

## **CIM em MPEs:**

### **O Estudo da Prática das Inter-Relações Computacionais em Três Casos Reais.**

**Wanderson de Oliveira Leite, wandersonol@uai.com.br<sup>1</sup>**  
**Elbert Müller Nigri, elbertnigri@yahoo.com.br<sup>1</sup>**  
**Eduardo Romeiro Filho, romeiro@ufmg.br<sup>1</sup>**  
**Paulo Eustáquio de Faria, paulofaria@ufmg.br<sup>1</sup>**  
**Juan Carlos Campos Rubio, juan@ufmg.br<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Av. Antonio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG - Brasil. CEP. 31.270-901

<sup>2</sup>Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Mecânica, Av. Antonio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG - Brasil. CEP. 31.270-901

**Resumo:** *Este trabalho apresenta uma análise dos recursos computacionais no projeto de produto e processo em três micro e pequenas empresas (MPES) brasileiras e suas inter-relações dentro de seus sistemas integrados de manufatura. O objetivo deste trabalho é avaliar e identificar as proposições e os métodos e/ou técnicas computacionais em ambientes de CIM descritos pela literatura analisando as funcionalidades computacionais integráveis, buscando aplicações que viabilizem as MPEs e condições de implantação e utilização de técnicas e/ou recursos computacionais no projeto de produto e processo em suas inter-relações em sistemas integrados de manufatura. Para isso, foi levantado o estado da prática das empresas afim de comparar as necessidades reais de implantação e os recursos que suprem, mesmo que parcialmente, as necessidades dentro da realidade dessas mesmas.*

**Palavras-chave:** *Sistema integrado de manufatura; Desenvolvimento de produto; Projeto de Produto e Processo; Micro, Pequenas e Medias Empresas.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Diversas maneiras de se organizar, integrar e gerenciar a organização foram desenvolvidas na década passada e, ainda sim, as pequenas e médias empresas brasileiras (MPEs) apresentam uma grande dificuldade na adoção e na execução da proposta de desenvolvimento integrado de produtos através de sistemas informatizados. De acordo com a literatura, atualmente não há muitos estudos sobre um procedimento sistemático que avalie ou apresente uma forma de integrar técnicas e/ou recursos informatizados no âmbito do projeto de produtos e dos processos externo-internos de produção em MPEs. Ao mesmo tempo, as empresas utilizam-se de fazeres isolados formando *ilhas de automação*.

Observa-se em pesquisas e trabalhos aplicados a MPEs<sup>1</sup>, uma descentralização de sistemas e de pessoas (departamentalização) que desenvolvem, modificam e alteram o produto final; isso se caracteriza em um movimento oscilante dentro das empresas. Segundo Fernandes (2005), são os fluxos unilaterais e escassos de informações que trazem, como consequência, o aumento de retrabalho e de custos em contraposição ao compartilhamento simultâneo de informações que possibilitam aos setores desenvolver de forma integrada as suas tarefas.

As soluções apresentadas pelas empresas de informática podem atender (teoricamente) de forma bastante extensa às várias necessidades apresentadas pelas diversas etapas do processo projetual. Em se tratando de ferramentas de apoio direto ao projeto podem ser citados (Romeiro Filho, 1996 e 2007), os sistemas CAD (*Computer Aided Design*); os sistemas de apoio ao trabalho em grupo, ou *workgroup*; os sistemas de gerenciamento de documentos (como os sistemas EDMS e PDM, respectivamente: *Electronic Data Management System "e" Product data management*), para transmissão de dados on-line entre grandes organizações ou os softwares de apoio à decisão; além dos vários sistemas de apoio computadorizado às atividades da empresa, que levam a perspectiva de um processo integrado de projeto, administração e fabricação por intermédio de sistemas informatizados dentro de conceitos CIM (Romeiro Filho, 2007; Mitchel, 1991 e Rehg *et al.*, 2005).

<sup>1</sup> Filho Romeiro (1996 e 1997) e Fernandes (2005).

Assim, a proposta da CIM, vislumbrando o ambiente das MPEs, consiste em possibilitar que as informações contidas nos projetos do CAE sejam entendidas pelo CAD; este deve repassar os desenhos para o CAPP, que por sua vez deve comunicar seus planos ao sistema CAM para serem executados. Além disto, o planejamento e o controle da produção devem estar integrados a estes dados e àqueles oriundos das etapas de suprimento (matéria prima) e de comercialização. Por fim, os desenhos devem ser interpretados por sistemas de qualidade fechando-se, o ciclo. A integração do sistema significa então, a execução de atividades que anteriormente eram separadas dentro de uma única tecnologia ou sistema (Rehg, 2005).

A exposição anterior subsidia o objetivo desse trabalho que foi o de avaliar e identificar as proposições e os métodos aplicados que viabilizam as MPEs o uso de técnicas e/ou recursos computacionais no projeto de produto e processo, e, suas inter-relações dentro de um sistema integrado de manufatura. Assim, foram levantados, de acordo com a bibliografia, os métodos e/ou técnicas computacionais em ambientes de CIM tendo sido analisadas as funcionalidades computacionais integráveis e, posteriormente, o estado da prática em três empresas para efeito de comparação às necessidades reais de implantação e aos recursos que suprem, mesmo que parcialmente, as necessidades das empresas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Contextualização

Segundo Casarotto Filho *et al.* (2006), qualquer empresa, notadamente as industriais, para buscar a competitividade deve ter a capacidade de mudança para adaptar-se ao meio ambiente dinâmico: mudar processos, mudar padrões administrativos num tempo cada vez menor. Entretanto, para Costa *et al.* (1995), as empresas brasileiras apresentam uma grande dificuldade na adoção e execução de soluções que contribuam para a mudança rápida dos processos e dos sistemas e propiciem o desenvolvimento integrado de novos produtos. Isso ocorre devido à falta de recursos financeiros, técnicos e de um método que aborde as funcionalidades. Ao mesmo tempo, segundo Marri *et al.* (1998), várias MPEs no mundo estão trabalhando com Manufatura Integrada por Computador e enfrentam as pressões competitivas internacionais crescentes combinadas com a necessidade de conectar e integrar seus sistemas informatizados ao CAD, ao controle numérico (NC - *Computer Numeric*) das máquinas-ferramenta CNC (*Computer Numeric Control*), aos robôs e seus sistemas de planejamento e controle (CAPP). Neste contexto, o aproveitamento de recursos tecnológicos apresenta-se como o maior desafio estratégico para MPEs somando-se a isso a globalização dos mercados e a crescente interdependência mundial que transformaram as condições de competição obrigando as empresas a alterar as estratégias de concorrência (Fernandes, 2005).

