estudada**

A empresa onde foi realizado o trabalho empírico é detentora de uma posição consolidada no mercado. Seu ramo de negócio é a montagem e/ou projeto de perfilados de alumínio extrudados para construção civil. A empresa possui um *mix* de produtos altamente elevado e diversificado (mais de 110 produtos), sendo especialistas em diversas linhas de produtos dentro do universo de perfis de alumínio. O lançamento de novos produtos é uma constância neste setor, altamente competitivo.

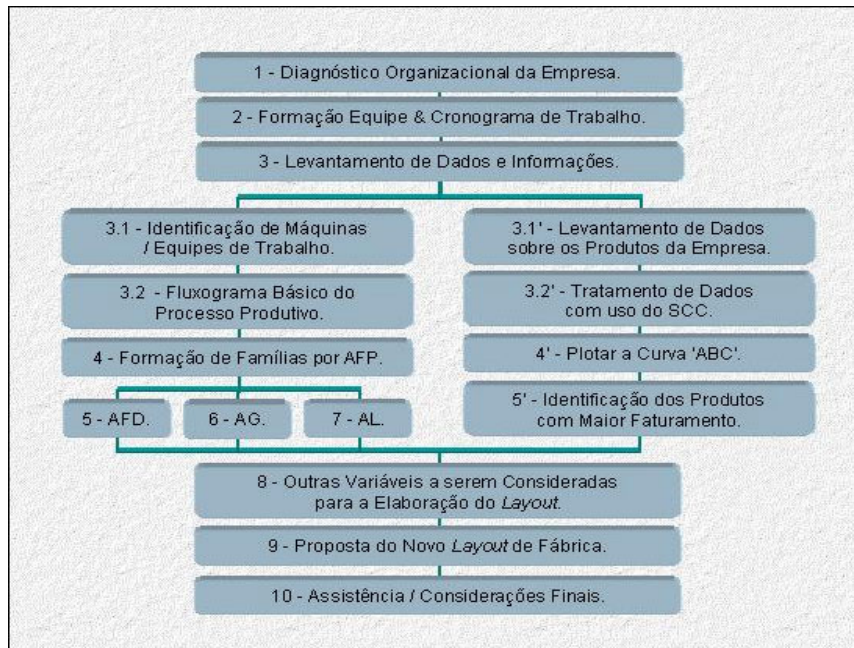
A elaboração do novo leiaute e a mudança para novas instalações da fábrica veio a solucionar problemas crônicos da fábrica, tais como: três níveis de pavimentos, almoxarifado no nível do subsolo, presença de muitos fluxos cruzados, corredores estreitos e pouca visibilidade da área produtiva, máquinas com isolamentos inadequados, transporte de barras inapropriados.

Foi observado que na empresa, os sócios tinham boa noção sobre quais produtos seriam mais rentáveis, mas não existia uma comprovação mensurada, nem tão pouco uma utilização adequada destas informações de forma a priorizar e melhorar a produção.

Com relação aos seus objetivos estratégicos, a empresa compete atualmente em qualidade e diferenciação de produtos, além de estar buscando uma maior eficiência para crescer dentro da estrutura já existente, otimizando os seus recursos e racionalizando melhor o trabalho.

##### **4.2. Método utilizado na construção do leiaute**

O fluxograma da figura 1 esquematiza as etapas para a realização do projeto de construção do leiaute da nova planta da fábrica.



Fonte: (Adaptado de Oliveira, 1998)

Figura 1 - Etapas do projeto para a implementação do leiaute industrial.

## 5. Pesquisa empírica

Com o agrupamento de seu *mix* de produtos em famílias, obteve-se a Curva ABC, da qual pôde-se identificar os produtos de maior faturamento, ou seja os de maior importância para a empresa, os quais corresponderam a um total de 85 % do faturamento acumulado. Para tal, foi primordial a utilização do SCC adotado na empresa (caso este não exista, deve ser elaborado).

Aplicando a AFP pode-se identificar as etapas comuns no processo de fabricação. Com base nesta similaridade, agruparam-se as máquinas cujos produtos percorriam a mesma seqüência produtiva. As peças cujos fluxos de produção coincidentes foram agrupadas e identificadas como uma família, simplificando assim o fluxo de produção.

Com a Análise do Fluxo de Fábrica - AFF, foi possível encontrar o fluxo de materiais entre unidades de processamento da fábrica, para então procurar torná-lo o mais suave possível, sem fluxos cruzados, como pode ser visto na figura 3. Para tal, fez-se necessário realizar: o fluxo atual de produção e a simplificação do fluxograma básico.

