

Isto denota um problema , já citado em (LIGGET e TREVINO,1992), que é a falta de indicadores específicos para as células.

Dentre os indicadores citados na pesquisa , apenas o “% de Valor Agregado” não é utilizado. Tal fato revela uma inconsistência, uma vez que este indicador é utilizado tipicamente nas situações em que se deseja quantificar os tempos improdutivos associados ao *lead time* de fabricação, e a empresa E2 citou como objetivo prioritário, a redução de tempos improdutivos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As empresas analisadas neste trabalho apresentam características, objetivos e motivações semelhantes para a adoção de células de fabricação. Para tais empresas, o AFC (arranjo físico celular) mostrou-se mais adequado às características de seus sistemas produtivos, que os tradicionais arranjos funcionais.

No entanto, por terem projetado suas células há cerca de 10 anos, apresentam sinais de necessidade de melhorias e modernização de seus arranjos. Isto pode ser verificado quando se identifica que o método utilizado para projeto e os indicadores de desempenho foram estruturados com base nas ferramentas disponíveis na época de projeto.

Atualmente, existem métodos , ferramentas e indicadores específicos para manufatura celular, que podem ser aplicados, visando a melhoria da performance destes arranjos.

Para as empresas analisadas, trata-se agora não mais de apresentar resultados superiores aos arranjos funcionais, mas buscar continuamente, a melhoria de desempenho do arranjo físico celular.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COUTINHO, L. e FERRAZ, J.C. *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira*. Papirus Editora. 510p. 1995.

ARRUDA, J. Perfil das empresas usuárias de Tecnologia de Grupo e Manufatura Celular. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção/ ENEGEP 95*. São Carlos. 1995.

DILMAN,D.A . *The Total Design Method: Mail and Telephone Surveys*. John Wiley & Sons. 518p.1978.

BURBIDGE, J.L. *An Introduction to Group Technology*. John Wiley & Sons, 190p.1971.

KUSIAK,A . *Intelligent Manufacturing Systems*. Prentice Hall. 290p. 1991.

BLACK,J.T. *The Factory with a Future*. Prentice Hall. 154p. 1991.

LIGGET,H.R. e TREVINO, J. “The Application of Multi-Attribute Techniques in the Development of Performance Measurement and Evaluation Models for Cellular Manufacturing”. *Flexible Automation and Information Management*. 1992. p712-721.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Analisando-se as tabelas mostradas no item anterior, verifica-se que as duas empresas apresentam diversidade de produtos (na faixa de 10 a 50 produtos fazem parte do *mix* de cada uma) e desenvolvem constantemente novos produtos. Embora a média anual de novos produtos não seja alta, estas empresas caracterizam-se por produtos de alta complexidade tecnológica e grande número de componentes (ordem de milhares) e sub conjuntos (4 a 5 níveis de estrutura de produto).

Seus sistemas produtivos caracterizam-se por trabalhar em lotes pequenos e médios, com lotes de transferência próximos (empresa E2) ou iguais (empresa E1) aos lotes de produção. A preocupação constante com a redução dos tempos de preparação de máquinas foi identificada nas duas empresas: ambas utilizam sistemas TRF (Troca Rápida de Ferramentas), embora apenas a empresa E1 utilize os conceitos de Ferramental de Grupo. O sistema produtivo da empresa E1 caracteriza-se por trabalhar com peças de grande porte e média de poucas operações por peça (3 a 5) ; na empresa E2 os lotes são maiores e as peças, por serem de pequeno porte, são mais facilmente transportadas internamente, mas o número médio de operações por peça é bastante alto (acima de 12 operações) . Isto pode ser relacionado com os objetivos prioritários declarados pelas empresas, para adoção do AFC (Arranjo Físico Celular) : a empresa E1 citou a flexibilidade em relação ao fluxo produtivo como objetivo prioritário, enquanto a empresa E2 citou a necessidade de reduzir tempos improdutivos (esperas, filas, paradas não previstas) como prioridade.