Concomitantemente, os processos de produção usados precisam refletir os tipos de mercados que estão inseridos. Assim, Gunasekaran *et al.* (1999 e 2000) desenvolveram uma estrutura ou modelo para a análise da implementação quanto a justificativa e aplicação do CIM nas MPEs. A mesma também foi adaptada por Shaikh *et al.* (2008) em seus estudos. Essas estruturas são discutidas em quatro dimensões. São elas: estrutura organizacional; capacidade e habilidade de mercados; alianças estratégicas e suporte a gestão; e integração de sistemas.

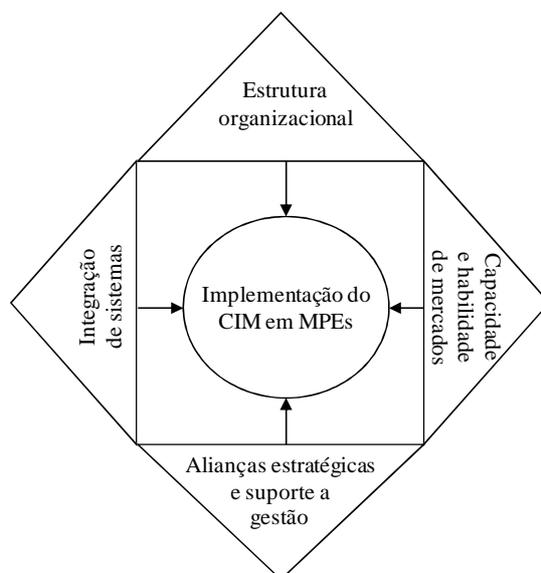
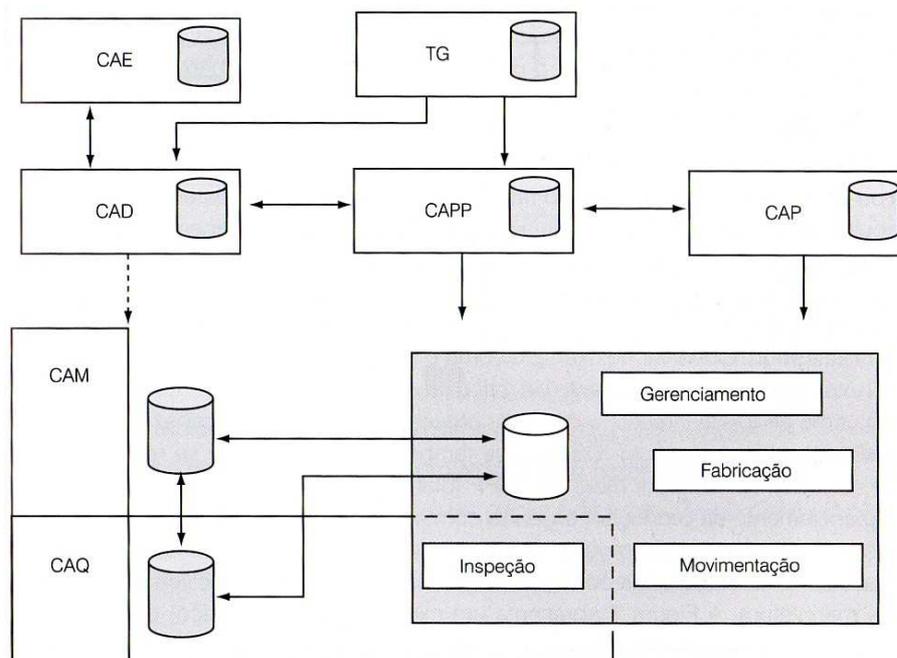


Figura 1. Modelo de Implementação do CIM em MPEs. Adaptado de (Gunasekaran *et al.*, 1999 e 2000)

## 2.2. Sistema Integrado de Manufatura

O sistema integrado de manufatura é um assunto multidisciplinar e, ao mesmo tempo, um sistema complexo, multigerencial, projetado normalmente com a finalidade de minimizar os custos e sendo desenvolvidos dentro de uma visão mais ampla da corporação. Este desenvolvimento está relacionado com o auxílio do uso de computadores, com o controle e a automatização integrada em todos os níveis da fábrica ligando-se equipamentos automatizados a um sistema de fluxo contínuo. A estes equipamentos e softwares automatizados da fabricação estão incluídas as máquinas de Controle Numérico (NC), o Controle Numérico Direto (DNC - *Direct Numerical Control*), o Controle Numérico Computarizado (CNC), o planejamento de materiais (MRP - *Material Requirement Planning*), o planejamento dos recursos (MRP II - *Manufacturing Resource Planning*), o CAD, o Planejamento Assistido por Computador (CAPP), a Manufatura Assistida por Computador (CAM), o armazenamento automatizado, o aparelho de manutenção controlado por computador e a robótica (Lepikson, 2005). Nota-se que, nesse extenso objetivo, a automação é peça importante, mas não é a única responsável pela integração dos sistemas: a utilização de sistemas computacionais conforme apresentado na fig. 2 fornece um nível de controle sobre os processos de produção até então não possibilitado por meios manuais.



**Figura 2. Relacionamento primário entre o chão de fábrica e as demais áreas da manufatura que o afetam. Adaptado de (Lepikson, 2005)**

Nesse contexto, a CIM é obtida pela aplicação de ferramentas computacionais na automação de todo o sistema de manufatura que inicia-se com a ordem de vendas e culmina com a expedição do produto permitindo - através da informação, da computação e da automação - a integração de todas as atividades de produção de uma empresa (Marri *et al.*, 1998 e Pereira, 1998). Para Marri *et al.*(1998) e Rehg( 2005), esses sistemas prometem muitos benefícios que incluem maior rendimento das máquinas, inventário reduzido e peças em fabricação, melhor aproveitamento da capacidade fabril, número reduzido de máquinas-ferramenta, custos de mão de obra reduzidos, menor prazo de produção, qualidade de produto consistente, menor espaço físico e custos de instalação reduzidos.