As máquinas e ferramentas utilizadas na fábrica são de médio porte e na maioria de pequeno porte. Cada célula foi dotada de todo ferramental necessário à produção de uma família de produtos. As células foram alimentadas com todos acessórios necessários à sua produção, assim como da matéria prima mais essencial, que são as esquadrias de alumínio cortadas, oriundas do departamento n.º 2, o que poderá ser visto na rede de AFF - figura 3.

O melhoramento de seu processo produtivo também ocorreu através da AG e da Análise de Linha - AL. Otimizando as disposições das máquinas, priorizando a fabricação dos produtos mais estratégicos da empresa e identificando as etapas semelhantes à produção destes. Buscou-se um melhor agrupamento do maquinário de médio porte, resultando na formação de uma única célula com leiaute em linha, a qual corresponde ao departamento n.º 2 da figura 3.

A AG possibilitou formar famílias de peças e grupos de máquinas, com o intuito de descobrir o padrão de fluxo mais simplificado, para produzir a peça em apenas uma célula. A figura 2 contém dados que retratam a seqüência tecnológica de fabricação e as famílias de produtos que foram utilizados durante a AG. As peças que possuíam a mesma rota foram agrupadas



numa família e as máquinas que executam as operações dessa rota foram agrupadas.

ETAPAS DE FABRICAÇÃO											
	Corte de Barras	Corte Dedicado	Corte {Pafunça}	Prensagem 45.º - 90.º	Prensagem Tipo 1	Corte {Guilhotina} Tipo 2	Dobramento	Pontecamento	Esmerilagem		
Quantidade de Máquinas:	2	2	3	1	2	2	1	1	1	2	
FAMÍLIAS DE PRODUTOS	Códigos das Máquinas de Médio Porte										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	
Linha $\alpha$ produto A e B	Códigos das Famílias	A	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Linha $\beta$ produto C		B	✓	✓	✓		✓				
Linha $\beta$ produto A e B		C	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓
produto D		D	✓	✓				✓	✓	✓	✓
produto E		E	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Linha $\delta / \epsilon$ produto A e B		F	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓

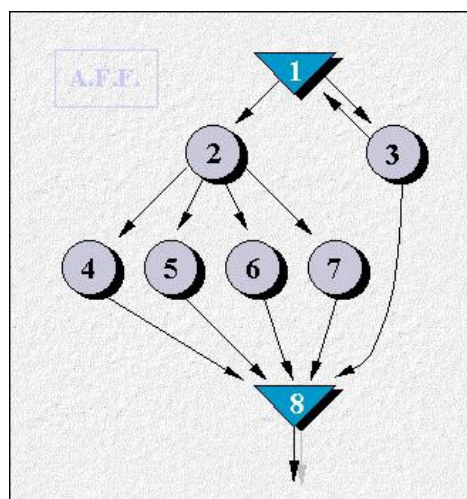
Fonte: Levantamento do próprio Autor

Figura 2 - Matriz das inter-relações entre máquinas e famílias de produtos para posterior agrupamento.

Na realização da AG procurou-se inicialmente formar famílias de produtos a partir da similaridade do processo de fabricação existente entre estes. Na figura 4, a matriz de AG mostra as inter-relações entre as famílias de produtos (codificadas como A, B, C, D, E e F) e as máquinas (codificadas de M1, M2, . . . até M10).

A AL por sua vez, possibilitou encontrar o melhor arranjo físico para a célula, através da análise da seqüência na qual os componentes são usados nas máquinas do grupo, determinando quais máquinas devem ficar próximas uma da outra, obtendo-se um fluxo o mais próximo possível do linear.

## 6. Resultados e análises

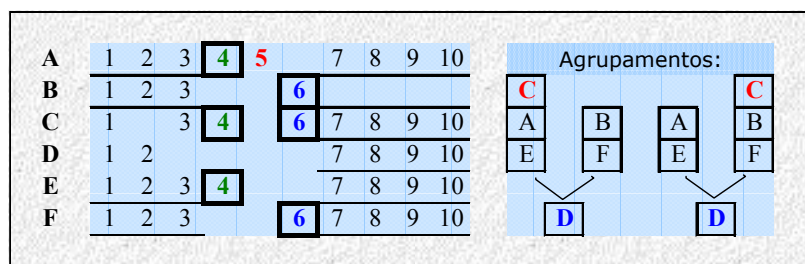


Fonte: Próprio Autor

Figura 3 - Rede de análise do fluxo de fábrica implementada na empresa.