Em relação ao método utilizado no projeto das células, em ambas as empresas pesquisadas foi citada a PFA (“*Production Flow Analysis*”), ou Análise de Fluxo de Produção (BURBIDGE,1971) . Este fato pode ser relacionado com o tempo de funcionamento das células (5 a 10 anos na empresa E1 e mais de 10 anos na empresa E2), uma vez que este método foi utilizado com muita frequência na década de 80 pelas empresas que implantaram células. Atualmente existem métodos mais simples e rápidos para o projeto de células (KUSIAK,1991) , e que poderiam ser utilizados para otimização dos *layouts* atuais destas empresas.

Outra característica importante para as empresas pesquisadas é que ambas utilizam manufatura celular em todo o seu sistema produtivo (100%) e utilizaram equipes internas para o desenvolvimento de projeto das células. O grande inconveniente deste tipo de abordagem, quando se compara esta situação aos projetos desenvolvidos por empresas de consultoria e equipes externas, é a dificuldade em se documentar adequadamente os procedimentos adotados no projeto. Esta falta de cuidado com o registro das etapas de projeto, quando realizado internamente, muitas vezes pode comprometer trabalhos posteriores de adaptação do arranjo físico à introdução de novos itens produtivos , aumentos de capacidade e introdução de novos equipamentos.

Quanto aos benefícios que as empresas identificaram, após a adoção do AFC, destacam-se a redução de *lead time* e a melhoria do fluxo produtivo. Embora a redução dos tempos de preparação de máquinas seja citada constantemente na literatura como um dos benefícios potenciais do uso de AFC (KUSIAK,1991), em ambas as empresas tal redução ocorreu apenas quando os sistemas TRF foram implementados, como ferramentas de apoio, e utilizados em conjunto com o AFC.

A análise dos indicadores de desempenho utilizados pelas empresas merece especial atenção. Com exceção do indicador “Tempo de Ciclo” , que é característico dos arranjos celulares (BLACK,1991), e é utilizado pela empresa E1, os demais indicadores usados são aplicados a qualquer sistema produtivo, independentemente do arranjo físico adotado.

As empresas analisadas apresentaram motivações diferentes, para adoção de arranjos físicos celulares (AFC) em suas instalações produtivas. Os objetivos prioritários, benefícios e ferramentas de apoio estão detalhados na tabela 4 , seguinte.

Tabela 4: Benefícios do AFC nas empresas pesquisadas

IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA	E1	E2
Objetivos prioritários para adoção do AFC	Flexibilidade em relação ao fluxo produtivo	Reduzir tempos improdutivo
Benefícios obtidos com o AFC (citados em ordem de prioridade pelas empresas pesquisadas)	1. Melhora de fluxo produtivo 2. Redução dos lotes de produção 3. Redução do <i>lead time</i> 4. Melhora da qualidade	1. Redução dos tempos improdutivo 2. Melhora do fluxo produtivo 3. Redução do <i>lead time</i>
Técnicas e ferramentas de apoio utilizadas	Ferramental de grupo Sistemas TRF (*) Sistemas JIT (**)	Sistemas TRF (*) Sistemas JIT (**)
(*) TRF: Troca Rápida de Ferramentas (**) JIT: <i>Just In Time</i>		

Para avaliar o funcionamento das células, são utilizados indicadores de desempenho. Embora existam indicadores desenvolvidos especialmente para avaliar a eficiência de projeto e de funcionamento das células, as empresas analisadas utilizam os indicadores tradicionais. A relação dos principais indicadores utilizados está mostrada na tabela 5.

A empresa E1 promove alterações de arranjo físico em intervalos variáveis de 6 meses a 1 ano. A empresa E2 faz alterações de arranjo em intervalos maiores, de 1 a 3 anos.

Em ambos os casos, no entanto, tais alterações não são motivadas por tentativas de otimização, mas por necessidades de introdução de novos processos (novos equipamentos) ou aumento de capacidade produtiva. No item seguinte deste trabalho os resultados obtidos são avaliados.