Ao mesmo tempo, deve ressaltar-se que a integração de sistema significa a execução de atividades que anteriormente eram separadas dentro de uma única tecnologia ou sistema, produzidas por diversas companhias, ela (a integração) conduz frequentemente a relevantes dificuldades tecnológicas (Mehrabani *et al.*, 2001).

### 2.3 – Ferramentas-Recurso na Implementação do Produto e Processo Informatizado

A aplicação de softwares que integram o projeto do produto e a sua manufatura, nada mais significa que a integração das tecnologias computacionais de apoio à manufatura (as conhecidas CAx) dentro de uma filosofia unificada. A figura 2 ilustra a clássica representação da estrutura hierárquica piramidal do CIM, na qual são listados alguns exemplos de tecnologias ou recursos adotados.

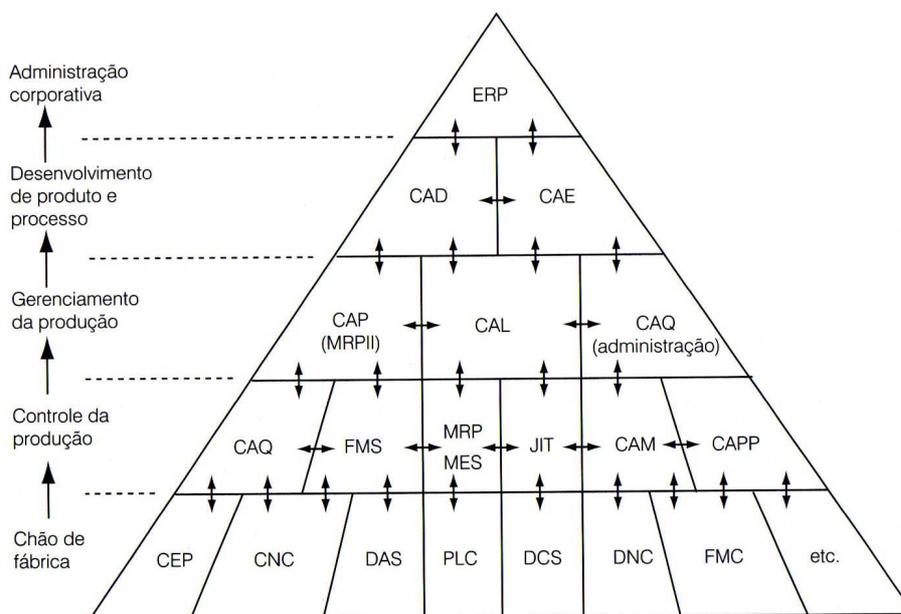


Figura 3. Hierarquia do CIM e algumas de suas tecnologias correntes. Adaptado de (Lepikson, 2005).

O *Computer Aided Design* ou simplesmente CAD foi implementado pela primeira vez em 1963 no Massachusetts Institute of Technology (MIT). Atualmente o CAD abrange um grande número de programas computacionais (softwares) utilizados como ferramenta de apoio à representação gráfica. Na área específica de desenvolvimento de produtos experimentou-se uma grande evolução neste tipo de software nos últimos anos (Romeiro Filho, 2007). Para a maioria das MPÉs o uso do CAD é aconselhável e justificável porque este sistema tem se tornado mais acessível nos últimos anos; contudo, os seus benefícios são substanciais se utilizados de forma isolada. Os principais benefícios associados ao seu uso incluem a validação de projetos, a padronização de bibliotecas, a exportação/importação de dados, a maior quantidade de recursos técnicos (plugins) e a possibilidade de trabalho em grupo mesmo em equipes geograficamente distantes. Nesse sentido, a utilização de programas que permitiam a obtenção simplificada de desenhos por computador - como os softwares CAD - passaram a dar suporte a todas as etapas do desenvolvimento de produtos inclusive como ferramentas auxiliares na simulação virtual de propriedades físicas. Dada a grande funcionalidade dos softwares de CAD - atualmente disponíveis no mercado - uma melhor designação para esta ferramenta vem sendo utilizada: *Computer Aided Product Modelling System*, ou, Sistema de Modelagem de Produto Assistido por Computador (Grabowski *et al.*, 1998).

O CAE ou engenharia Auxiliada por Computador é uma ferramenta de trabalho que utiliza o computador para dar suporte à engenharia de desenvolvimento auxiliando no desenvolvimento de projetos por meio de análises pré-definidas tais como: análises estáticas, dinâmicas, térmicas, magnéticas, de fluidos, acústicas, de impacto e simulações. Basicamente a essência do CAE é o Método de Análise por Elementos Finitos (MEF), (UNIMEP, 2003). Neste contexto, ao utilizar uma abordagem de engenharia preditiva, pode-se atacar problemas já no início do projeto reduzindo o número de correções de alto custo, ou seja: possibilitando-se a substituição das técnicas tradicionais de confecção de protótipo pela construção e o teste de protótipos em nível de software são reduzidos, significativamente, os custos e o tempo de projeto enquanto é aprimorada a qualidade do produto (Costa *et al.*, 1995 e Lepikson, 2005). Todavia, a análise por elementos finitos não é restrita apenas a estruturas mecânicas podendo ser aplicada aos vários problemas sob forma arbitrária de cargas e condições de contorno quaisquer. Uma recente e prospera solução está sendo aplicada ao desenvolvimento de produtos por sopro-moldagem e termo-conformação plástica com o Software *B-Sim* e *T-SIM*. Outra vantagem do método é a semelhança física entre a malha de elementos finitos e a estrutura real que facilita a visualização dos resultados da análise. Entretanto, os sistemas CAE, por suas maiores necessidades em termos

de processamento, continuam - ao longo do tempo - restritos aos computadores de maior capacidade de memória e processamento e sujeitos ao alto custo do investimento.

