

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

GABRIEL BRANDÃO DE ABREU

**Aplicação de sistema de chão-de-fábrica para controle
da produção de produtos semi-acabados**

São Carlos
2008

GABRIEL BRANDÃO DE ABREU

Aplicação de sistema de chão-de-fábrica para controle da produção de produtos semi-acabados

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Engenharia de São
Carlos, da Universidade de São Paulo

Curso de Engenharia de Computação

ORIENTADOR: Edson Walmir Cazarini

São Carlos
2008

SUMÁRIO

SUMÁRIO	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE SIGLAS	9
RESUMO.....	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. CONTEXTO	12
1.2. JUSTIFICATIVA PARA O TRABALHO	13
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.4. METODOLOGIA.....	15
1.5. ESTRUTURA DA PESQUISA	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. PROCESSOS DE PRODUÇÃO	17
2.2. MANUFATURA ENXUTA	18
2.3. PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO	21
2.4. SISTEMA DE INFORMAÇÃO	24
2.4.1. ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP) - INTEGRAÇÃO.....	26
2.4.2. SISTEMAS DE CHÃO-DE-FÁBRICA.....	30
3. ESTUDO DE CASO	34
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	34
3.2. DESCRIÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CHÃO-DE-FÁBRICA.....	37
3.3. DIFICULDADES	42
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	44
5. CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Principais funções do departamento de PCPM.....	22
Figura 2: Estrutura conceitual dos sistemas ERP	28
Figura 3: Estrutura de sistemas integrados de gerenciamento.....	31
Figura 4: Processo de produção de produtos semi-acabados na Empresa A	35
Figura 5: Processo de produção de produtos semi-acabados na Empresa A com a utilização do sistema MES.....	40
Figura 6: Fluxo de tomada de decisão durante a inspeção dos produtos semi-acabados	42

LISTA DE SIGLAS

ERP	Enterprise Resource Planning
JIT	Just-in-Time
MES	Manufacturing Execution System
PCP	Planejamento e Controle de Produção
SI	Sistema de Informação
TI	Tecnologia da informação

RESUMO

ABREU, Gabriel B. **Aplicação de sistema de chão-de-fábrica para controle da produção de produtos semi-acabados**. 2008. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

As empresas manufatureiras estão sempre buscando a redução de custos e de desperdícios na fabricação de seus produtos. Nesse contexto, a área de Tecnologia da Informação ganhou destaque com o desenvolvimento de sistemas que auxiliam atingir esses objetivos. No chão-de-fábrica freqüentemente são identificados problemas como falta de controle sobre o processo produtivo e sobre o fluxo de materiais. Isso também dificulta as tomadas de decisões pelos administradores do chão-de-fábrica. Em algumas empresas, a solução para estes desafios está na implantação de um Sistema de Informação especialmente projetado para tal finalidade. Neste trabalho, foi realizado um estudo de caso sobre o processo produtivo de produtos semi-acabados de uma empresa. Esse processo encontrava-se sem visibilidade para o sistema, não existindo controle adequado sobre a quantidade de peças produzidas, a qualidade delas e o fluxo da matéria-prima utilizada. Essas questões geravam perdas significativas para a empresa e demandava uma solução eficaz que gerasse ganhos. Para isso, foi implementado um sistema de execução e controle de chão-de-fábrica (MES) que ficou responsável por controlar as máquinas injetoras que produziam os semi-acabados. Esse sistema foi ligado ao Sistema Integrado de Gestão (ERP) da empresa, de modo a permitir transferência de informações. Com isso, os administradores do chão-de-fábrica teriam acesso a informações confiáveis do processo de produção. No final, a implantação deste sistema foi satisfatória para a companhia, trazendo ganhos financeiros e administrativos para ela. Os principais resultados foram a redução do desperdício de matéria-prima, redução do estoque de semi-acabados e maior visibilidade sobre o fluxo da sua matéria-prima. Assim, obteve-se a otimização deste processo de produção, tendo sido atingidos os objetivos propostos.

Palavras Chave: Chão-de-Fábrica, Sistema Integrado de Gestão e Sistema de chão-de-fábrica.

ABSTRACT

ABREU, Gabriel B. **Application of manufacturing execution system to control production of semi-finished products**. 2008. 46 f. Course Final Project – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

The manufacturing companies are always trying to reduce costs and wastes in the production of their products. In this context, the information technology area achieved eminence with the development of systems that assist to reach these objectives. In the Shop Floor, problems as lack of control over the productive process and over the flow of materials are frequently identified. It also makes it difficult the taking of decisions by the shop floor administrators. In some companies, the solution for these challenges is the implantation of an Information System specially projected for such purpose. In this paper, a case study about the productive process of semi-finished products of a company was carried through. This process had no visibility for the system, not existing appropriated control on the amount of produced parts, their quality and the flow of the raw material used. These issues have been resulting in significant losses for the corporation and demanded an efficient solution that could generate profits. To do this, a manufacturing execution system (MES) was implemented, which was responsible for controlling the injector machines that produced the semi-finished. This system was connected to the Enterprise Resource Planning (ERP) of the company, in order to allow transference of information. Consequently, the shop floor administrators would have access to reliable information of the production process. In the end, the implementation of this system was satisfactory for the company, resulting in financial and administrative profits for it. The main results were the reduction of raw material wastefulness, reduction of the semi-finished products stock and greater visibility over its raw material flow. Thus, this production process gained optimization, and the considered objectives have been reached.

Keywords: Shop Floor, Enterprise Resource Planning and Manufacturing Execution System.

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTO

Uma empresa manufatureira voltada à produção de bens de consumo é composta por diversas áreas que possuem suas respectivas funções, as quais, em conjunto, geram o produto final. Dentre estas áreas, pode-se citar as áreas Financeira, de Recursos Humanos, de Marketing, de Logística e de Produção, sendo esta última onde são obtidos os produtos finais da empresa através da montagem e/ou transformação da matéria-prima.

O surgimento do chão-de-fábrica, setor de produção, ocorreu a partir da Revolução Industrial no final do século XVIII. Neste momento, o modo de produção artesanal deu lugar ao regime de produção mecanizada em massa. Essa mudança permitiu que a produção fosse feita com mais rapidez e padronização, reduzindo custos. A partir daí este setor passou a sofrer transformações buscando sempre o aprimoramento da produção (CHIAVENATO, 1983).

Uma das mudanças no ambiente de produção foi a implementação de sistemas de planejamento de recursos empresariais (ERP – *Enterprise Resources Planning*). No final do século passado, houve uma significativa quantidade de investimentos em softwares, computadores e periféricos. As empresas argumentavam que, visto que grandes investimentos em tecnologia da informação tinham de ser feitos para o aumento da competitividade, elas deveriam dar um passo à frente e investir na substituição e melhoria dos sistemas utilizados até então. A maioria das companhias possuía sistemas que eram compostos por uma gama de programas distintos que realizavam funções de forma independente para cada departamento da empresa. Esses sistemas foram naturalmente evoluindo para programas que poderiam conversar entre si, isto é, a integração dos programas de diferentes áreas foi substituindo os antigos sistemas dentro das companhias. Deste modo, os sistemas deveriam captar dados de todos os setores da empresa e também disponibilizar informações comuns para essas mesmas áreas. Esses sistemas são programas grandes, trazendo módulos de finanças, contabilidade, recursos humanos, vendas e marketing, entre outros, e

foram chamados sistemas de planejamento de recursos empresariais (FORTULAN, 1996).

Esse esforço em coletar dados de todos os pontos da companhia faz com que as empresas de manufatura voltem seus olhos com muita atenção para o chão-de-fábrica. Este setor tem uma importância considerável para a empresa, uma vez que uma grande quantidade de dados é gerada a partir do controle das suas etapas de produção além de possuir processos que estão diretamente envolvidos na produtividade e no custo de seus produtos (FORTULAN, 2006).

1.2. JUSTIFICATIVA PARA O TRABALHO

As mudanças nas empresas ocorrem seja por elaboração de um programa de gestão e melhoria, seja por um processo natural em que a empresa tem a necessidade de evoluir em vista do desenvolvimento de seus concorrentes. Reduzir custos, eliminar desperdícios e melhorar a qualidade e produtividade são metas que as empresas buscam, mas que nem sempre conseguem atingí-las. Para alcançar esses objetivos, as mudanças são inevitáveis e para que elas ocorram quase sempre é necessário investimento (FORTULAN, 2006).

Assim, para que o chão-de-fábrica possa ser conduzido e aperfeiçoado, o seu administrador necessita do maior número de informações possíveis para que as tomadas de decisões não sejam fruto de intuição. Alguns gerentes questionam essa deficiência em suas empresas e estão necessitando e apoiando projetos que tratam da medição de desempenho de suas fábricas (AMARATUNGA e BALDRY, 2002).

Amaratunga e Baldry (2002) acrescentam que ter as informações em mãos não auxilia apenas a análise da situação atual do setor de produção. Também é benéfico por proporcionar um histórico da fábrica. Este proporciona comparações entre períodos diferentes de modo a obter um aspecto evolutivo da empresa. Além disso, um histórico de informações possibilita a análise do comportamento do setor de produção após a introdução de melhorias, verificando pontos altos e baixos das mudanças. Sendo assim, a coleta de dados do chão-de-fábrica seguida de uma eficiente geração de informações a partir deles está, atualmente, sendo foco de investimentos de empresas fabris.

O que acontece no chão-de-fábrica pode ser analisado mais especificamente na produção de produtos semi-acabados, que será o aspecto abordado neste trabalho. Produtos semi-acabados são peças produzidas dentro da indústria que não são os produtos finais, mas uma parte deles. Como exemplo, pode-se citar o pneu de uma bicicleta. Ele não é o produto final, no entanto é uma parte que compõe o produto final, a bicicleta.

Quando o produto semi-acabado é adquirido de um fornecedor externo, o controle sobre ele se limita à compra e utilização das peças. Entretanto, no caso da Empresa A, a partir do qual foram retirados os dados para este trabalho, os produtos semi-acabados são produzidos dentro da própria indústria de maneira a atender a linha de produção. Tratam-se de peças plásticas que são fabricadas a partir de plástico granulado. Essa matéria-prima é utilizada em uma máquina injetora que a aquece e a molda de acordo com o formato desejado para a peça. No caso desta empresa, o controle necessário se torna muito mais abrangente, uma vez que passam a fazer parte deste controle a quantidade produzida, a qualidade das peças, os refugos e a quantidade de matéria-prima utilizada, pois esta deve seguir a lista técnica da peça. Assim, outro ponto importante é o controle do fluxo de matéria-prima (plástico) nesse processo, isto é, a entrada ou compra da matéria-prima deve atender sem faltas ou excessos a fabricação dos produtos semi-acabados. Assim, este trabalho discute a situação da Empresa A com relação à produção de semi-acabados além da melhoria aplicada para aprimorar o seu controle, visando a redução de desperdícios e custos.