Na figura 3, os departamentos n.º 1 e 8 representam respectivamente o almoxarifado e setor de embalagem/controle de qualidade. No departamento n.º 2 estão concentradas as etapas de cortes de barras dispostas em linha, cujas etapas são comuns a todos produtos. Pela proposta, a fábrica passou a ser dotada de cinco equipes (n.º 4/5/6/7 e 3), ou grupos de trabalho.

Em relação à AG, numa primeira análise da figura 2, sem ponderar ainda os dados obtidos com a Curva ABC, tem-se a possibilidade de um agrupamento de A→E, e de B→F. Podendo D ser agrupado tanto com AE ou com BF. Na família C agrupada com AE tem-se M6 como elemento extracelular, já C→BF tem-se M4 como exceção, conforme constatado na figura 4.



Fonte: Próprio Autor

Figura 4 - Primeira matriz de Análise de Grupo; famílias produtos (A-F) versus máquinas (1-10).

Esta análise foi realizada sem ponderar os dados de seus produtos de maior faturamento. Tratando-se de um agrupamento mais simplificado, onde os critérios para tal foram semelhanças na fase inicial de produção dos produtos; o que pode ser visto na tabela 1.

Classes	Produtos Agrupados	% do n.º Produtos Agrupados	% Faturamento
A	1 e 2	15,38	69,93
B	3 e 4	15,38	15,31
C	5 a 13	69,24	14,76
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: Próprio Autor.

Tabela 1 - Classes de produtos em função do faturamento da empresa.

Inicialmente, o *mix* de produtos foi pré-agrupado em 13 famílias de produtos, cada qual com seu peso no faturamento. Destas famílias, algumas eram dotadas de seqüências tecnológica muito semelhantes ou mesmo idênticas, o que possibilitou serem re-agrupadas em novas famílias de produto, as mesmas numeradas de A até F desde a figura 2. Em uma segunda análise, ponderando-se os dados obtidos na Curva ABC dos produtos mais rentáveis, obteve-se a tabela 2:

Famílias	% Faturamento
E	41,76
C	30,64
A	10,08
B	2,42
F	1,66
D	1,45
Não se aplicam	11,99

Fonte: Levantamento do próprio Autor

Tabela 2 - Produtos de maior valor agregado.

As famílias ECA corresponderam aproximadamente a 82 por cento do faturamento da empresa. Logo, poder-se-ia agrupar da seguinte maneira (ver figura 5):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	6	7	8	9	10	
<b>E</b>	X	X	X	X			X	X	X	X									
<b>C</b>	X		X	X		X	X	X	X	X									
<b>A</b>	X	X	X	X	X		X	X	X	X									
											X	X	X	X					
											X	X			X	X	X	X	
											X	X	X	X	X	X	X	X	

Fonte: Levantamento do próprio Autor

Figura 5 - Segunda matriz de Análise de Grupo, AG.

Em uma terceira análise, desta vez levando-se em conta o número de máquinas existentes na fábrica (este podendo ser observado na figura 2), nota-se que seria preciso duplicar as máquinas M7, M8 e M9, para estar formando dois grupos de máquinas, um com produtos que agregam valor - ECA e outro com produtos pouco rentáveis - BFD, portanto não estratégicos para a empresa. Porém, as máquinas M7 e M8 tem valor monetário significativo, além do que, lembrando os interesses dos sócios, era objetivo da empresa crescer dentro da estrutura existente, o que notoriamente veio a inviabilizar a formação de dois agrupamentos de máquinas.

Como estas etapas de fabricação são comuns a todas famílias de produtos, formou-se uma célula única. Apesar de B, F, e D corresponderem a apenas 5,53% do faturamento, estas puderam ser agrupados sem prejuízos aparentes a E, C, e A. Este agrupamento único pode ser visto na figura 6.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>E</b>	X	X	X	X			X	X	X	X
<b>C</b>	X		X	X		X	X	X	X	X
<b>A</b>	X	X	X	X	X		X	X	X	X
<b>B</b>	X	X	X			X				
<b>D</b>	X	X					X	X	X	X
<b>F</b>	X	X	X			X	X	X	X	X

Fonte: Próprio Autor

Figura 6 - Matriz final da Análise de Grupo, AG.