A sigla CAM refere-se a todo e qualquer processo de fabricação controlado por computador. Sua origem é remota ao desenvolvimento das máquinas controladas numericamente (NC) no final dos anos 1940 e início dos 1950. A tecnologia mais sedimentada em CAM é a programação de máquinas de comando numérico auxiliadas por computador (CNC), conceito que ficou muito difundido com a sigla CAD/CAM, que representa módulos de programação CN em sistemas CAM. Os atuais sistemas de CAM realizam a programação de todos os tipos de usinagem CNC com mais rapidez e precisão utilizando a trajetória de ferramenta. A informação de entrada para o sistema é o desenho da peça gerado num sistema CAD ou o percurso da ferramenta. O recurso de simulação gráfica da usinagem permite a verificação de todas as operações envolvidas através de uma animação tridimensional envolvendo a peça e a ferramenta de corte eliminando-se, assim, a programação de uma máquina-ferramenta CNC feita manualmente onde a confiabilidade da usinagem somente era alcançada à custa de longos e caros procedimentos de *try-out* e de depuração do programa.

A tecnologia CAD/CAM corresponde ainda, à integração das técnicas num sistema único e completo. Então, se os sistemas CAD e CAM forem do mesmo fabricante não devem ocorrer problemas durante a transferência de dados, caso contrário, será necessário a utilização de uma interface padrão para a realização dessa transferência sob o risco de perda de informações. Quanto à questão de investimentos, Vassell (1999) e Romeiro filho (1997), considera que o CAM é uma proposição mais onerosa e somente viável para MPEs enfrentarem demandas mais agressivas e com acesso a linha de créditos.

O advento dos computadores permitiu a automatização da maioria dos passos do planejamento concebendo-se os primeiros sistemas de CAPP ou Controle Automatizado e Planejamento de Processos que, envolve a tradução de dados para instruções de trabalho visando produzir uma peça ou um produto. Resumidamente, o CAPP inclui a seleção de materiais, de operações, a seleção de máquinas, o sequenciamento de operações, a seleção de ferramentas e dos dispositivos de fixação, onde o processista, utiliza informações apresentadas no desenho de engenharia e na lista de materiais para elaborar um plano executável. Dois tipos de abordagem são aplicados em CAPP denominados variante e generativa. Na abordagem variante os novos planos são baseados nos planos antigos utilizando-se padrões para as famílias de peças. Na abordagem generativa não se emprega a padronização porque todo processo de planejamento é refeito automaticamente pelo sistema através de inferências, de decisões lógicas e de algoritmos sendo, portanto, mais abrangente e potencialmente mais útil. Hoje, segundo Zeid (2005), ambos - projeto auxiliado por computador (CAD) e manufatura (CAM) - foram implementados. Integradas ou ligadas estas funções requerem o planejamento de processo automatizado.

### 3. METODOLOGIA DE PESQUISA

#### 3.1. Estudo de caso

Nessa pesquisa foi utilizado o método de estudo de caso que, segundo Yin (1994), é adequado quando se busca uma maior compreensão sobre os fatos pesquisados. A escolha das empresas a serem estudadas foi definida através da disponibilidade dos recursos e pela adequação das mesmas empresas nos sistemas propostos. Como já haviam sido feitos contatos preliminares com os dirigentes dessas empresas, foi possível averiguar a adequação das mesmas para o estudo de caso aqui proposto. Dessa forma, procurou-se selecionar empresas que se permitiam a aplicação de campo frente às teorias descritas no texto, anteriormente. O trabalho foi desenvolvido no período de fevereiro a maio de 2009. As três empresas estudadas pertencem à região metropolitana de Belo Horizonte/MG e, devido à diversidade do parque industrial presente nesta região, as mesmas não possuíam afinidade em relação aos produtos desenvolvidos. A primeira é fabricante de implementos para mineração, a segunda é fabricante de produtos termo-moldados e, por fim, a terceira é fabricante de acessórios automotivos.

#### 3.2. Procedimentos de Pesquisa

Os dados e as informações foram inicialmente coletados por meio da observação direta das atividades dos profissionais da área de projeto e processo<sup>2</sup> daquelas funções que dependiam diretamente de seus trabalhos. Nesse contato foram identificados problemas provenientes da falta de integração, o que foi posteriormente confirmado através de entrevistas não-diretivas que possibilitaram aos participantes do setor de projetos apontarem a ocorrência de diversos problemas de retrabalho decorrentes de falhas nas etapas iniciais de elaboração dos projetos de produtos. A coleta de dados foi enriquecida através da aplicação de entrevistas focalizadas para centralizar o objeto de estudo. Esta fonte de evidências foi utilizada na fase de aproximação dos atores envolvidos no estudo como uma maneira de identificar o grau de instrução, a experiência profissional e as características pessoais dos trabalhadores. Assim, a entrevista aberta semi-estruturada foi considerada como a forma mais adequada de levantamento de informações por combinar a

---

<sup>2</sup> Uma empresa apresentava uma divisão organizacional entre engenharia de produto e processo mesmo possuindo o mesmo supervisor.

informalidade de uma conversa pessoal com as necessidades da coleta de dados. Neste caso, foi elaborado um núcleo base de informações a partir do qual era-se dirigida a entrevista:

- Pessoa entrevistada: função, idade, formação, nível de experiência junto aos Sistemas Integrados de Manufatura;
- Sistema utilizado: histórico da implementação, listagem dos equipamentos hardware e software (incluindo marca e procedência) e localização (em termos de espaço físico e organograma);
- Utilização atual: principais aplicações, setores envolvidos, pessoal, possíveis formas de relação CIM, possibilidades para o futuro;
- Opiniões pessoais e gerais sobre o sistema;
- Outras fontes de informação para o pesquisador.

A “conversa” era dirigida pelo pesquisador a partir deste roteiro básico que, entretanto, não era apresentado ao entrevistado ao início da entrevista. Isto ocorria somente na parte final quando o entrevistado - diante do roteiro - era convidado a acrescentar qualquer informação que considerasse relevante e/ou responder mais detalhadamente sobre outros aspectos por escrito.