Tabela 5: Indicadores de Desempenho utilizados pelas empresas pesquisadas

IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA	E1	E2
Tempo de Ciclo (*)		
<i>Lead Time</i>		
Tempo de Preparação		
Produtividade (unidades/hora.homem)		
Índices de refugo e retrabalho		
Percentual de Utilização de Máquinas		
Eficiência Operacional		
Percentual de Valor Agregado		
Rendimento Global do Equipamento (**)		
(*) Medida utilizada somente em arranjos celulares (**) Medida utilizada como parte da metodologia de aplicação de MPT (Manutenção Produtiva Total)		

Tabela 1: Caracterização das empresas pesquisadas

IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA	E1	E2
Produto Principal	Máquinas rodoviárias, tratores e veículos especiais	Sistemas automotivos e autopeças
Principais Clientes	Empreiteiras, construção civil, órgãos públicos	Montadoras automotivas
Origem	Norte americana	Norte americana
Número de Unidades no Brasil	1	3 (*)
Localização	Piracicaba/SP	Piracicaba/SP Jambeiro/SP Paraisópolis/MG
Número de Funcionários	2700	1000
Participação no Mercado	50 a 75%	25 a 50%
(*) Obs.: Os dados desta pesquisa referem-se à unidade de Piracicaba/SP		

A tabela 2 apresenta as características dos sistemas produtivos das empresas analisadas.

A manufatura celular é utilizada principalmente para as empresas que se caracterizam por fabricar pequenos e médios lotes, situação típica de grande parte da indústria atual, dadas as necessidades de diversificação de produtos e crescente velocidade na introdução de novos produtos.

Tabela 2: Caracterização do sistema produtivo das empresas pesquisadas

IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA	E1	E2
Sistema produtivo	Fabricação em lotes	Fabricação em lotes
Média Anual de de Novos Produtos	2 a 3	5 a 7
Número de Produtos (Mix)	10 a 50	10 a 50
Tamanho Médio dos lotes de produção	20 a 200 unidades	Acima de 500 unidades
Tamanho Médio dos lotes de transferência	20 a 200 unidades	100 a 250 unidades
Tempo Médio de Preparação de Máquinas	10 min	10 a 30 min
Lead Time de Produção	14 dias	2 a 7 dias
Tempo Médio de Operações por Máquina	30 a 60 min	NF
Número Médio de Operações por Peça	3 a 5	Acima de 12 operações

As duas empresas analisadas neste trabalho, foram selecionadas em função do tempo que utilizam manufatura celular, o que permite estudar com mais detalhes os principais problemas que estas empresas enfrentam no gerenciamento deste tipo de arranjo físico.

A tabela 3 seguinte mostra as características principais de arranjo físico adotado pelas empresas analisadas.

Tabela 3: Caracterização do arranjo físico do sistema produtivo das empresas pesquisadas

IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA	E1	E2
Arranjo Físico Predominante	Celular 100%	Celular 100%
Projeto das Células e Identificação do Setor Responsável	Interno, Engenharia de Planejamento	Interno, grupo multifuncional
Tempo de Utilização	5 a 10 anos	Mais de 10 anos
Metodo/ Técnica de Projeto Utilizada	Análise de Fluxo da Produção (PFA)	Análise de Fluxo da Produção (PFA)

As desvantagens são:

- Poucos questionários retornam;
- A falta de compreensão dos correspondentes, gera um grande número de questões sem respostas ou nulas;
- Pessoas analfabetas não podem responder;
- Influência de uma questão para outra, devido à leitura de todas as perguntas anteriormente;
- Atraso na devolução do questionário, afetando o calendário ou a sua utilização.

A entrevista pessoal é uma maneira de se obter informações face a face com o entrevistado. Na entrevista pessoal são proporcionadas ao entrevistado todas as informações necessárias para sua compreensão. Ela permite ao entrevistador, observar as reações do entrevistado e utilizar estímulos para que as respostas sejam satisfatórias.

As vantagens da entrevista pessoal são:

- Pode ser respondido por pessoas analfabetas;
- Obtenção de dados não documentados, possibilitando obter informações mais precisas;
- Maior flexibilidade ao entrevistador na formulação da pergunta de maneira diferente, a fim de proporcionar compreensão;
- Quantificação dos dados que podem ser submetidos à tratamento estatístico.

As desvantagens são:

- O entrevistador pode influenciar o entrevistado;
- Indisposição de tempo do entrevistado para dar as informações necessárias devido a entrevista ocupar muito tempo;
- Dificuldade de comunicação e expressão de ambas as partes;
- Falta de controle do entrevistador na coleta de dados;
- Receando que sua identidade seja revelada, o entrevistado retém alguns dados importantes.