Desta forma, em um segundo momento, com posse de dados tanto da matriz de AG como da Curva ABC, estes dados foram cruzados e analisados para melhor atingir os resultados esperados com a AG e posterior formulação do leiaute.

Na Análise de Linha, fez-se pertinente na elaboração do leiaute procurar manter proximidade das máquinas M1 à M4 (ou 1/2/3/4 como na figura 6), as quais representam o processo inicial de fabricação, não apenas das famílias de produtos de maior valor agregado mas de todas estas, numa seqüência de produção em linha. As máquinas M5 e M6 próximas do grupo M1 à M4, pois seqüencialmente fazem parte do processo de fabricação dos produtos E e A, bastante rentáveis para a empresa. Proximidade do conjunto de máquinas M7 à M10, as quais fabricam buchas e baguetes, peças de grande importância que estruturalmente dão sustentação aos perfis quando devidamente montados e instalados, sendo utilizadas em diversos produtos. É

importante a proximidade destas máquinas do almoxarifado, tendo em vista que produtos semi-acabados retornam ao estoque.

Conforme já mencionado, existiram outras variáveis que foram consideradas na elaboração do leiaute, as quais não foi possível de serem plenamente contempladas nas técnicas aqui apresentadas. Mas que constituíram de grande importância, muitas vezes significando restrições decisivas ao problema em questão sobrepondo certas indicações técnicas das soluções encontradas nas análises.

## 7. Conclusões

Na abordagem realizada, foi proposto um leiaute com arranjo físico híbrido de modo que seu sistema produtivo fosse estruturado mesclando produção em linha e a manufatura celular. Sendo esta última com o intuito de ser coerente com sua diversidade de produtos fabricados, mantendo assim uma alta flexibilidade produtiva em lotes e uma pronta adaptação ao lançamento de novos produtos (em substituição de seus predecessores), o que neste segmento de mercado se trata de uma constância. Já a produção em linha concentra atividades seqüenciais comuns a todas etapas de fabricação, as quais precedem as células de manufatura.

A AFP demonstrou ser uma técnica que utilizada um baixo nível de investimento possibilitando sua implementação imediata, conseguindo assim resultados em curto prazo. Outro ponto a favor foi observado, os poucos quesitos para sua implementação; sendo de simples utilização, manuseio e de fácil interpretação pelo usuário. Assim, o método permite a simplificação do fluxo de produção, tornando a planta mais produtiva pela otimização de seus recursos, economizando novos e caros investimentos em maquinaria ou pessoal para a ampliação da capacidade produtiva.

Durante a pesquisa aplicada, não foi adotada apenas uma técnica de TG, que fosse tida como ideal e que substituísse a todas as outras. É importante destacar o comum emprego de mais de um método de TG na formação das famílias, a AFP com suporte do SCC, de forma que estas vieram a complementar o método, beneficiando a acuracidade dos dados e facilitando a tomada de decisões por parte dos projetistas.

A implementação de células de manufatura não envolveu todas as áreas da fábrica, mas somente aquelas em que foi possível, interessante ou tecnicamente e economicamente aceito dentro de um estudo prévio de viabilidade.

## Referências

- BLACK, J.T. (1991) - *The Design of the Factory With a Future*. McGraw Hill.
- BURBIDGE, J. L.(1971) - *Production Flow Analysis. The Production Engineer - april/may*.
- BURBIDGE, J. L. (1989) - *Production Flow Analysis for Planning Group Technology. The Production Engineer - april/may*.
- BURBIDGE, J. L. (1992) - *Change to Group Technology: Process Organization is Obsolete. International Journal of Production Research*, v.30, n.º 5, p. 1209-1219, 1992.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G.V. (1990) - *From Job-Shops to Manufacturing Cells. Production and Inventory Management Journal. 4th. Quarter*.
- MITROFANOV, S. P. (1966) - *The Scientific Principles Of Group Technology. Boston, National Library for Science and Technology*.
- OLIVEIRA, V. G. R. S. (1998) - *Simplificação do Fluxo de Produção para Pequenas e Médias Empresas Industriais*. Belo Horizonte, out. 1998, UFMG. (Tese, Mestrado em Engenharia de Produção).
- OPITZ, H. & WIENDAHL, H. P. (1971) - *Group Technology and Manufacturing Systems for Small and Medium Quantity Production. International Journal of Production Research*, v.9, n.º 1, p. 181-203.