#### 4. A PRÁTICA EM MPES: Três casos reais

##### 4.1. Caso 1

A primeira empresa pesquisada, sendo esta considerada mais robusta em relação às demais, é privada, com atividade centrada no projeto e na fabricação de implementos para mineração sendo uma *Joint venture* com um grupo norte americano. Com a proposta de trabalhar de forma integrada projeto com processo, em janeiro de 2009, foram reformulados os setores que anteriormente eram separados em um único espaço sob a mesma gerência. Tinha-se como objetivo se trabalhar próximo ao conceito de engenharia simultânea. Os resultados da convivência - às vezes ambígua e ao mesmo tempo centralizada na figura do gerente/coordenador - entre as diferentes formas de gestão possibilitou que fossem observadas nos usuários do sistema CAD, CAM e CAPP a formulação de distintos procedimentos de trabalho e pontos de vista sobre os aspectos da produção e o ciclo de projeto (não só em relação ao CAD), traço bastante peculiar ao grupo a que pertencem.

O trabalho em conjunto com a equipe Americana aparentemente tem trazido alguns problemas relacionados à normalização<sup>3</sup> utilizada na produção e no desenvolvimento de projetos; além da inserção de uma interface entre as diferentes formas de gestão dada a partir de diversos produtos e formas tecnológicas estabelecidas a partir dessa parceira americana. Isto pode ser observado nos setores de projeto que não se relacionam internacionalmente no nível operacional, mas ao mesmo tempo tenta se fundir parcialmente em uma mesma área de produção. Uma forma não ortodoxa utilizada para tentar sanar essas divergências foi à criação de um subgrupo de trabalho dentro da equipe de engenharia simultânea<sup>4</sup> com a finalidade concentrar em um grupo as informações repassadas pela empresa americana, mas, ao mesmo tempo, de forma contraditória este grupo não poderia se comunicar diretamente com as demais equipes nos EUA.

Os sistemas (software) utilizados pela empresa brasileira formam um conjunto bem desconexo em relação a uma proposta de integração de sistema. Ela tem a sua disposição para CAD, o AutoCAD 98, AutoCAD 2002, AutoCAD 2008 e Inventor 7, para CAD/CAE o Mechanical Desktop 2004 e SolidWorks 2009. Para a CAM ela utiliza o MasterCAM X2 para usinagem e fresamento e o LANTEC para Corte de Chapa (oxicorte e plasma) e para CAPP utiliza o Datasul SEM v.1. Enquanto a parceira americana utiliza para CAD/CAM/CAE o Siemens UGS NX v.6 e para CAPP e demais aplicações um software específico desenvolvido internamente/externamente. Nesse contexto, a empresa possui oito computadores para sistemas CAD, um para sistema CAM e dois para sistema CAPP interligados por um servidor: todos distribuídos dentro de um único setor. Os equipamentos, a empresa brasileira possui um Centro de Usinagem CNC - ROMI Discovery 40 22, um torno CNC - ROMI Centur 30D e uma mesa de corte CNC da ESAB fabricado sobre projeto.

Não foram dispensados colaboradores em função da introdução das novas tecnologias. Alguns colaboradores foram treinados para exercer novas funções e outros contratados sendo que todos os usuários entrevistados (a maioria com formação técnica - mecânico) declararam já conhecerem, pelo menos, dentre os softwares utilizados o CAD antes de serem admitidos na empresa. Não foi reconhecido pelos entrevistados e supervisores problemas relacionados a resistência à implantação dos sistemas pela equipe operacional. Entretanto, à equipe de apoio formada por funcionários e ex-funcionários (aposentados) de origem fabril apresentaram diversas dúvidas à eficiência do sistema e confiabilidade dos dados apresentados, pois continuavam recorrendo sempre que necessário ao arquivo morto (físico) do setor. Neste

<sup>3</sup> Conforme já analisado em pesquisas anteriores<sup>1</sup> e também nessa, as MPE's brasileiras utilizam os sistemas de normalização de forma híbrida, ou seja, pode-se utilizar, por exemplo, em um projeto as dimensões em milímetros (Padrão ISO) e ao mesmo tempo a simbologia de solda na norma AWS.

<sup>4</sup> Considera-se aqui engenharia simultânea, dentro da proposta original de configuração do departamento e seqüência de desenvolvimento, conforme averiguado, aquela que se tratava na prática de uma “*pseudo Integração*” dos setores.

ponto, a confiabilidade dos dados se tornou a discussão principal do sistema, pois após dez anos de informatização parcial dos sistemas existiam aproximadamente cinquenta mil dados referentes aos projetos no sistema (arquivos de CAD para engenharia, DXF para CNC de corte de chapa, IGS para CAM e DOC, XLS, PDF e banco de dados para CAPP, etc.), o que tornou a redundância de dados e a necessidade de padronização de arquivamento e de utilização das informações o entrave para a confiabilidade no sistema.

#### 4.2. Caso 2

Esta é uma pequena empresa de capital nacional que tem como atividades principais a fabricação de produtos termo moldados incluindo capitação, projeto, re-projeto, desenvolvimento do ferramental, processamento e desenvolvimento do produto junto aos clientes. A produção funciona através de lotes mínimos devido a questões técnicas do processo (*Warm-up time e setup time*) oscilando de 50UN a 5.000UN.

O ponto principal a ser relatado é a utilização da base de dados 3D do software CAD para o programa CAM que utiliza as geometrias geradas para programação no centro de usinagem CNC mesmo que de forma terceirizada como apresentado nesse caso: ou seja, a forma de integração CAD/CAM ainda que não seja completa, encontra-se em um estágio bastante desenvolvido com efetiva utilização apesar dos equipamentos estarem localizados em unidades fabris deferentes. A maior parte destes produtos envolve média ou alta complexidade de forma (geometria) incluindo algumas características do processo de fabricação (ângulos de extração ou saída) que tornam muito úteis os sistemas CAD, principalmente em suas relações com a fabricação das matrizes.

O software de CAE, tornam-se imprescindíveis para os cálculos de contração de material, os moldes e o cálculo de alívio de quinas ou ângulos. A integração direta da utilização do banco de dados do CAD para CAM possibilitou confiabilidade para os funcionários. O serviço de usinagem das matrizes é feito pela empresa terceirizada.