O tipo de entrevista usado é a padronizada ou estruturada, onde o entrevistador segue um roteiro de questões pré-determinadas, não podendo alterar a ordem dos tópicos ou fazer outras perguntas que não estejam elaboradas no questionário, isto é, o pesquisador não é livre para adaptar suas perguntas a uma determinada situação.

O motivo da padronização é obter, dos entrevistados, respostas às mesmas perguntas, para que elas sejam comparadas entre si.

No item seguinte deste trabalho, são apresentados os principais dados obtidos nas empresas pesquisadas.

3. PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS

As duas empresas escolhidas para detalhamento da análise sobre a utilização de manufatura celular estão caracterizadas na tabela 1, seguinte.

Ambas se caracterizam por apresentar participação significativa no mercado em que atuam, tanto interno como externo, por apresentarem políticas definidas de qualidade (ambas são certificadas por normas de qualidade) e atuarem no ramo metal mecânico.

2. PRINCÍPIOS DO TDM (*TOTAL DESIGN METHOD*)

O TDM (*“Total Design Method”*) foi o método escolhido para obtenção de dados neste projeto de pesquisa. O TDM é considerado tão eficaz quanto as pesquisas que se baseiam em entrevistas cara-a-cara (DILMAN, 1978). Antigamente os métodos usados para questionários aplicados por correspondência e por telefone apresentavam muitas deficiências, sendo constantemente necessária a comprovação de dados coletados.

Os objetivos do TDM consistem em obter índices de respostas maiores, de maior qualidade e satisfação aos pesquisadores, através da aplicação de alguns princípios norteadores, tanto na elaboração dos questionários, como na sua utilização.

Para o sucesso do método, os princípios considerados fundamentais são: planejamento, sincronização, supervisão e controle ao conduzir o projeto. Ao organizar todos os levantamentos, deve-se identificar cada aspecto do processo e associar qual deles afeta a qualidade e a quantidade de respostas e modelá-los em padrões semelhantes para assim obter melhores respostas.

Para a obtenção de alta qualidade de dados é necessário grande atenção para detalhes da administração. Um projeto administrativo tem como essência a identificação de tarefas por completo e a determinação da dependência de cada tarefa, caracterizando a ordem e o método pela qual cada tarefa será feita.

2.1. O usuário e o método no levantamento de dados

Os métodos usuais para levantamento de dados são três:

- Correio;
- Telefone;
- Entrevista pessoal.

A diferença entre eles está no tipo e na estrutura das questões a serem feitas. Este trabalho utilizou também correio eletrônico para obtenção de dados e troca de informações com as empresas pesquisadas.

2.2. O questionário e as formas de obtenção dos dados

Quando o questionário for enviado pelo correio, deve apresentar questões simples e de fácil compreensão. Junto a ele deve-se anexar documentos com explicações sobre a importância da pesquisa, tentando motivar o correspondente a preencher e a reenviar o questionário em curto prazo.

As vantagens dos questionários enviados pelo correio são:

- Economia de tempo, viagens e de pessoal para aplicá-los;
- Obtenção de grande número de dados devido à liberdade de respostas pelo anonimato;
- Respostas seguras por não serem identificadas;
- Grande número de pessoas respondem em horas mais favoráveis, num maior tempo;
- A não influência do pesquisador gera menos possibilidade de distorções nas respostas.

- a) redução dos níveis hierárquicos e reestruturação administrativa, para absorver os novos modelos de organização;
- b) seleção de linhas de produtos visando concentração em áreas de comprovada competência;
- c) reestruturação produtiva com adoção de novas técnicas, produção enxuta e compacta, novos *layouts*, visando produzir sem estoques, aumentar a eficiência, a qualidade, e obter flexibilidade.

Dentre as técnicas mais recentes de organização da produção, destacam-se as células de manufatura. Embora utilizadas nos países altamente industrializados, desde a década de 70, no Brasil, os princípios de manufatura celular começaram a se difundir com maior intensidade no início dos anos 90. Em (ARRUDA,1995), pesquisa realizada em 13 empresas paulistas revelou que 43% delas utilizava ou planejava utilizar os conceitos de manufatura celular nos próximos anos.