1.3. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é analisar a implementação de um sistema informatizado que forneça indicadores que auxiliem os administradores do chão-de-fábrica a obterem informações úteis para que possam ter um melhor controle sobre o processo produtivo dos produtos semi-acabados da empresa. Por conseguinte, esses administradores também terão uma base de dados mais confiável, a partir da qual terão melhores condições para tomarem decisões.

O sistema deve, ao final da sua implantação, atingir os seguintes resultados:

- Apresentar informações sobre a qualidade dos semi-acabados produzidos, apontando falhas de fabricação e verificando se o produto está dentro das especificações da sua lista técnica.
- Apontar a quantidade de matéria-prima utilizada de acordo com a produção registrada, dando baixa no seu estoque conforme as peças saem das máquinas injetoras;
- Registrar a quantidade de produtos semi-acabados que foram produzidos em cada turno ou dia, tornando mais confiável o inventário da empresa em relação a estas peças.

1.4. METODOLOGIA

Esta pesquisa será realizada com base no estudo de caso de uma indústria do ramo de linha branca que constantemente implanta melhorias nos seus sistemas de execução de manufatura. Para facilitar a descrição das informações necessárias para este trabalho e para manter a confidencialidade de alguns dados, esta empresa será tratada como Empresa A.

Inicialmente é feita uma análise do planejamento e controle de produção na linha de produtos semi-acabados da Empresa A. Com isso, foi possível determinar juntamente com os responsáveis dos setores de Planejamento e Almoxarifado os pontos desses processos que devem receber melhorias.

Essas melhorias deverão ser atingidas através de um sistema informatizado e para isso é realizado um estudo sobre tecnologias de sistemas de informação além de conceitos de controle de produção. A partir dessas informações será possível elaborar com maior precisão o sistema que proverá as mudanças, através da coleta de informações durante o processo de produção de semi-acabados da Empresa A.

1.5. ESTRUTURA DA PESQUISA

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos que abordam e discutem o tema da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Introdução: Neste primeiro capítulo é feita a contextualização do trabalho, relatada a justificativa para sua realização, seus objetivos e ainda uma breve descrição do conteúdo de cada um de seus capítulos;
- Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica: Neste capítulo, serão discutidos os seguintes assuntos: Sistemas de informação (SI), *Enterprise Resource Planning* (ERP), Sistemas de chão-de-fábrica (MES), processos de produção, Manufatura Enxuta e Planejamento e Controle de Produção (PCP). Assuntos estes que serão necessários para uma melhor análise da situação atual da empresa e para implementação do sistema informatizado que proverá as melhorias desejadas;
- Capítulo 3 – Estudo de Caso: Com base nos conceitos apresentados no Capítulo 2, neste capítulo é discutida a situação atual da empresa com relação ao controle de produção de produtos semi-acabados; e é apresentada a implementação do sistema na situação real da Empresa A;
- Capítulo 4 – Resultados: Aqui são apresentados os resultados obtidos com a aplicação do sistema sobre o processo de produção de produtos semi-acabados;
- Capítulo 5 – Conclusão: Este capítulo apresenta as conclusões sobre a proposta defendida e implementada, com os pontos positivos e negativos através da análise dos resultados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PROCESSOS DE PRODUÇÃO

Segundo Macedo (2004), define-se o processo de produção como:

- Alteração química ou física de uma matéria;
- O conjunto de funções realizadas por equipamentos industriais. As funções e operações utilizadas na transformação do material.

O processo de produção é composto de três elementos associados: trabalho, matéria-prima e instrumentos de produção. O trabalho é toda atividade desenvolvida pelo homem que resulta em bens e serviços para satisfazerem alguma necessidade das pessoas. O segundo elemento, a matéria-prima, é o objeto que, no processo de produção, é transformado para constituir o bem final. Por fim, os instrumentos de produção são os aparelhos e utensílios que, direta ou indiretamente, permite transformar a matéria-prima no bem final. (Gonçalves, 2008).

Palomino (1995) afirma que os processos de produção também podem ser classificados, sendo divididos em duas classes: produção contínua e produção discreta.

A produção contínua é caracterizada pelo grande volume de produção, produto padronizado e produção de grandes lotes de cada vez. O ritmo de produção é acelerado e as operações são executadas sem interrupção ou mudança. Como o produto é sempre o mesmo ao longo do tempo e o processo produtivo não sofre mudanças, o sistema pode ser aperfeiçoado continuamente. Assim o que se procura com este tipo de produção é precisamente alcançar o baixo custo, grande volume e produção em massa.

O processo de produção discreto é aquele em que as instalações devem ser suficientemente flexíveis para manejar uma ampla variedade de produtos e tamanho, ou onde a natureza básica da atividade impõe mudanças importantes dos insumos. O processo discreto ainda é separado em duas subclasses: produção em lotes e sob encomenda.

O sistema de produção em lotes é caracterizado por produzir uma quantidade limitada de um tipo de produto de cada vez, denominada lote de produção. Cada lote é previamente dimensionado para assim poder atender a um determinado volume de vendas previsto para um dado período de tempo. Desse modo, os lotes de produção são produzidos um a seguir do outro. Neste tipo de produção, o plano de produção é feito antecipadamente, podendo assim a empresa melhor aproveitar seus recursos com maior grau de liberdade.

Por outro lado, a produção sob encomenda é uma fabricação feita especialmente a pedido de um freguês como turbinas, ferramentas e matrizes, maquinaria especial, navios, etc. Os pedidos são em geral de natureza não repetitiva e as quantidades podem variar de uma a centenas de unidades. Neste tipo de produção, cada pedido usualmente acarreta uma grande variedade de operações, e o andamento em geral não segue nenhum plano padronizado ou rotineiro. Assim, é o pedido efetuado que vai definir como a produção deverá ser planejada e controlada, sendo, portanto, muito complexa esta etapa do planejamento e controle de produção.

2.2. MANUFATURA ENXUTA

A Manufatura Enxuta, ou *Lean Manufacturing*, é um sistema que foi desenvolvido no Japão após a Segunda Guerra Mundial. Nesta época, a indústria japonesa tinha uma produtividade muito baixa e uma enorme falta de recursos, o que naturalmente a impedia de adotar o modelo da produção em massa adotado no ocidente. A criação do sistema surgiu na fábrica de automóveis Toyota e objetivava aumentar a eficiência da produção pela eliminação contínua de desperdícios (WIKIPEDIA, 2008).

O desperdício em todas as suas formas causa custos para a produção, os quais serão absorvidos pela própria empresa ou pelos consumidores no preço final do produto. Nestes casos, há redução da margem de lucro e perda de competitividade com o aumento dos preços.

Existem sete formas de desperdício que devem ser eliminados na produção, os quais são trabalhados no método *just-in-time* (JIT), um dos pilares da manufatura enxuta. São considerados desperdícios (BBC – H2G2, 2008):

- Produtos defeituosos;
- Superprodução;
- Processamentos desnecessários;
- Estoque;
- Tempo de espera;
- Movimentação de material;
- Transporte de suprimentos dos fornecedores.

Sampaio (2008) acrescenta que a Manufatura Enxuta proporciona às empresas ferramentas para sobreviver em um mercado global que exige melhor qualidade, pontualidade nas entregas e na quantidade requerida a um preço mais baixo. Especificamente, a Manufatura Enxuta reduz a cadeia de desperdícios dramaticamente, cria sistemas de produção mais robustos, reduz o inventário e o espaço no chão-de-fábrica, cria sistemas apropriados de entrega de materiais apropriados e melhora a distribuição de materiais na planta para aumentar a flexibilidade.

A implantação da Manufatura Enxuta é importante para várias áreas da companhia, uma vez que se empregam diferentes ferramentas que geram seus resultados ao longo de toda a cadeia produtiva e de tomada de decisão da empresa, o que beneficia ela e seus empregados. Alguns dos benefícios gerados são (SAMPAIO, 2008):

- Redução dos custos de produção;
- Redução de inventários;
- Redução do tempo de entrega;
- Melhor qualidade dos produtos;
- Redução de mão-de-obra.

Entretanto, este método de produção não se encaixa, necessariamente, em todas as empresas. Há casos em que algumas dessas formas de desperdício são necessárias ou mesmo inviáveis de serem retiradas devido ao alto custo de modificação da estrutura da empresa (BBC – H2G2, 2008). Como exemplo, é possível citar casos de empresas que necessitam manter um estoque alto para atender grandes

pedidos em um curto prazo de entrega. Também há o caso em que trazer o fornecedor para próximo ou mesmo para dentro da empresa, reduzindo o custo de transporte, é impossibilitado pelo espaço físico existente ou pelo orçamento de se expandir a área da companhia para abrigar o fornecedor.

Um dos maiores desafios com que se depara a administração durante a implementação de técnicas de manufatura enxuta é garantir que alterações reais no comportamento aconteçam em todos os níveis da organização. Mesmo a equipe gerencial mais bem-intencionada, se não alcançar a adoção entusiástica das mudanças, verá seu plano se reverter nas rotinas que já existiam anteriormente. Sem um sólido programa de mudanças gerenciais perfeitamente entrelaçado com o projeto de manufatura enxuta, assim como uma forte liderança, o projeto estará condenado desde o seu início (BERGER, 2008).

Berger (2008) acrescenta que a própria expressão “manufatura enxuta” pode ser problemática, uma vez que alguns trabalhadores vêem o termo “enxuto” como sinônimo de perda de emprego. A menos que a administração identifique e lide abertamente com essas e outras barreiras importantes, as mudanças desejadas poderão nunca ser alcançadas.

Além disso, ainda há outro risco envolvido na implantação da Manufatura Enxuta. Moreira (2004) enfatiza que o sistema de produção *just-in-time* utilizado na Manufatura Enxuta é eficaz se tudo está perfeito. Se algum elo do sistema produtivo tem problemas, o sistema torna-se muito frágil, pois o excesso de recursos e estoques de segurança foi eliminado. Neste ambiente, os operadores trabalham de acordo com as necessidades do cliente, o que significa maior ritmo e pressão no trabalho. No entanto, os operadores podem tornar-se dispostos a aceitar tais condições à medida que existe a presença de um sistema de sugestões de melhorias incentivador e outras características como: solução rápida de problemas em grupo, cooperação e autonomia (autoridade) para parar a produção.

Moreira (2004) sugere que a implantação de um sistema de manufatura enxuta deva ser precedida de um planejamento que reforce o envolvimento da equipe nas mudanças, de maneira a minimizar os riscos de falha. A mesma linha de pensamento é seguida por Berger (2004), que afirma que para haver o entendimento e o comprometimento dos funcionários e supervisores com relação às mudanças, algumas ações são fundamentais. Através dessas ações, pretende-se inicialmente compartilhar

os objetivos da empresa a longo prazo e mostrar como a Manufatura Enxuta dará suporte a essa visão. Com isso, busca-se motivar e comprometer todos os envolvidos no processo. Em seguida, planos de educação e treinamento devem ser elaborados para cada categoria envolvida, com respeito à natureza e benefícios esperados das mudanças. Por fim, o oferecimento de premiações para os que se engajarem na manufatura enxuta e a existência de um planejamento para combater as resistências existentes por parte de outros são técnicas que podem auxiliar para que o processo seja realizado com sucesso.

2.3. PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

Contador (1987) descreve o planejamento e controle de produção como um agrupamento de funções inter-relacionadas que objetivam comandar o processo produtivo e coordená-lo com os demais setores administrativos da empresa. Assim, ele interfere em todas as etapas de produção, com exceção da fabricação propriamente dita. No entanto, a grande variedade de indústrias impossibilita a apresentação de uma solução única para os problemas. Essa diferenciação entre as empresas se deve a três fatores:

- Diferentes estruturas administrativas;
- Tipo de indústria;
- Tamanho da empresa.

Para elaborar uma solução é necessário que haja uma análise dos processos isoladamente e, em seguida, agrupá-las num corpo único.

O departamento de planejamento e controle de produção (PCP) foi criado quando percebeu-se que era necessário aumentar as atividades administrativas dentro das fábricas. Estudar a fragmentação do trabalho, treinar operários e determinar a melhor maneira de executar cada operação já não era mais suficiente. Tornaram-se necessárias ações como repassar a cada seção da fábrica quais operações deveriam ser executadas, determinar quais materiais seriam comprados, em que quantidade e

em que momento, entre outras. Para cuidar de tais assuntos é que criou-se o PCP (CONTADOR, 1987).

Moura Junior (1996) afirma que em um sistema de manufatura, toda vez que são formulados objetivos, é necessário formular planos de como atingí-los, organizar recursos humanos e físicos necessários para a ação, dirigir a ação dos recursos humanos sobre os recursos físicos e controlar esta ação para a correção de eventuais desvios. Na administração da produção, este processo é realizado pela função de Planejamento e Controle da Produção.

Vollmann (2006) acrescenta que sendo o PCP o organismo encarregado de comandar o processo produtivo, todas as tarefas relativas à produção devem ser executadas sob sua responsabilidade. Desta maneira, sua ação não se limita somente com relação às tarefas relacionadas com a produção da empresa. O PCP fica também responsável por comandar atividades tais como serviços de manutenção, preparação de máquinas e ferramentas e de ordens para compra de matéria-prima junto aos fornecedores.

A Figura 1 identifica algumas das principais funções do PCP.



Figura 1: Principais funções do departamento de PCP
Fonte: Nortegubisian (2008)

Uma das atividades do PCP é, mais especificamente, referente às análises das futuras condições de mercado e previsão da demanda futura, as quais são da maior importância para a elaboração do Planejamento de Longo Prazo. Mesmo em indústrias que fabricam produtos sob encomenda, onde não se faz nenhum estudo formal de previsão de demanda, a alta direção pode fazer conjeturas sobre o estado da economia e o seu impacto nos negócios futuros da empresa. Previsões de demanda podem se basear em dados referentes ao que foi observado no passado (previsão estatística) ou em julgamentos de uma ou mais pessoas (predição). Um bom sistema de previsão deve ter boa acurácia, simplicidade de cálculo e habilidade de rápidos ajustes frente às mudanças (MOURA JÚNIOR, 1996).

Juntamente com a previsão de demanda, é realizada a programação da produção. Esta função de planejamento de produção pode ser dividida em três níveis. No nível estratégico, onde são definidas as políticas de longo prazo da empresa, o PCP participa da formulação do planejamento estratégico da produção, gerando um plano de produção. Neste nível há decisões como ampliação de capacidade, alteração da linha de produtos e desenvolvimento de novos produtos. No nível tático, onde são estabelecidos os planos de médio prazo para a produção, o PCP desenvolve o planejamento mestre da produção, obtendo o plano mestre de produção (PMP), que guiará as ações do sistema de manufatura no curto prazo, estabelecendo quando e em que quantidade cada produto deverá ser produzido dentro de certo horizonte de planejamento. Finalmente no nível operacional, onde são preparados os programas de curto prazo de produção e realizado o acompanhamento dos mesmos, o PCP prepara a programação da produção. Neste último nível, as decisões são mais relativas ao controle de estoque (SCHAFRANSKI, 1998).

Para elaboração da programação é necessário o planejamento de recursos que engloba as atividades de Plano de Capacidade e de Plano de Materiais.

Segundo Moura Júnior (1996), o planejamento de materiais é a atividade através da qual é feito o levantamento completo das necessidades de materiais para execução do plano de produção. A partir das necessidades vindas da lista de materiais, das exigências impostas pelo PMP e das informações vindas do controle de estoque, procura determinar quando, quanto e quais materiais devem ser fabricados e comprados. Assim, o planejamento de materiais está intimamente ligado ao gerenciamento de estoques, cujos tipos são: matérias-primas, produtos em processo e

produtos acabados. Os estoques consomem capital de giro, exigem espaço para estocagem, requerem transporte e manuseio, deterioram, tornam-se obsoletos e requerem segurança. Por isso, a manutenção de estoques pode acarretar um custo muito alto para um sistema de manufatura. Conclui-se então que o Planejamento de Materiais deve ter como objetivos reduzir os investimentos em estoques e maximizar os níveis de atendimento aos clientes e produção da indústria.

Moura Júnior (1996) também define o Plano de Capacidade, tratando-se de uma atividade que tem como objetivo calcular a carga de cada centro de trabalho para cada período no futuro, visando prever se o chão-de-fábrica terá capacidade para executar um determinado plano de produção para suprir uma determinada demanda de produtos ou serviços. O planejamento da capacidade fornece informações que possibilitam ter viabilidade de planejamento de materiais, obter dados para futuros planejamentos de capacidade mais precisos, identificação de gargalos, estabelecer a programação de curto prazo e estimar prazos viáveis para futuras encomendas. Além disso, tendo o controle da capacidade, é possível acompanhar o nível da produção executada, compará-la com os níveis planejados e executar medidas corretivas de curto prazo, caso estejam ocorrendo desvios significativos.

Com todas essas atribuições, para atingir seus objetivos, o PCP administra informações vindas de diversas áreas do sistema produtivo. Da engenharia de processo são necessários os roteiros e tempos de fabricação, da engenharia de produto informações contidas nas listas de materiais e desenhos técnicos, no marketing buscam-se os planos de vendas e pedidos firmes, compras/suprimentos informa as entradas e saídas dos materiais em estoques, a manutenção fornece os planos de manutenção, dos recursos humanos são necessários os planos de treinamento, finanças fornece o plano de investimentos e o fluxo de caixa (SCHAFRANSKI, 1998).

2.4. SISTEMA DE INFORMAÇÃO

Um sistema de informação tem como componentes os recursos humanos (usuários finais e especialistas), os hardwares (máquinas), os softwares (programas), os dados (base de dados) e redes (estrutura de comunicação). Com esses recursos, é

possível executar atividades de entrada, processamento, produção, armazenamento e controle que transformam os dados recebidos em produtos de informações (O'BRIEN, 2004).

Toda empresa possui um Sistema de Informação (SI), o qual pode ser mais ou menos informatizado ou automatizado. Ainda, pode-se dizer que todas as atividades da organização utilizam-se deste SI, seja para controlar seus processos internos (manufatura, contabilidade, logística, comercial, etc.), seja para se relacionar com seus clientes e fornecedores. Sistemas de PCP, contas a pagar, contas a receber, folhas de pagamento, previsão de vendas, entre outros, são sistemas básicos para o funcionamento de uma empresa e que compõem o SI. Por conseguinte, o sucesso de uma empresa está fortemente ligado ao desempenho do seu SI, pois o fornecimento de informações erradas, imprecisas ou fora do prazo poderá resultar em tomadas de decisões inadequadas e com alto grau de risco (FORTULAN, 2006).

Moresi (2000) explica que a informação é importante para uma corporação à medida que ela gera lucros ou for alavancadora de vantagem competitiva. De maneira geral, a percepção de valor pode ser influenciada pelos seguintes fatores:

- Identificação de custos;
- Entendimento da cadeia de uso da informação;
- Incerteza associada ao retorno dos investimentos em informação;
- Tradição de se tratar a informação como uma despesa geral;
- Fracasso em reconhecer o potencial comercial e o significado da informação.

É importante reconhecer que, de modo geral, poucas decisões são tomadas com informação perfeita, devido a alguma insuficiência de informação ou uma sobrecarga de informação desnecessária. O valor da informação é uma função do efeito que ela tem sobre o processo decisório. Se a informação adicional resultar em uma decisão melhor, então ela terá valor. Caso contrário, ela terá pouco ou nenhum valor.

O'Brien (2004) também afirma que sistemas de informação tornaram-se componentes fundamentais para que as empresas e organizações alcancem o sucesso e, por essa razão, constituem um campo de estudo essencial em

administração e gerenciamento de empresas. Assim, os altos executivos e gerentes, assim como os outros níveis hierárquicos, devem estar constantemente aprendendo como aplicar os sistemas de informação às suas situações específicas. Na realidade, as empresas dependem de todos os seus gerentes e funcionários para ajudá-las a administrar seu uso da Tecnologia da Informação.

O papel do SI teve uma forte mudança ao longo dos últimos anos, passando de uma passiva ferramenta de automação ou argumentação, para um dispositivo estratégico e competitivo de transformação de estruturas organizacionais. Atualmente, os processos operacionais e os SI estão tão firmemente integrados que é quase impossível realizar melhorias nos processos operacionais sem o devido suporte dos SI. Desta maneira, é imprescindível que o SI seja flexível e integrado. A flexibilidade deve existir no sentido de permitir a inclusão de novos processos e produtos e a edição dos existentes. A integração, por sua vez, deve envolver todas as áreas da organização, desde a produção até a comercialização, canalizando as informações essenciais para todos os níveis da empresa que necessitem delas, melhorando o desempenho em todas as áreas (FORTULAN, 2006).

A adoção de um SI flexível e integrado implica a revisão dos processos, os quais freqüentemente precisam ser redesenhados, pois o desenvolvimento de sistemas para executar processos mal planejados resulta simplesmente na produção de erros com maior velocidade. É o que Graeml (2000) chama de automatização do caos.

O investimento no aprimoramento do SI sem a realização das mudanças organizacionais que ela estimula e das quais precisa não traz o retorno positivo desejado. Os benefícios da implantação de sistemas de informação são muito pequenos se ela for feita sobre as condições organizacionais existentes, principalmente os processos, a cultura e a estratégia (GRAEML, 2000).

2.4.1. ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP) - INTEGRAÇÃO

Enterprise Resource Planning, ou Sistema de Gestão Integrada, é um conjunto de softwares, dividido em módulos, que gerencia o negócio integrando todos os setores da organização (finanças, manufatura, vendas, RH, contabilidade,

recebimento, etc.) e formando um banco de dados coeso. Por integrar todos os setores, este sistema facilita o fluxo de informações entre os diversos processos existentes, desde o chão de fábrica até a alta administração (CATUNDA, 2000).

Para Souza (2003), o ERP não é apenas um software, na realidade ele é um conceito que nasceu e evoluiu juntamente com as tecnologias e os métodos administrativos. Desde a Revolução Industrial, quando os negócios tomaram um novo formato e, principalmente, um novo ritmo, a informação discretamente começou a ocupar um espaço cada vez mais significativo nas empresas que, por sua vez, tornaram-se cada vez maiores e mais complexas, exigindo cada vez mais informação. E o ERP faz parte desse processo.

Com relação à tecnologia, o ERP emprega a arquitetura cliente-servidor. Isto significa que o usuário do sistema (cliente) roda uma aplicação (rotina de um módulo do sistema) que acessa as informações de um sistema de gerenciamento de uma base de dados única (servidor). Isto, ao contrário do antigo sistema de *mainframe*, reflete o conceito de computação descentralizada. O sistema opera então com uma base de dados comum. O banco de dados interage com todos os aplicativos do sistema, e desta forma, elimina-se a redundância e redigitação de dados, o que assegura a integridade das informações obtidas (CATUNDA, 2000).

Tipicamente, cada um dos departamentos de uma empresa possuía o seu próprio sistema de informação, aperfeiçoado para cada necessidade específica e para a forma de trabalho de cada departamento. O ERP combina todos eles em um único SI comum a eles que trabalha com uma base central de dados. Os dados de cada módulo são armazenados neste banco de dados e são compartilhados pelos demais módulos (CBSCONSULTING, 2008). Essa arquitetura pode ser observada na Figura 2, que também acrescenta a capacidade dele integrar-se com os fornecedores e clientes:

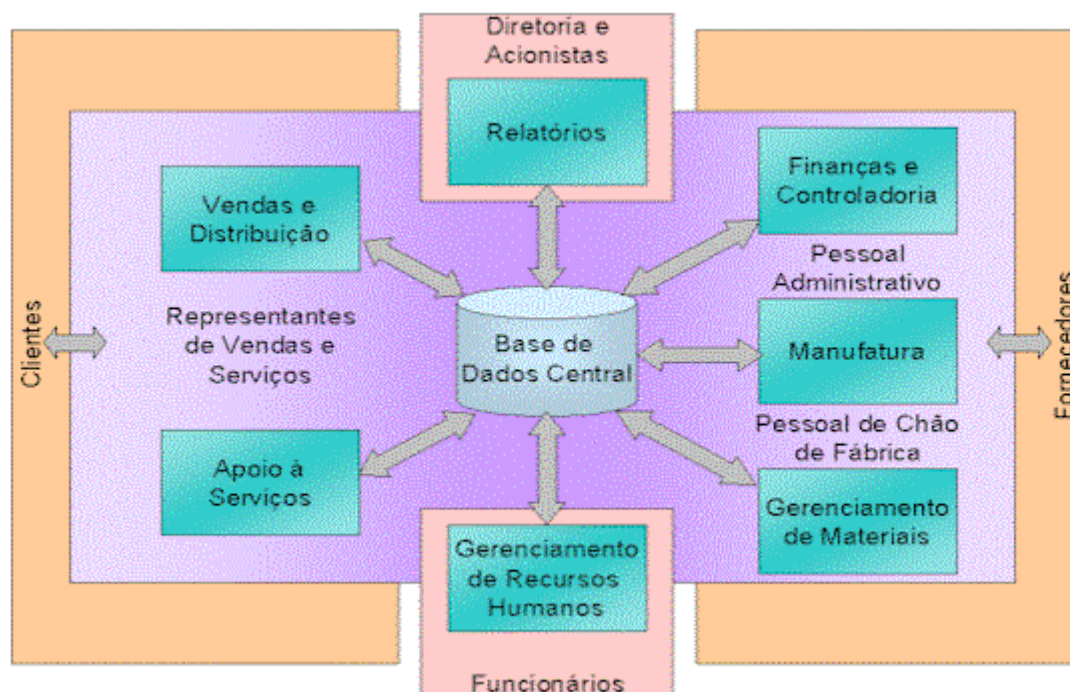


Figura 2: Estrutura conceitual dos sistemas ERP
 Fonte: CBSConsulting (2008)

A integração da empresa com as demais organizações envolvidas no processo produtivo (clientes e fornecedores) tem o objetivo de possibilitar que eles funcionem como um todo de forma mais otimizada, com reduções de custos e ganhos de produtividade e qualidade. O nome dado a este recurso é *Supply Chain Management* (SCM). Os principais sistemas ERP existentes no mercado já incorporaram funcionalidades de Supply Chain, trazendo a idéia de que após a integração dos processos internos da empresa, surge a necessidade de se integrar toda a cadeia. Este recurso apóia-se fortemente na Internet, uma vez que com a evolução da globalização as relações comerciais ultrapassam as fronteiras dos países, o que torna a Internet um meio de comunicação extremamente barato e viável para este tipo de aplicação (FORTULAN, 2006).

Também com a arquitetura da Figura 2, os vários departamentos podem mais facilmente dividir informações e se comunicar entre si. Além disso, as informações a respeito da empresa passam a ser as mesmas entre eles, o que evita que diferentes

departamentos apresentem relatórios diferentes tratando sobre o mesmo assunto, como por exemplo, a quantidade de estoque de determinado material pode ser diferente comparando-se a informação que o almoxarifado apresenta com o que o PCP apresenta (CBSCONSULTING, 2008).

Fortulan (2006) reforça que os principais benefícios proporcionados pelos sistemas ERP são:

- Otimização do fluxo de informações;
- Facilidade de acessos aos dados operacionais;
- Maior consistência das informações, pois elas passam a ser as mesmas em qualquer setor da empresa;
- Adoção de melhores práticas de negócio suportadas pelas funcionalidades do sistema.

Por outro lado, Catunda (2000) reforça que apesar de todos os benefícios obtidos com os sistemas de gestão integrada, também há os pontos negativos. Por se tratar, muitas vezes, de uma solução de grandes dimensões, que tem efeito em toda a estrutura da organização, os ERP possuem algumas desvantagens.

Primeiramente, os custos envolvidos na implementação de um sistema de ERP são muitos e são altos, chegando algumas vezes a ordem de dezenas de milhões. Entre os custos envolvidos podemos destacar os custos de hardware e infra-estrutura computacional, de aquisição de licença de uso do ERP, treinamento e consultoria para a implementação. A consultoria e treinamento são os grandes vilões do consumo de dinheiro. Estes são os custos “facilmente” mensuráveis, mas existem também outros custos, como por exemplo o trabalho das pessoas internas da organização, que além de fazerem suas atividades diárias também precisam se empenhar para implementação do sistema.

Além disso, por abranger todos os setores da organização, a implementação de um sistema de ERP é bastante complexa. Isto dificulta e aumenta o custo do planejamento do projeto de implementação. Não é difícil encontrar projetos que estouram seus prazos e orçamentos. Uma recente pesquisa divulgada pela *The Conference Board Survey* (2001) entrevistou executivos em cento e dezessete companhias que adotaram o sistema ERP. Os resultados mostraram que o custo

médio dos projetos foram 25% maiores do que o planejado, assim como os gastos com suporte após a implantação, os quais ultrapassaram em 20% o que era esperado. Além disso, 40% dos projetos não atingiram os resultados esperados, mostrou resultados no mínimo inquietantes.

Por fim, Catunda (2000) afirma que somente comprar um sistema de ERP não é suficiente para combater os problemas da empresa. Para que o efeito seja realmente positivo e compense os gastos, a ferramenta deve ser moldada aos negócios da companhia. Esta etapa nem sempre é realizada pela produtora do ERP. Assim a equipe responsável muitas vezes não tem acesso aos programas fontes, não conhecem com exatidão o processamento, as tabelas e banco de dados utilizados, dificultando esta etapa. Dependendo do porte da customização, o desenvolvimento de módulos específicos implica na gerência de um projeto paralelo a implantação do sistema ERP, sendo que recai sobre os dois problemas anteriormente mencionados, aumentando ainda mais o custo, a complexidade e a dificuldade de integração do sistema e do treinamento dos usuários finais.

2.4.2. SISTEMAS DE CHÃO-DE-FÁBRICA

Os sistemas de chão-de-fábrica podem ter seu nome expandido para Sistemas de Execução e Controle do Chão-de-Fábrica, ou *Manufacturing Execution System* (MES). Tratam-se de sistemas voltados à produção, orientados para a melhoria de desempenho que complementam e aperfeiçoam os sistemas integrados de gestão, os ERP (CORRÊA, 2007).

Fortulan (2006) reforça que são sistemas que integram a automação do chão-de-fábrica a um sistema de gerenciamento de informação, potencializando as informações de controle de processo, para análise e interação entre as diversas áreas da indústria. O MES coleta e acumula informações de tudo aquilo que é realizado no chão-de-fábrica e as utiliza para alimentar o sistema de planejamento, isto é, ele faz a ligação entre o sistema de planejamento, ou o PCP, e a fábrica em si.

A Figura 3 ilustra que os sistemas MES são os que atuam diretamente na produção, havendo outros sistemas que gerenciam o planejamento da produção e mesmo a execução das ações necessárias para efetivação do que foi planejado. Ou

seja, os sistemas MES são responsáveis por capturar informações que possam ser úteis para os demais sistemas.

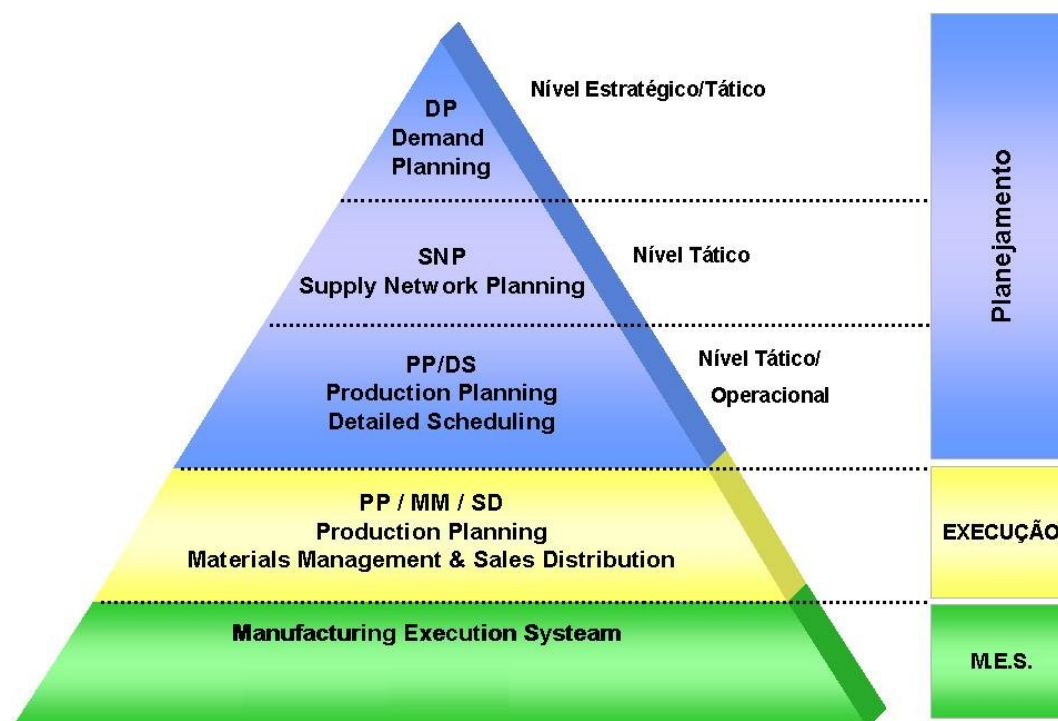


Figura 3: Estrutura de sistemas integrados de gerenciamento

Na figura 3, as camadas superiores, planejamento e execução, são módulos que compõem o sistema ERP. No topo da pirâmide, se encontra o módulo de Planejamento de Demanda (DP). Trata-se de um processo que permite que as empresas prevejam qual será a demanda futura, conseguindo se preparar para atender seus consumidores (IT TOOLBOX, 2008).

A camada inferior, *Supply Network Planning*, elabora o planejamento de compra, produção, transporte e distribuição da demanda gerada pela camada DP. Com isso, é possível reduzir os custos de estoque e de transporte, além de reduzir os riscos de atrasos de entrega e de manter os estoques em um nível seguro. A camada seguinte, PP/DS, é responsável por organizar os recursos da empresa e maximizar a eficiência da área de trabalho, minimizando o tempo e o custo de produção do que foi demandado pelas camadas acima (SAP BRASIL, 2008).

Abaixo, aparece a camada PP/MM/SD, que tendo executada a produção demandada inicialmente, tem a função de suportar as atividades de venda e distribuição com a capacidade de determinar o preço do produto a ser vendido juntamente com as condições de pagamento, processar ordens de compra dos consumidores, monitorar a entrega e fazer todos os registros fiscais necessários para que a venda seja concluída (SAP BRASIL, 2008).

O ERP tem como fundamento a integração, de uma perspectiva financeira, de tudo o que é feito e produzido dentro de uma empresa. Isto ocorre com êxito quando o processo de produção é do tipo discreto, em que há produção de produtos distintos ou pares. No entanto, estes sistemas não atendem as necessidades da companhia quando a produção dos produtos da empresa é do tipo processo por lote ou contínuo, em que pode haver produção de fluxos de produtos por transformação de fluxos de matéria-prima. É neste caso que a necessidade dos sistemas MES aparece com mais força, pois torna-se necessário a utilização de sistemas mais especializados, como o MES, que possui maior capacidade para lidar com processos mais complexos. Desta maneira, o MES acaba sendo uma camada que completa os sistemas ERP, fornecendo os dados obtidos a partir do fluxo de produção (IT toolbox Q&A Team, 2008).

A partir de uma ordem de produção de determinado produto ou semi-acabado, há diversas transações que ocorrem dentro da fábrica e que, em muitos casos, são invisíveis administrativamente. São algumas delas:

- Material sendo transferido de um local de armazenagem para uma ordem de produção;
- Material sendo transferido de uma ordem de produção para um local de armazenagem;
- Material sendo transferido de uma ordem de produção para outra ordem de produção;
- Baixa de material a partir de um local de armazenagem;
- Baixa de material a partir de uma ordem de produção.

Considerando que na cadeia de suprimentos o maior valor agregado costuma estar na produção, faz sentido investir em sistemas que aperfeiçoem o fluxo, controle e

qualidade do material. Assim, os principais benefícios que podem ser obtidos na implementação do MES são (VENDRAMETO; MARIANO, 2000):

- Redução do desperdício (excesso de produção, tempos de espera, inventário desnecessário, defeitos);
- Redução dos tempos de produção;
- Redução dos custos de mão de obra e treinamento;
- Apoio à manufatura enxuta;
- Apoio à melhoria contínua;
- Melhora a confiabilidade do produto final (melhor qualidade);
- Aumenta a visibilidade das atividades do chão de fábrica, assim como dos custos do processo de manufatura.

3. ESTUDO DE CASO

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

O estudo de caso deste trabalho ocorre em uma empresa manufatureira do ramo de linha branca, chamada aqui como Empresa A. Trata-se de uma multinacional de grande porte que na região da América Latina possui cerca de 18.000 funcionários e faturamento anual que ultrapassava o valor de R\$ 6 bilhões. Seus investimentos em inovação vão desde a implantação de sistemas de gerenciamento integrado até o desenvolvimento de novos produtos e funcionalidades, o que vem garantindo cada vez mais espaço para a companhia no Brasil. Outro indicativo da preocupação da empresa em estar sempre evoluindo é a constante busca para adequar seus processos aos métodos *Lean* (Manufatura Enxuta e Escritório Enxuto).

Na montagem de seus produtos finais são utilizados alguns produtos semi-acabados. A maior parte dos semi-acabados utilizados é produzida dentro da própria empresa no sistema de produção contínuo. Tratam-se de peças plásticas, cuja fabricação ocorre a partir de plástico granulado, sua matéria-prima.

Esse material chega à empresa em sacos grandes com cerca de 500 quilos cada, os quais são abertos e os grânulos depositados em silos de armazenagem. A partir dos silos saem alguns dutos que, por sucção, levam a matéria-prima até as máquinas injetoras. Elas recebem determinada quantidade de plástico e a aquece. O plástico derretido é injetado em um molde para obter a forma desejada. Em seguida, o próprio equipamento se encarrega de resfriar a peça, finalizando a produção do semi-acabado. Por fim, as peças fabricadas são retiradas das injetoras e colocadas em uma esteira rolante que as transportam até um setor próximo, onde outros funcionários fazem a separação das diferentes peças para que sejam colocadas no estoque corretamente. Esse processo é ilustrado pela Figura 4, a seguir:

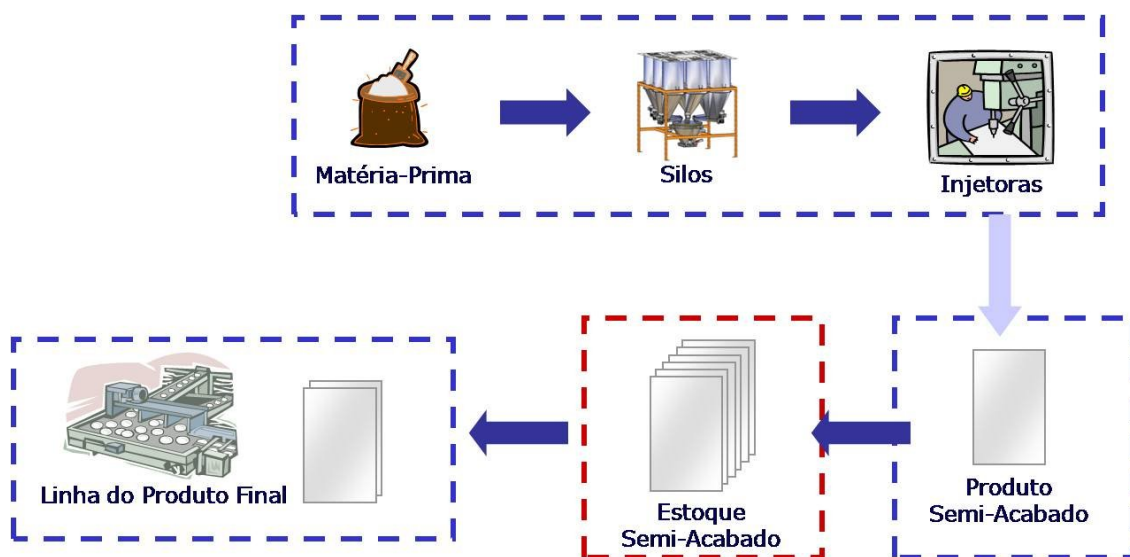


Figura 4: Processo de produção de produtos semi-acabados na Empresa A

Um problema encontrado neste processo é a falta de visibilidade que ele possui para os setores do almoxarifado e do PCP. Há três importantes pontos que podem ser destacados como prejudiciais para o controle dessa produção:

- Não há apontamento sobre o fluxo de matéria-prima do silo para as máquinas injetoras;
- A quantidade de produtos semi-acabados produzida não é devidamente contabilizada e registrada;
- Em nenhum momento é feito algum tipo de inspeção técnica para analisar a qualidade das peças que saem das injetoras.

O apontamento da utilização de matéria-prima é essencial para que haja o seu controle de estoque. Na situação da Empresa A, como não ocorre este apontamento do plástico granulado utilizado na produção, esta matéria-prima só recebe baixa no sistema de estoque quando o produto final é apontado, pois neste momento sabe-se, pela lista técnica do produto, o quanto de cada material foi utilizado.

Por conseguinte, enquanto o produto semi-acabado está em estoque e não foi utilizado em um produto acabado, todo o sistema continua tendo registrado que a matéria-prima, plástico, ainda existe em estoque, isto é, está pronta para ser utilizada. Em vista disso, há a falsa informação de que há matéria-prima para ser consumida. Isso proporciona um perigoso risco de acabar a matéria-prima sem que o sistema aponte a falta dela, o que provocaria um atraso na compra de mais desse material e uma possível redução ou paralisação de produção devido à falta de plástico. Essa questão já trouxe prejuízo à Empresa A, pois ao constatar que a matéria-prima estava próxima de acabar, houve a necessidade de comprar com urgência, o que dificultou a negociação com o fornecedor para obter um melhor preço do material.

O segundo ponto tido como prejudicial ao controle da produção se refere ao apontamento da quantidade de produtos semi-acabados produzidos. Desde o instante em que as peças plásticas são produzidas até o momento em que elas entram no estoque, não existe nenhuma forma sistematizada e confiável de contabilização e registro da quantidade produzida. Inspeccionando o local em que ocorre a produção, nota-se que as únicas formas de controle de estoque dessas peças plásticas são a visual e a anotação manual. A primeira se resume à visualização do montante existente no local de estoque, que ao atingir uma quantidade visualmente pequena alerta os funcionários para aumentar a produção. A segunda forma é igualmente precária, pois se trata de algumas anotações e contagens feitas por um determinado funcionário que se responsabiliza por ter o “controle” do estoque.

Como se pode ver, não há um controle do qual se consiga obter precisão e confiabilidade. Para se ter uma idéia, um inventário realizado na Empresa A em dezembro do ano de 2006, mostrou que o estoque de peças plásticas das injetoras ultrapassava o valor de R\$ 1.000.000,00, o que representa um valor altíssimo e uma quantidade muito grande de peças paradas e ocupando espaço da planta da empresa. No entanto, essa quantidade enorme era entendida pelo departamento do almoxarifado como necessária, uma vez que não tendo um controle correto do estoque, era necessário se precaver para não haver paradas de produção.

O terceiro fator citado, que é um ponto negativo na análise da produção dos semi-acabados é referente à qualidade das peças fabricadas. A abordagem aqui se refere tanto a defeitos e deformações das peças que saem das injetoras quanto a peças que fogem às especificações da sua lista técnica, ou seja, que podem sair com

mais matéria-prima ou menos do que o especificado, de acordo com a regulagem da máquina.

No primeiro caso, esses problemas são verificados pelos funcionários que manuseiam os produtos logo após a saída das máquinas. Quando é constatado algum defeito estético ou que prejudicaria o funcionamento do produto final, a peça é deixada de lado para ser descartada ou levada a um moinho, onde seria triturada para reutilização do plástico.

Por outro lado, no segundo caso, não há nenhum método ou procedimento que avalie as peças produzidas com relação à quantidade de matéria-prima consumida para a sua produção. Conseqüentemente, o funcionário que controla e regula a máquina injetora não possui parâmetros para otimizar o seu funcionamento.

Em 2007, foi constatado na Empresa A que esta variação de processo fazia com que os semi-acabados produzidos utilizassem entre 2% e 3% a mais de matéria-prima do que o especificado na lista técnica, isto é, a máquina injetora utilizava mais plástico do que o necessário. Apesar de parecer um percentual pequeno, quando se considera a produção total da empresa, tem-se que esta perda de matéria-prima é da ordem de R\$ 900.000,00 anuais. Deste modo, um procedimento para inspeção dos semi-acabados produzidos permitiria a melhor regulagem das máquinas, reduzindo essas perdas.

3.2. DESCRIÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CHÃO-DE-FÁBRICA

Tendo em vista a situação da produção de semi-acabados da Empresa A apresentada no Subcapítulo 3.1, tornava-se cada vez mais necessário o investimento em um sistema que pudesse atacar os problemas encontrados. A empresa não mais aceitaria estar realizando prejuízos, uma vez que isso significaria perda de competitividade diante de seus concorrentes.

A eliminação ou mesmo a redução destas perdas levaria a empresa a diminuir o valor total de custo dos seus produtos acabados. Assim, seria possível reduzir o preço

final junto aos consumidores, aumentando suas vendas. Outra opção seria manter o preço final do produto, o que aumentaria sua margem de lucro.

Inicialmente, chegou-se à conclusão de que o problema que envolvia o controle do fluxo de matéria-prima na produção poderia ser resolvido juntamente com a questão do apontamento de produtos semi-acabados que eram injetados nas máquinas. Essa relação ocorre porque com os dados sobre a quantidade de peças que foram produzidas, é possível determinar o quanto de matéria-prima foi utilizada. Isso é possível com o uso das listas técnicas dos semi-acabados, as quais informam o quanto de plástico deve ser utilizado para a produção de uma unidade.

A questão passou a ser, então, implementar um processo para apontar cada peça plástica que saísse das máquinas injetoras. Para facilitar a contagem, seria necessário limitar a produção desses produtos e fazer com que a contagem fosse feita logo na saída das injetoras, caso contrário, as peças poderiam passar despercebidas até o local de estoque.

Assim, optou-se por um sistema que funciona com a identificação de cada peça através de etiquetas com códigos de barra. Estas etiquetas são geradas por um sistema ligado ao sistema de gestão integrada da empresa. Assim, cada etiqueta impressa registra no ERP uma peça produzida, que por sua vez, aponta a utilização da quantidade de matéria-prima para aquela peça. Cada etiqueta possui um código que identifica o modelo da peça que foi produzida, de modo que a contagem é específica para cada um deles. Para evitar o constante acesso ao servidor e à base de dados do sistema ERP, a informação de peças produzidas, ou de etiquetas impressas, ficam armazenadas localmente, em computadores próximos ao local de produção, e somente depois de um período configurável é que são levados até o ERP (integração MES – ERP).

Para que isso fosse colocado em prática, foi necessária a instalação de impressoras dessas etiquetas próximas às máquinas injetoras. Essas impressoras foram ligadas às máquinas e a impressão ficou dependente do ciclo produtivo delas, isto é, a cada peça produzida, uma etiqueta com as informações correspondentes era impressa. Após a impressão, o funcionário que retira a peça do equipamento já está com a etiqueta em mãos para colá-la no semi-acabado, que se encaminha para o local de estoque.

Além disso, a impressora também está conectada via rede a um computador próximo ao local de produção que se encarrega de registrar as informações da produção. Após determinado período, este computador entra em comunicação com o sistema ERP para passar as informações de quanto foi produzido de cada modelo de semi-acabados desde a última transferência de dados. Com isso em mãos e já tendo cadastrada a lista técnica das peças, o ERP consegue, ao mesmo tempo em que registra o estoque de semi-acabados, dar baixa na quantidade de estoque de matéria-prima.

No entanto, para que o controle sobre o estoque de semi-acabados seja completo, é preciso que não só a sua produção seja controlada, mas também a saída deles para a linha-de-produção do produto final. Assim, quando a linha-de-produção precisar ser abastecida com as peças plásticas, uma solicitação é enviada ao almoxarifado, que através de rebocadores retira a quantidade necessária de peças do estoque e as leva até o ponto correto da linha. Mas antes do transporte, o funcionário do rebocador deve utilizar um leitor de código de barras para ler as etiquetas, registrando a sua retirada. Este leitor também está conectado a um computador, que por sua vez se comunica com o sistema ERP para transferir essas informações. Vale comentar que a conexão entre o leitor e o computador é sem fio, de modo a facilitar o seu manuseio pelo funcionário do rebocador.

Por fim, o sistema também deve observar a entrada da matéria-prima no estoque da empresa, fechando o seu fluxo de entrada e saída. No subcapítulo 3.1 foi descrito que o plástico granulado chega à empresa em sacos grandes de cerca de 500 quilos. No entanto, devido ao seu tamanho, o seu peso pode ter variações entre uma embalagem e outra. Para ter maior precisão na quantidade de matéria-prima adquirida pela empresa, houve uma modificação no procedimento de recebimento da empresa. Antes da implementação projeto, os sacos eram pesados aleatoriamente, por amostragem. A partir da implantação do sistema, todas as embalagens de plástico granulado que chegam à empresa são pesadas antes de serem depositadas nos silos. Com isso, os valores inseridos no sistema ficam muito próximos do real, havendo apenas a margem de erro nas pesagens.

A Figura 5 ilustra bem o processo de produção de semi-acabados com a utilização do sistema em questão, mostrando o controle sobre as peças plásticas e sobre o fluxo de matéria-prima:

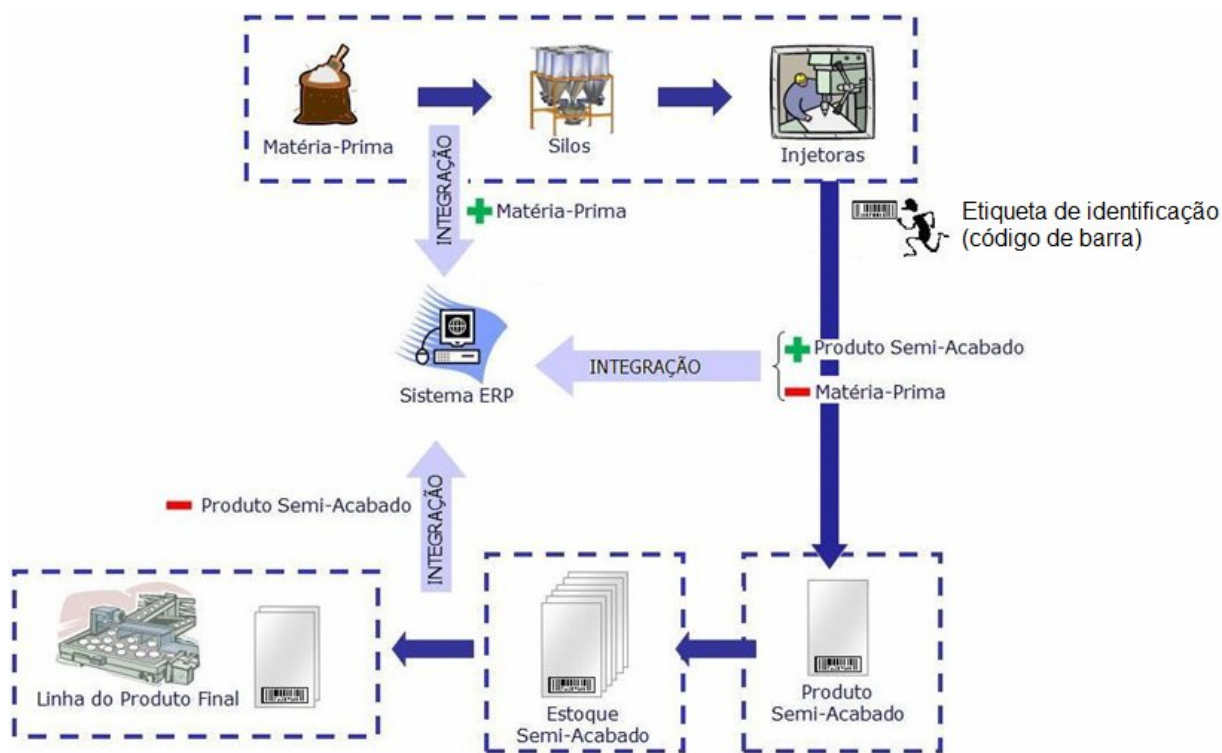


Figura 5: Processo de produção de produtos semi-acabados na Empresa A com a utilização do sistema MES

Uma segunda parte do sistema ficou encarregada de tratar o problema da qualidade das peças fabricadas. Assim como foi citado no subcapítulo anterior, a conferência estética continua sendo visual, feita pelos funcionários que coletam os semi-acabados das injetoras após sua fabricação. Nesta etapa, busca-se eliminar deformações e imperfeições que possam tanto provocar um prejuízo estético ao produto final quanto causar mau funcionamento a ele. Essas peças não podem ser aproveitadas, sendo apontadas como refugo e tendo suas etiquetas invalidadas após notificação do funcionário.

Contudo, a questão da conformidade das peças com as suas listas técnicas, ou seja, a quantidade de plástico utilizada na sua fabricação, não é possível de ser verificada visualmente, necessitando de ferramentas para isso. É importante notar que esta correção é fundamental para a correta execução do processo ilustrado na Figura

5, pois se as peças produzidas estiverem fora do padrão, o apontamento da utilização de matéria-prima não será confiável.

A única maneira de inspecionar tal característica é através de balanças com certo grau de precisão. No entanto, seria inviável pesar todas as peças fabricadas, o que demandou uma solução em que a pesagem dos produtos semi-acabados seria feita por amostras da produção, seguindo critérios estatísticos que não serão detalhados nesse trabalho. Dessa maneira, a cada determinada quantidade de peças injetadas, uma deve ser pesada.

Para controlar tal processo, foram instalados junto a cada máquina injetora uma sirene e um sinal luminoso que monitoram a sua produção. Estes sinais são acionados sempre que uma peça deve ser pesada. Quando isto ocorre, o funcionário deve pegar a última peça injetada e levá-la até uma câmara de inspeção, onde há um funcionário responsável por fazer as pesagens e os registros. Para impedir que o funcionário da injetora não leve o semi-acabado para pesagem após o sinal ser acionado, o sistema trava a máquina injetora até que a peça seja levada até a câmara.

Após ter sido avaliada uma quantidade significativa de peças, é possível gerar um relatório que indique se as peças estão dentro do padrão exigido pela lista técnica. Caso não estejam, a máquina deve ser regulada para otimizar a utilização de matéria-prima. Para evitar amostras indesejadas, somente as peças que não foram apontadas como refugo é que podem ser pesadas, e mesmo que estejam fora do peso especificado, elas não são descartadas.

A Figura 6 apresenta este fluxo de tomada de decisão durante a inspeção e avaliação das peças tanto em relação à parte estética quanto à técnica.

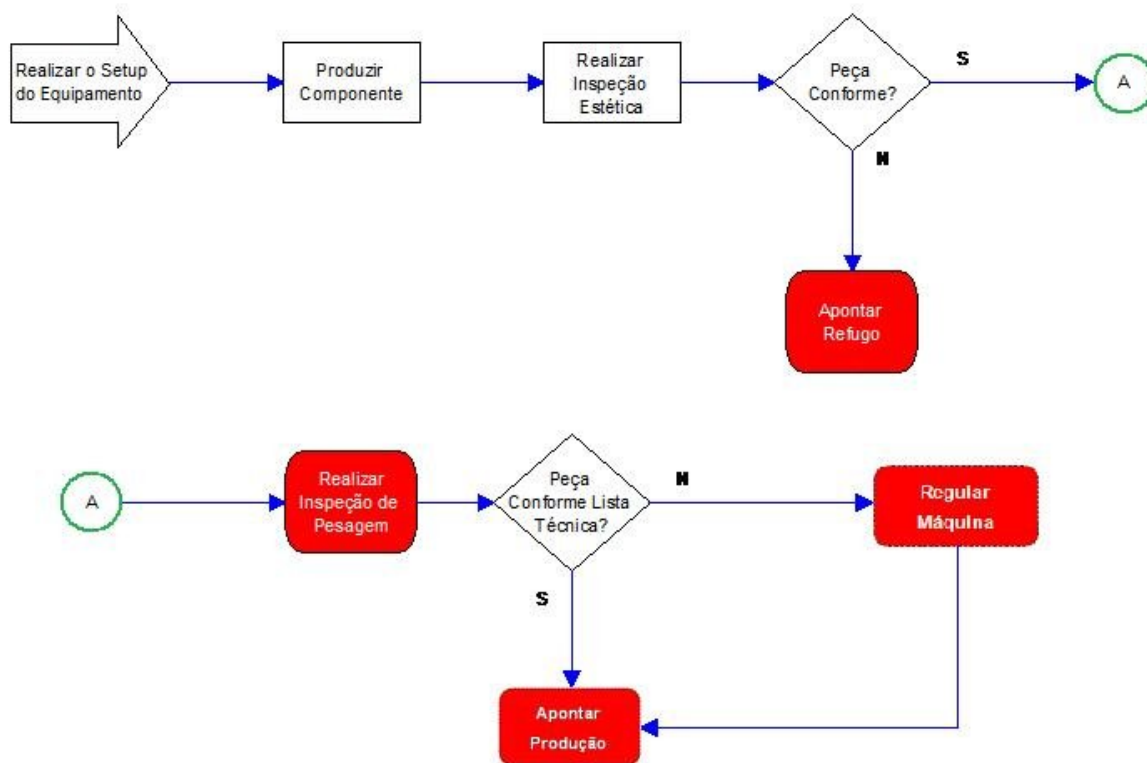


Figura 6: Fluxo de tomada de decisão durante a inspeção dos produtos semi-acabados

3.3. DIFICULDADES

A implantação de um sistema desse porte é longo e apresenta alguns tipos de problemas. Este projeto teve duração em torno de 12 meses, incluindo especificação, desenho, execução e treinamentos.

Um ponto importante deste trabalho são as dificuldades encontradas para a implantação deste novo sistema de chão-de-fábrica na empresa. Alguns dos problemas eram de natureza técnica, que surgiam a partir da dificuldade de lidar com novas tecnologias dentro da companhia e integrá-las às que já existiam. Estas questões demandavam estudos por parte dos especialistas participantes no projeto para que fossem apontadas soluções para elas.

Além disso, houveram também os obstáculos que envolviam as pessoas. Simplesmente o fato de estar ocorrendo uma mudança já provoca certa perturbação

nas pessoas, que se vêem saindo de uma situação conhecida e que elas dominam para uma que traz dúvidas a elas. Isso faz com que alguns funcionários da empresa apresentem uma posição contrária ao projeto antes mesmo de conhecer suas implicações e benefícios.

Essas pessoas chegam, em alguns casos, a boicotarem o projeto. Elas podem ter atitudes como estar sempre falando dos problemas do projeto, ressaltando-os, e até mesmo realizar as tarefas relacionadas a ele de forma medíocre. Com isso, surgem alguns problemas: outros funcionários passam a reparar apenas nas incertezas e dificuldades do projeto, e também começam a ser contra ele, e também, o andamento do projeto passa a ser prejudicado, uma vez que não há empenho das pessoas envolvidas.

Assim, é necessário que as lideranças do projeto estejam sempre atentas às pessoas envolvidas, buscando sempre dar esclarecimentos e motivar as equipes para a busca de um resultado comum.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A implantação do sistema descrito no Capítulo 3 foi bem sucedida. Após sua estabilização, alguns resultados positivos foram alcançados. A Tabela 1 reforça qual era a situação do processo de produção de semi-acabados antes da implementação do projeto, com seus pontos problemáticos, e como cada um desses pontos passou a ser tratado com a utilização do sistema MES.

Tabela 1: Pontos do processo de produção de semi-acabados antes e depois da implantação do sistema MES

Sem o sistema M.E.S.	Com o sistema M.E.S.
1. Embalagens da matéria prima são pesadas aleatoriamente.	1. Todas as embalagens devem ser pesadas.
2. Peças injetadas não são apontadas e o estoque não aparece no sistema.	2. Peças injetadas são apontadas e os estoques aparecem no sistema.
3. Os estoques das peças injetadas são controlados de forma precária.	3. Os estoques das peças injetadas são controlados pelo Almojarifado, integrados com o ERP da empresa.
4. Inventário identifica os estoques das peças injetadas como um grande estoque.	4. Inventário começa a identificar os estoques das peças injetadas unidade por unidade.
5. Utilização da matéria-prima dos semi-acabados não é apontada com a produção destes. Esse apontamento só ocorre com a finalização do produto final.	5. Sistema da baixa da matéria-prima através do monitoramento da produção dos semi-acabados.

A pesagem das embalagens de plástico granulado que antes era feita apenas em algumas delas e sem que houvesse planejamento tinha como intenção apenas verificar se os pesos não estavam muito fora do especificado. Com o redesenho do processo, todas as embalagens são pesadas, obtendo maior precisão no volume de material adquirido.

Outra melhoria foi o apontamento de todas as peças injetadas, que antes nem apareciam no sistema. Com o novo processo, após serem injetadas, elas são identificadas no sistema como produto em processo e tem seu estoque contabilizado peça por peça.

O processo de controle de fluxo de matéria-prima também passou a ser controlado. Com o novo sistema, conforme os semi-acabados são apontados como produzidos o sistema acusa que determinada quantidade de matéria-prima foi utilizada, de acordo com a quantidade que cada peça requer para ser injetada. Antes disso, essa matéria-prima só iria receber baixa do seu estoque quando o produto final fosse apontado, ou seja, o plástico já utilizado na produção das peças continuaria, para o sistema, como se estivesse no estoque para ser utilizada.

As melhorias obtidas com o projeto resultaram em ganhos efetivos para a Empresa A. Esses ganhos estão identificados com mais detalhes na Tabela 2, a seguir:

Tabela 2: ganhos obtidos com a implantação do sistema MES no controle de produção

Melhoria	Ganho
Com o controle efetivo sobre a produção de produtos semi-acabados, foi possível reduzir o volume em estoque, pois não era mais necessário manter grandes estoques para atender a linha de produção com a segurança de que não iria faltar peças.	O estoque foi reduzido em 23%, o que representa uma redução da ordem de R\$ 300.000,00.
A perda de matéria-prima por variação de processo na produção das peças plásticas foi reduzida. Essa perda é a relação do quanto de matéria-prima foi utilizada na produção com o quanto deveria ter sido utilizada, tendo a lista técnica como base.	A perda de matéria-prima foi reduzida de 2,5% para 0,5%, com relação à lista técnica. Isto proporciona uma economia de R\$ 700.000,00 por ano.
O controle do fluxo da matéria-prima das peças injetadas foi aprimorado. A matéria-prima já utilizada na fabricação de semi-acabados passou a ser considerada como matéria-prima em processo, apontando a baixa no seu estoque	Visibilidade sobre o estoque real de matéria-prima.

O valor de R\$ 300.000,00 de redução de estoque de produtos semi-acabados é um ganho muito valioso não só pela quantia, mas porque é um dinheiro que deixa de estar parado e passa a poder ser utilizado como investimento em melhorias, aquisição de novos equipamentos, treinamentos, etc.

O mesmo pode ser dito para a redução de desperdício de matéria-prima na injeção dessas peças plásticas. A economia é da ordem de R\$ 700.000,00 por ano. Além de diminuir o desperdício, isso também aumenta a qualidade do que é produzido na empresa, uma vez que as peças passam a ser mais padronizadas.

Por fim, com o controle do fluxo de plástico granulado, o sistema e, conseqüentemente, os responsáveis por executar a ordem de compra de matéria-prima, passaram a ter visibilidade sobre o seu estoque. Com a implantação do sistema de chão-de-fábrica, os dados sobre esse estoque passaram a ter confiabilidade, facilitando a tomada de decisão dos administradores do chão-de-fábrica.

5. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho, apresentado no primeiro capítulo, foi o de analisar a implementação de um sistema informatizado que auxiliasse os administradores do chão-de-fábrica a obterem informações confiáveis sobre o processo produtivo de semi-acabados na Empresa A, possibilitando-os a tomarem decisões fundamentadas nessas informações.

Desta forma, seria possível adequar o processo produtivo e seu o fluxo de materiais ao método da Manufatura Enxuta, cujo principal objetivo é o aumento da eficiência da produção através da eliminação contínua de desperdício e da redução de estoque, que, na visão deste método, significa dinheiro parado e recurso gerando gastos.

A utilização de um sistema de chão-de-fábrica integrado ao ERP da empresa, como descrito no Capítulo 3, trouxe resultados satisfatórios para a companhia. O processo produtivo dos semi-acabados não só ganhou visibilidade no sistema, reduzindo a incerteza no planejamento de produção e de compra de matéria-prima, como também houve reduções de desperdícios e de estoque, seguindo a linha da Manufatura Enxuta, o que conseqüentemente reduziu custos do produto final.

Como este trabalho é resultado de um estudo de caso de um processo específico da Empresa A, não é garantida a extensão dos resultados obtidos com o sistema para uma situação mais genérica. Entretanto, este trabalho é mais um indício de que o investimento em TI dentro das empresas e, mais especificamente, no chão-de-fábrica pode trazer resultados significativos na otimização de processos e reduções de custos. Isso explica o constante aumento do interesse das empresas em investir nos departamentos de Tecnologia de Informação.

Este trabalho não teve como objetivo o estudo sobre a integração existente entre o sistema de chão-de-fábrica e o sistema ERP da empresa, não havendo foco sobre esse assunto. Desta maneira, para a realização de trabalhos futuros na área de sistemas de informação, propõem-se que exista uma abordagem que analise com maior aprofundamento esta integração entre os sistemas, destacando as técnicas existentes, o modo como ela deve ocorrer e de que maneira ela pode ser implementada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARATUNGA, D.; BALDRY, D. *Moving from performance measurement to performance management*. Facilities, v. 20, n. 5/6, p. 217-223. 2002

BBC - H2G2. *Just-in-time manufacturing*. Disponível em: <<http://www.bbc.co.uk/dna/h2g2/A593769>>. Acesso em 20 de agosto de 2008.

BERGER, D. *Manufatura Enxuta: gerenciamento da mudança*. Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/gestao/enxuta_1.html>. Acesso em 20 de agosto de 2008.

CBSCONSULTING. *O que é o ERP? – Enterprise resource planning software*. Disponível em: <<http://www.cbsconsulting.com.br/erp.htm>>. Acesso em 13 set. 2008.

CATUNDA, R.A.M. *Sistemas ERP (Enterprise Resource Planning)*. Brasília: Centro Universitário de Brasília, 2000. 12 p.

CHIAVENATO, I. *Introdução à teoria geral da administração*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983. 617 p.

CONTADOR, J.C. (1987). *O sistema de planejamento e controle da produção*. Apostila, São Carlos, p.43.

CORRÊA, H.L. et al. (2007). *Planejamento, programação e controle de produção*. 5ª ed. São Paulo, Editora Atlas.

FORTULAN, M.R. (1996). *O Chão de fábrica e o gerenciamento da produção com ênfase no gerenciamento de ferramentas*. São Carlos. 159 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

FORTULAN, M.R. (2006). *O uso de business intelligence para gerar indicadores de desempenho no chão-de-fábrica – uma proposta de aplicação em uma empresa de manufatura*. São Carlos. 179 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

GONÇALVES, G. *Processos de produção*. Disponível em <<http://www.monografias.br/brasilecola.com/sociologia/processos-producao.htm>>. Acesso em 11 de outubro de 2008.

GRAEML, A.R. (2000). *Sistemas de informação: o alinhamento da estratégia de TI com a estratégia corporativa*. São Paulo. Editora Atlas.

IT TOOLBOX Q&A TEAM. *Differences between MES and ERP*. Disponível em: <www.ittoolbox.com/articles/2518>. Acesso em 10 de julho de 2008.

IT TOLLBOX. *Demand Planning*. Disponível em: <<http://sap.ittoolbox.com/topics/t.asp?t=411&p=411&h1=411>>. Acesso em 12 de outubro de 2008.

MACEDO, P. *Modelagem dos processos de produção em engenharia organizacional*. In: 5ª Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação, Portugal. Setembro de 2004. 11 p.

MOREIRA, M.P. (2004). *Times de trabalho em ambientes de Manufatura Enxuta: processo e aprendizado*. Campinas. 176 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas.

MORESI, A.D.M. (2000). *Delineando o valor do sistema de informação de uma organização*. Disponível em <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em 28 de setembro de 2008.

MOURA JUNIOR, A.N.C. (1996). *Novas tecnologias e sistemas de administração da produção: análise do grau de integração e informatização nas empresas catarinenses*.

Florianópolis. 211 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

NORTEGUBISIAN. *Planejamento e controle de produção*. Disponível em <http://www.nortegubisian.com.br/atuacao_plan_controle_producao.php>. Acesso em 12 de setembro de 2008.

O'BRIEN, J.A. (2004). *Sistemas de Informação e as decisões gerenciais na era da internet*. 2ª ed. São Paulo, Editora Saraiva.

SAMPAIO, P. *Manufatura Enxuta*. Disponível em: <<http://pt.shvoong.com/exact-sciences/405363-manufatura-enxuta/>>. Acesso em 25 de agosto de 2008.

SAP BRASIL. *Suply Network Planning: main process*. Disponível em <<http://www50.sap.com/businessmaps/17BF49706CFF4156805807B25C8528F4.htm>>. Acesso em 12 de outubro de 2008.

SCHAFRANSKI, L.E. (1998) *O protótipo GPCP-1: jogo do planejamento e controle da produção*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

SOUZA, J.J.B. (2003). *O ERP como instrumento para a decisão corporativa: estudo de viabilidade econômica de implantação na micro-empresa Infolight*. João Pessoa. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Federal da Paraíba.

PALOMINO, R.C. (1995). *Uma abordagem para a modelagem, análise e controle de sistemas de produção utilizando redes Petri*. Florianópolis. 182 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

THE CONFERENCE BOARD SURVEY (2001). *Pesquisa sobre projetos de TI*. Disponível em: <[http://www.it-cortex.com/Stat_Failure_Rate.htm#The_Conference_Board_Survey_\(2001\)](http://www.it-cortex.com/Stat_Failure_Rate.htm#The_Conference_Board_Survey_(2001))>. Acesso em 19 de outubro de 2008.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola de Engenharia de São Carlos. Serviço de Biblioteca (1996). *Diretrizes para elaboração de dissertações e teses na EESC-USP*. 2ª ed. São Carlos.

VENDRAMETO, M.; MARIANO, M. V. *Como pequenas empresas vêm trabalhando para se inserir na competitividade*. In: XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, São Paulo. 2000. 8 p.

VOLLMANN, T.E. et al. (2006). *Sistemas de planejamento & controle da produção para gerenciamento da cadeia de suprimentos*. 5ª ed. São Paulo, Bookman

WIKIPEDIA. *Sistema Toyota de Produção*. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_Toyota_de_Produção>. Acesso em 17 de agosto de 2008.