A CAPP foi implementada de forma interna ainda que houvesse a inexistência de um software específico. A empresa utilizou um software de PDM, próprio ao programa de CAD para gerenciamento dos documentos, associado a um banco de dados em MS Access e MS Excel. Nesse contexto, os sistemas utilizados pela empresa formavam um conjunto bem compacto em relação a uma proposta de integração porque ela utiliza para CAD/CAE o SolidWorks Premium 2008 e para CAM a empresa prestadora de serviço de usinagem utiliza o PowerMill v.8 da Delcam. Para CAPP são utilizados os softwares anteriormente mencionados.

O software de CAD/CAE/PDM foram instalado em três computadores utilizados pelo departamento de engenharia do produto e processo. Enquanto isso, outro PC gerencia também o controle de produção e dados do projeto (*o gestor*) ligando o sistema: temos uma rede local controlada por um servidor em ambiente Linux que também serve de base de dados e backup.

A empresa não possui um Centro de Usinagem para estes: o serviço é terceirizado devido aos escassos recursos de investimentos e a baixa demanda. Assim, o principal parceiro possui centros de usinagem - CNC da ROMI - que atendem as diversas necessidades dos projetos (volume e precisão), dos equipamentos de termo- moldagem e aos demais acessórios que são manipulados de forma semi-manual, não existindo CLP (Controle Lógico Programável) para controle ou registro da produção que por sua vez é realizada e posteriormente contabilizada no sistema (matéria prima, perdas, produção e estoque). Não foram relatadas dispensas em função da introdução das novas tecnologias. Sabe-se que alguns colaboradores foram treinados para exercer novas funções nos softwares específicos sendo que todos os usuários entrevistados (a maioria com formação técnica ou superior) não descreveram problemas devido à resistência para implantação dos sistemas.

#### 4.3. Caso 3

A terceira empresa pesquisada também é nacional e atua no ramo de fabricação de peças e acessórios automotivos para veículos nacionais e importados. Atende a todo o território nacional exercendo atividades da indústria metalúrgica. O quadro de funcionários é enxuto contando com apenas sete funcionários (quatro de produção, um supervisor técnico administrativo, um técnico de desenvolvimento e um coordenador de planejamento e produção). Esse modelo só foi possível após um processo de reestruturação da empresa ocorrido nos últimos sete anos que visava trabalhar com células flexíveis e produção enxuta. A empresa é estruturada de forma que os diversos departamentos (que teoricamente não existem mais) trabalhem de forma integrada. Dessa maneira, o projeto e a produção trabalham com um único departamento: orientados de perto por um supervisor técnico administrativo que coordena a produção. Os três entrevistados pertencem à área técnica e trabalham na empresa há pelo menos dez anos sendo um deles o fundador, dois possuem formação técnica e um com curso superior. Os mesmos relataram que possuem qualificação para trabalhar com CAD, com o software de planejamento e com o CAM.

A empresa possui mais de cinquenta produtos em sua linha que funciona através de lotes conforme pedido do cliente: estes podem ser pedidos unitários ou de até cinquenta unidades ao mês. Ela fabrica produtos de alto valor agregado e de vendas diretas à concessionária: estas compram conforme os pedidos dos clientes. Antes da reestruturação, ela fabricava mais de duzentas peças por mês e tinha uma distribuição pulverizada.

A maior parte dos produtos possui baixa complexidade de projeto e/ou procedimentos já definidos utilizando-se o tipo de software CAD com pouca interferência no produto final. Por outro lado, a parte de CAE é bastante importante e um ponto crítico no desenvolvimento dos produtos devido aos critérios de segurança estabelecidos pelos órgãos competentes e as montadoras internacionais. Devido ao baixo domínio das ferramentas de CAE e ao alto custo do

investimento, a empresa terceiriza esta etapa do projeto por intermédio de um escritório de engenharia em São Paulo cuja responsabilidade de emitir os relatórios técnicos também se faz necessária. Esta etapa só se tornou tecnicamente viável através do uso dos arquivos de projetos e do contato direto entre o técnico de desenvolvimento com a equipe do escritório em São Paulo, conforme relatado pelo supervisor.

A funcionária responsável pela parte de planejamento e produção relatou que a utilização do banco de dados do CAD para CAM possibilitou o aumento da confiabilidade na produção interna minimizando a necessidade de uso de muitas máquinas e funcionários; isso facilitou a gestão dos arquivos no sistema interno e, ainda, a troca de dados com os fornecedores (arquivos DXF para corte de chapas em CNC). Ainda assim, devido a um aparente problema interno de codificação de revisões e o problema externo na gestão de dados pelos fornecedores, frequentemente ocorriam revisões no projeto e por isso os fornecedores não alteraram os arquivos nos seus bancos de dados.

O CAPP, é usado um software de forma bem desatualizada. O “*Sistema Magnus G*” é um software desenvolvido para empresa onde existe a possibilidade de redundância de dados: ele é implementado internamente. Nesse contexto os sistemas utilizados pela empresa são bem modestos, típicos de pequenas empresas brasileiras que possuem recursos escassos para investir em tecnologias. Ela utiliza para CAD o AutoCAD 2008 e Solidworks Office 2009, para CAM o PowerMill da Delcam (não foi possível definir um software para empresas terceirizadas), para CAE o escritório de engenharia utiliza o Siemens UGS NX v.5 e v.6 e para CAPP os softwares anteriormente mencionados. Todos os softwares ficam instalados em suas respectivas estações de trabalho sendo que a estação de trabalho do planejamento é considerada como “escrava” para depósito de arquivos e *backup*.

A empresa possui um Centro de Usinagem CNC ROMI Discovery 40 22 que atende as diversas necessidades dos projetos (volume e precisão). Às demais peças terceirizadas não foi possível definir o grupo (CNC de corte e usinagem) de equipamentos utilizados. Outro ponto considerado positivo da estrutura fabril é o mix utilizado na linha de produção (é marcada a definição de alguns setores como estoque, preparação e pintura) e nas células flexíveis de trabalho (*todos* os equipamentos possíveis ficam dispostos sobre base móveis para que os mesmos sejam remanejados conforme necessidade de produção e/ou projeto).

Devido à uma reestruturação, a implementação de diversos procedimentos informatizados e terceirizados foram dispensados aproximadamente dez funcionários ao longo dos últimos sete anos. Neste caso, a implantação de tecnologia reduziu em 60% o quadro de funcionários técnico/administrativo e de produção.

#### 4.4. Perspectivas de Integração

Primeiramente, a utilização de sistemas CAD, de forma intensiva, apresenta-se como uma excelente perspectiva de integração dentro das empresas que desenvolvem produtos integrados com a manufatura. Isso possibilitaria, por exemplo, a utilização de blocos paramétricos bi-dimensionais (2D) e recursos de referências externas (*Xrefs*). Dessa maneira, os programadores de CNC de corte utilizariam um arquivo DXF para programar o sistema e, por sua vez, os projetistas poderiam inseri-los nos formatos de desenho sem a necessidade da criação de novos arquivos exportados unificando-se a base de dados (Caso 1 e o Caso 2 que terceiriza parte de corte de chapas CNC). Ao mesmo tempo, não é observado quais requisitos de fabricação das máquinas CNC da empresa e quais padronizações de produção podem ser, até de certo modo, facilmente implementados nos softwares (planilhas MS Excel, banco de dados SQL, etc.) para reduzir o tempo de desenvolvimento e os problemas de processos de produção. Com relação à primeira empresa, observou-se que os projetistas apresentam certa “*pseudo rejeição*” ao software, pois consideram “tortuoso” o processo de detalhamento comparando-o com o anteriormente usado. Isso demonstra, novamente, o desconhecimento dos processos de customização dos programas para atenderem as necessidades específicas das empresas e das normas internas (customização do cliente).

Concomitantemente, com base nos entrevistados, as três empresas parecem desconhecer que os Softwares CAM, CAE e CAPP geram arquivos referentes aos produtos desenvolvidos que precisam ser arquivados e controlados. Assim, se faz necessário um investimento em soluções informatizadas de gerenciamento de dados do produto uma vez que o acesso às informações de forma rápida e confiável constitui-se em um diferencial competitivo para empresa. Por outro lado, a segunda empresa utiliza um sistema compacto de PDM associado a um banco de dados: esta é uma solução bem eficiente, mas vale ressaltar que a utilização de um software que pertence a outro pacote de produtos pode ocasionar problemas futuros devido ao fator descontinuidade do sistema e/ou pela necessidade de migração para outro software. Pacotes específicos que utilizam banco de *dados comerciais* são sempre recomendáveis.

Os sistemas CAD/CAM, os funcionários foram perfeitamente treinados para operar seus sistemas, mas desconheciam, por exemplo, a possibilidade direta de uso do MasterCAM dentro do ambiente do SolidWorks sem a necessidade da conversão de arquivos. Tal funcionalidade é oferecida sem custo adicional pelos fabricantes. Já no terceiro caso, apesar do uso do software de CAD possuir uma facilidade de comunicação com o programa de CAE, a adoção de uma alternativa talvez mais funcional fosse a aquisição de um software da mesma família do utilizado pelo escritório de engenharia que fosse financeira e tecnicamente similar ao adquirido no último ano como o Solid Edge. No segundo caso, a utilização de uma licença flutuante (*floating*) do COSMOS, possibilitou a redução de custo com o investimento no software, e ainda, permitiu a todos do departamento utilizarem o recurso quando necessário.

Por fim, em relação ao CAPP, uma possível solução para as pequenas empresas é a adoção de um software desenvolvido para a empresa ou a aquisição de pacotes de empresas de médio porte ou locais como é o caso da *RM First ou Magnus* que podem ser adquiridos como serviços (as mensalidades estão entre R\$ 300 e R\$ 500). Esses tipos

de sistemas rodam em máquinas locais dispensando servidores ou podem ser acessados *online* e via *web* com hospedagem no servidor do fabricante.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Os levantamentos realizados em campo demonstraram que os processos de integração de sistemas informatizados no projeto de produto e processo em MPEs são bem mais complexos do que o inicialmente previsto: existem nuances dentro das empresas com características bem particulares ao produto e ao processo adotados, bem como uma influência significativa da estrutura organizacional. No primeiro caso, o acesso aos recursos financeiros para investimento parece não ter significado uma melhor adaptação à integração dos sistemas. Este parece um típico caso de *ilhas de automação*. Ainda, o grande número de sistemas CAD dentro do setor causa dificuldades na utilização de recursos mais avançados pertencentes às versões mais recentes, como o visto no primeiro caso.

No segundo caso, que utiliza um software de modelagem tridimensional (3D), parece haver uma descontinuidade dos trabalhos (desenhos 2D gerados a partir do 3D) e uma *customização padronizada* para a manufatura. O que se percebe, nesse e em outros casos estudados, é que a parametrização de peças e o detalhamento não é muito difundida pelos usuários deste software: isso foi denominado anteriormente como uma *"pseudo rejeição"* ao software. Tratando-se de utilizar recursos de modelagem 3D, CAE e demais funcionalidades dos sistemas, os usuários se mostram bem receptivos, mas quando necessitam executar tarefas sedimentadas dos softwares CAD 2D consideradas *"tortuosas"* e ineficientes (*"não fica tão bom quanto no outro"*) essa receptividade desaparece. Percebe-se durante as visitas que o desconhecimento técnico por parte da gerência direta parece afetar diretamente o processo de integração. Soluções acessíveis aos recursos adquiridos não foram, até o presente momento, implementadas ou utilizadas. O mesmo se aplica a primeira empresa que permite aos seus colaboradores projetarem em 3D e realizarem detalhamento em outro software de CAD 2D.

Nenhuma das empresas estudadas apresentaram durante as entrevistas, ou pela gerência ou pela supervisão, uma política clara e extensiva sobre os sistemas de indexação e arquivamento de informações do produto: todas deixaram à cargo de algum(s) colaboradore(s) a formulação de um procedimento básico para posterior aprovação. No primeiro, caso, após dez anos um montante de cinquenta mil arquivos demonstrou a impossibilidade de se gerenciar arquivos por diversos funcionários de diversos departamentos e funções. No decorrer do ano que foi realizado o estudo originou-se a necessidade da contratação de uma empresa especializada no segmento de organização de arquivos e uma conseqüente implantação do módulo de GED (Gerenciamento Eletrônico de Documentos) no sistema. Os problemas apresentados no início tornaram-se um entrave para a expansão tecnológica quando a micro tornou-se uma pequena empresa.

Os sistemas CAD/CAM utilizados, podemos ainda destacar a falta de utilização de recursos de integração: os usuários desconheciam a possibilidade direta de integração de softwares. Este é um ponto que em outras pesquisas se mostrou presente a falta de uma averiguação da integração direta entre softwares de fabricantes diferentes e ao mesmo tempo complementares. Por fim, em relação ao CAPP, às soluções apresentadas pelas empresas constituem-se em sua maioria em uma adaptação à necessidade das pequenas empresas: somente a primeira utiliza um programa mais robusto para essa finalidade. A aquisição de um software específico, como os supra mencionados, pretende substituir as famosas planilhas eletrônicas disputando mercado com os pequenos fornecedores. As demais soluções de CAPP apresentam-se honrosas e robustas para os níveis de aplicação pretendidos.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à CAPES, pela concessão da bolsa de Mestrado para o primeiro autor; e à FAPEMIG (PPM-00393-09) e CNPq pelo suporte financeiro.

## 7. REFERÊNCIAS

- Casarotto Filho, N., FÁVERO, J. S. and CASTRO, J. E. E. C., 2006, "Gerência de Projetos/Engenharia Simultânea", Vol. 1, Ed. Atlas, S.Paulo, Brasil, 1.ed., pp. 112-128.
- Costa, L. S. S. and Caulliraux, H. M., 1995, "Manufatura integrada por computador", Ed. SENAI: COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- Fernandes, J. M., 2005, "A formalização de procedimentos e seu papel na integração da atividade projetual". Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.
- Gunasekaran, A. and Thevarajah, K., 1999, "Implications of Computer-Integrated Manufacturing in Small and Medium Enterprises: An Empirical Investigation", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 15 No.1, pp.251-264.
- Gunasekaran, A., Marri, H.B. and Lee, B., 2000, "International Journal of Advanced Manufacturing Technology", Vol. 16, No.1, pp.46-54.
- Grabowski, H., ERB, J., Geiger, K. and Staudinger, A., 1998, "Support Visual Inspection with CAD – Realizing a Link at the End of the Computer Aided Process Chain for Product", Institute for Computer Applications in Planning and Design, Karlsruhe: Faculty of Mechanical Engineering – University of Karlsruhe.

- Lepikson, H. A., 2005, "Sistemas Integrados de Manufatura". In: IFM (coord.), Tecnologias Avançadas de Manufatura. Vol.1, Ed. Novos Talentos, S.Paulo, Brasil, 1.ed., pp. 13-34.
- Marri, H.B., Gunasekaran, A. and Grieve, R.J., 1998, "An investigation into the implementation of computer integrated manufacturing in small and medium enterprises", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 14, pp. 935-942.
- Mehrabi, M. G., Ulsoy, G., and Koren, Y., 2001 "The Mechanical systems design handbook: modeling, measurement, and control". Ed. CRC Press LLC, edited by Osita. D.I N. and Yildirim H., 1.ed.
- Mitchell, Jr. and F.H., 1991, "CIM Systems: a Introduction to Computer Integrated Manufacturing". Ed. Prentice Hall, New Jersey, US.
- Vassell, C.,1999, "Computer Integrated Manufacturing, and Small and Medium Enterprises", Vol.37, Ed. Elsevier Science Ltd, Computers & Industrial Engineering , No.1, pp.425-428.
- UNIMEP - Universidade Metodista de Piracicaba. [online]., 10 de Janeiro de 2010, </http://www.teknikal.hpg.ig.com.br>
- Pereira, E.C.O. and Erdmann, R.H., 1998, "Do planejamento e controle da produção à produção integrada por computador: a evolução do gerenciamento da produção Vol. 5, Ed. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, No. 10, pp. 147-152.
- Rehg, J. A. and Kraebber, H. W., 2005, "Computer-integrated manufacturing". Ed. Pearson Education, Inc., Pearson Prentice Hall, New Jersey, US, ed. 3, p. 574.
- Romeiro Filho, Eduardo., 1997, "A Integração na Empresa Através da Utilização de Sistemas informatizados de Apoio ao Projeto. Tese DSc., COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro.
- Romeiro Filho, Eduardo., 2007, "Sistemas Integrados de Manufatura" – Apostila da disciplina: Curso EPD-030., Vol. 1, Universidade Federal de Minas Gerais: LIDEP, Belo Horizonte, Brasil, No. 4, PP. 36-69.
- Shaikh, G. Y. and Marri, H. B., 2008, " An investigation into the effects of computer-integrated manufacturing systems on the productivity of SMEs in Pakistan", Int. J. Value Chain Management, Vol. 2, No.1, pp.76-89.
- Yin, R. K., 1994, "Case study research: Design and methods", Ed. Thousand Oaks, CA: Sage, p. 13.
- Zeid, I., 2005, "Mastering CAD/CAM", Ed. McGraw-Hill, Boston, US., 3.ed..

## 8. DIREITOS AUTORAIS

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

## CIM in SMEs: Study of Use in Three Actual Cases

Wanderson de Oliveira Leite, wandersonol@uai.com.br<sup>1</sup>

Eduardo Romeiro Filho, romeiro@ufmg.br<sup>1</sup>

Paulo Eustáquio de Faria, paulofaria@ufmg.br<sup>1</sup>

Juan Carlos Campos Rubio, juan@ufmg.br<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Av. Antonio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG - Brasil. CEP. 31.270-901

<sup>2</sup>Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Mecânica, Av. Antonio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG - Brasil. CEP. 31.270-901

**Abstract:** *This paper presents an analysis of the computational resources in the product project and process in three Medium and small Brazilian (SMEs) companies and their interrelations inside of an integrated manufacturing system. The objective of this paper is to evaluate and identify propositions and the methods and/or computational techniques in atmospheres of CIM described by the literature, analyzing the integrable computational functionalities. This looks for likes, apply and to make possible SMEs, implantation conditions and use of techniques and or computational resources in the product project and process, and interrelations in systems integrated of manufacture. For that, it was gotten up later, the state of the practice of the companies to compare with the real needs of implantation, and the resources supply, even if partially, the needs inside of the reality of the companies.*

**Keywords:** *Computer Integrated Manufacturing, Development of Products, Product Project and Process, Small and Medium Enterprises.*