A implantação dos conceitos de manufatura celular requer o estudo das questões estruturais relacionadas ao projeto das células e que incluem:

- a) definição do método a ser utilizado na formação das famílias de peças e grupos de máquinas;
- b) determinação das peças e máquinas pertencentes a cada célula;
- c) dimensionamento e balanceamento das células de manufatura;
- d) análise do desempenho das células de manufatura, em relação às condições de funcionamento para as quais as mesmas são projetadas.

Embora existam muitos modelos e técnicas de agrupamento para proceder à tarefa de identificação de famílias de peças e grupos de máquinas, existe relativamente pouca bibliografia sobre critérios de avaliação de projeto e de análise de desempenho para as células de manufatura.

Desse modo, as empresas que pretendem adotar os princípios de manufatura celular deparam-se com problemas da seguinte ordem:

- a) no caso da escolha do método para identificação de agrupamentos a ser utilizado, o número muito grande de opções e a dificuldade de estabelecer comparações entre eles é um ponto de particular importância;
- b) para a avaliação do projeto das células quanto à sua eficiência e para o exame das condições de uso e desempenho do sistema celular, há carência de parâmetros de análise.

Este trabalho apresenta os resultados obtidos em uma pesquisa realizada em empresas usuárias de manufatura celular da região de Piracicaba/SP, visando identificar os principais problemas enfrentados por estas empresas, desde a fase de projeto das células, até as dificuldades de avaliar o desempenho das células ao longo do tempo. Embora a pesquisa tenha envolvido 20 empresas da região, os resultados apresentados neste trabalho concentram-se na experiência de duas empresas, do ramo metal mecânico, que se destacam por sua participação significativa no mercado e pelo tempo de utilização de manufatura celular.

A metodologia utilizada para obtenção dos dados foi o *TDM (Total Design Method)*, uma técnica que se baseia em procedimentos a serem adotados na construção e aplicação de questionários, tanto enviados por correio como respondidos em entrevistas pessoais (DILMAN, 1978). As duas formas de obtenção (correio e entrevista pessoal) foram utilizadas nesta pesquisa.

O item seguinte deste trabalho apresenta os princípios do TDM.

UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR NAS EMPRESAS DA REGIÃO DE PIRACICABA/SP

Milton Vieira Jr (*)

Nelson Carvalho Maestrelli (*)

Antonio Batocchio ()**

Universidade Metodista de Piracicaba, Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção, Rodovia S.Bárbara-Iracemápolis, Km1, Santa Bárbara Doeste/SP, Brasil,

Email: nmaestre@unimep.br

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Fabricação, Campinas/SP, Brasil.

Email: batocchi@fem.unicamp.br

Resumo

Este trabalho apresenta os principais resultados obtidos em projeto de pesquisa que estudou as condições de aplicação de Tecnologia de Grupo e Manufatura Celular em duas empresas, situadas na região de Piracicaba SP. Os sistemas celulares de produção tem sido aplicados com frequência crescente nas empresas que procuram adotar os princípios da “World Class Manufacturing”, como forma de manutenção de sua competitividade e ampliação de seus mercados de atuação. A adoção de arranjo físico celular é considerada a primeira etapa do procedimento necessário para modernização do chão de fábrica, dentro dos conceitos da “Lean Production”. Esta pesquisa analisou a metodologia utilizada pelas empresas para definição dos agrupamentos (peças e máquinas que formam as células) , condições de dimensionamento e balanceamento dos sistemas celulares e avaliação do desempenho destes sistemas produtivos.

Palavras-chave: Manufatura Celular, Tecnologia de Grupo, Análise de Agrupamentos.

1. INTRODUÇÃO

No início da década de 90, a indústria brasileira, em comparação com os padrões internacionais , caracterizava-se por operar com equipamentos e instalações tecnologicamente defasadas, apresentava deficiências na tecnologia de processos, exibia atraso quanto à tecnologia de produto e demonstrava limitada difusão dos sistemas de gestão da produção e da qualidade.

A adoção de inovações gerenciais e organizacionais é realizada com lentidão, em parte como função da reduzida capacidade de investimentos das empresas e parte pelas dificuldades de adaptação dos modelos importados à realidade nacional (COUTINHO e FERRAZ, 1995).

No entanto, a globalização da economia e a consequente necessidade de inserção no mercado mundial, fundamental para a sua sobrevivência, obrigam as empresas à rápida adoção de ajustes, alguns abruptos e emergenciais, concentrados em três planos: