

**REDUÇÃO DE CUSTOS ATRAVÉS DO MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM (MES) E SUA INTEGRAÇÃO COM O ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP)**

**RAFAEL YUJI MATSUBARA**  
USP - Universidade de São Paulo  
rafyuji@hotmail.com

Área temática: Operações

Título: REDUÇÃO DE CUSTOS ATRAVÉS DO MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM (MES) E SUA INTEGRAÇÃO COM O ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP)

Resumo:

O artigo aborda o estudo sobre as principais características observadas sob a perspectiva da redução de custos em indústrias de manufatura discreta, em especial considerando uma possível integração dos Sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP) com os chamados *Manufacturing Execution Systems* (MES). Por meio do método de estudo múltiplo de casos foram coletados dados a respeito da implementação do MES e seus impactos sobre a redução de custos em três organizações, para que fossem debatidas as visões de diversos gestores, verificando se as proposições levantadas ao longo do projeto são confirmadas. Por fim, os resultados observados foram analisados e discutidos, e as conclusões apontam que o uso do sistema MES pode contribuir ou possui potencial para reduzir os custos e também para aumentar o controle da gestão. No entanto, foi possível observar também que a implantação de sistemas deve ser acompanhada de mudanças de processos e de cultura, que propiciem de fato a redução de custos nas empresas. Foram propostas novas possibilidades para que seja possível a continuidade de outros estudos neste sentido.

Palavras-chave: ERP, MES, Custos.

Abstract:

The dissertation describes the study on major features achieved from the perspective of cost decrease management within discrete manufacturing industries, especially considering a possible integration between Enterprise Resource Planning (ERP) systems with so-called Manufacturing Execution Systems (MES). By using the multiple case study method, several data regarding MES implementation and also its impacts on cost decrease were gathered within three enterprises, and therefore used for debating some standpoints from several managers and verifying whether the assumptions made throughout the article are confirmed. Finally, the results obtained along this study were analyzed and discussed, and such findings lead to idea that MES system use can concur or has the potential to decrease costs and enhance the management control as well. However, it was also possible to behold that systems implementation should be followed by a culture and processes changes as well, that surely provide cost cutting among companies. It was proposed some other improvement possibilities in order to make possible the development of new efforts in this regard.

Keywords: ERP, MES, Costs.

## INTRODUÇÃO

O aumento da competitividade entre as indústrias determina uma busca constante pela redução de custos, através da implementação de sistemas e ferramentas capazes de prover soluções que viabilizem um melhor controle sobre as operações da produção, as quais devem refletir a estratégia de negócio adotada em uma corporação (KAPLAN e NORTON, 2009). Conforme estudado por Hayes et al. (2008), a função produção deve ser orientada segundo uma estratégia composta por um conjunto de metas, políticas e restrições que otimizem os elementos necessários para a condução da organização, planejamento e execução das atividades de produção.

Para Laurindo (2008), a TI, Tecnologia da Informação, pode se tornar um elemento chave para se adaptar e transformar continuamente, acompanhando as mudanças geradas pela competição criando ou preservando as competências essenciais, minimizando fraquezas, fornecendo proteção contra ameaças, bem como tirando proveito das oportunidades, em especial pela função de Produção em manufaturas discretas implementando corretamente o Planejamento Estratégico.

A motivação principal deste estudo é investigar através de pesquisa exploratória de estudo de casos múltiplos, como as ferramentas da Tecnologia da Informação, em especial o MES, *Manufacturing Execution System* e o ERP, *Enterprise Resource Planning*, podem contribuir para a redução de custos particularmente em organizações de manufatura discreta. Este tipo de manufatura pode ser caracterizado como altamente complexo, no contexto do planejamento da produção, considerando a alta variabilidade de tipos de máquinas, operações, roteiros de produção e que normalmente apresentam inúmeras alternativas de processamento, constituídas de equipamentos diferentes, com prazos e quantidades definidos (JUNQUEIRA, 2003; MCKAY e BUZACOTT, 2000).

Ao longo da história, diversas tecnologias foram desenvolvidas no sentido de aprimorar o processo produtivo de indústrias e aumentar o índice da eficiência global. Logo em seguida, foram aprimoradas e deram espaço aos chamados sistemas ERP, *Enterprise Resource Planning*, organizando os dados da empresa e compartilhando informações de diferentes áreas (BERNROIDER, 2008; TENKORANG e HELO, 2011; XIA et al, 2009). Dentre as diversas tecnologias existentes no mercado serão abordadas especificamente neste estudo, o sistema ERP e os sistemas de dados da produção ou MES, *Manufacturing Execution Systems*, sob um ponto de vista de integração e redução de custos.

Os sistemas MES são responsáveis pela coleta de dados de chão-de-fábrica em tempo real, através de dispositivos eletrônicos interligados aos sistemas de informação para armazenamento de dados. As principais informações transportadas do MES para o ERP seriam a respeito de *jobs* concluídos, consumo de estoque, atendimento às normas e requisitos, e performance de operação real (DEUEL, 1994; GIACON, 2010; ROLÓN, 2012).

Por outro lado, os *softwares* MES poderiam complementar a visão fornecida pelos sistemas ERP e dos controles específicos de produção (FRANÇOISE e PELLERIN, 2009), no sentido de prover dados mais acurados, atuando na liberação das ordens e no controle de suas informações ao mesmo tempo em que elimina o *loop* no controle do processo de produção. (DEUEL, 1994; GEORGES, 2010; WANG et al., 2012). Os operadores devem contar com processo e informações integrados, que podem ser obtidos através da observação de inúmeras ocorrências no decorrer dos anos, tais como os dados de Ordens de Produção em processamento e sujeitos às incertezas da produção, sendo que para cada processo existem componentes específicos demandados para a interface de sistemas com um ERP, como no caso de logística e *supply chain* (GIACON e MESQUITA, 2011; SOUZA e SOARES, 2010; YIN e XIE, 2011). **Problema de Pesquisa e Objetivo:** Portanto, o presente trabalho tem por objetivo principal responder a seguinte questão de pesquisa: **Como o uso do sistema MES e sua integração com os sistemas ERP podem contribuir para a redução de custos operacionais em indústrias de manufatura discreta?**

Como objetivos específicos, o projeto explora os métodos utilizados na implementação do MES e analisa melhorias no controle de custos e os eventuais obstáculos.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Sistemas MES

Há extensivos esforços sendo executados no sentido de colaboração e integração do uso da informação no planejamento da produção, com o uso sistemático de programas de computador em ambientes de manufatura, com a crescente demanda pelos chamados *softwares* MES, cuja proposta é baseada na aplicação de soluções capazes de gerenciar os dados extraídos automaticamente do chão-de-fábrica e aplicados em manufatura discreta (KLETTI, 2007; GRIEVES, 2006).

A ISA, *International Society of Automation*, desenvolveu uma metodologia padronizada que propõe uma sugestão para oferecer subsídios e preencher a lacuna entre o negócio e os processos funcionais. De forma semelhante os estudos da MESA, *Manufacturing Enterprise Solutions Association* (1997) apresentam de forma mais estruturada os elementos que constituem o ambiente em que o MES está inserido visando principalmente à redução dos gastos administrativos, obtenção de rastreabilidade e genealogia, e logo, a análise de desempenho (CAMPOS e MIGUEZ, 2011; BERTI, 2010; CLARK, 2010).

A definição de MES consiste em soluções desenvolvidas para aprimorar o controle dos dados de todas as etapas da linha de produção e por produto em tempo real (HE, 2012), através do alinhamento entre as métricas de desempenho e o monitoramento das informações, além do foco na execução e controle da produção e de processos, agindo em um nível intermediário entre o ERP e os sistemas de controle a nível de chão-de-fábrica (LIU et al., 2008; CORRÊA, 1997; BANERJEE et al., 2013). De posse destes dados, por fim, as ordens planejadas têm seus status atualizados para que o ERP possa ser alimentado, para consulta gerencial e de questões fiscais, além do repasse de dados aos clientes, fornecedores e colaboradores internos, facilitando o planejamento e a tomada de decisões no nível organizacional (DAI et al., 2012; LEE et al., 2012; SANGSTER, 2009).

O MES estaria preparado para indicar uma programação detalhada de atividades, responder aos eventos incertos e aleatórios e também adaptar planejamentos elaborados a determinadas circunstâncias, como falta de material e quebra de máquinas, inclusive para diferentes volumes de produção (BERTI, 2011; GAMA, 2011; YOUNUS, 2009). Através de sinais emitidos em intervalos de tempo parametrizados via interface, as operações são bloqueadas caso qualquer anormalidade seja detectada no processo, considerando as etapas sequenciais da produção. Neste contexto, é possível reduzir o risco relacionado à montagem incorreta de peças ou utilizar peças incorretas dentro de uma operação (GAMA, 2011).

Cabe também discorrer sobre algumas objeções ao instalar o MES. É possível citar a questão do elevado investimento requerido, tanto em termos financeiros quanto em relação à contratação de equipes e aquisição de treinamentos, além da conectividade com outros sistemas e bancos de dados (FERRAZI, 2012; NYAGA, 2010; ZHAO et al., 2011). Os investimentos realizados no MES podem trazer resultados principalmente no longo prazo, além de oferecer soluções muitas vezes intangíveis como a melhoria na comunicação, visibilidade e necessitar de ajustes e customizações (COTTYN et al., 2011; FERRAZI, 2012).

Na opinião de Oman (2011) e Stano et al (2011), os seguintes requisitos seriam necessários para um ambiente de integração entre o ERP e o MES: (1) Organização de recursos e seus status; (2) Classificação detalhada das operações; (3) Organização do produto; (4) Atividades de manutenção; (5) Gerenciamento de processos; (6) Monitoramento de produtos e famílias de produtos. Por isso, ao passo que a operação paralela entre os sistemas ERP e o MES parece ser considerada razoável, por outro lado, recentemente identificou-se um desafio que consiste em delinear os limites demarcados e desempenhados por cada tipo de sistema (CHOI e KIM, 2010; SCHMIDT et al., 2011; OMAN, 2011).

Tais sistemas podem em última instância oferecer suporte para funções equivalentes nas duas camadas de desenvolvimento (ERP e MES), ocasionando um alto grau de interconexão,

mas também um certo grau de redundância entre os dois sistemas. Ainda nesta linha, Schmidt et al. (2011) e Qifeng e Zhangjian (2011) distinguem também e sob um ângulo mais operacional, quais as reais trocas de dados existentes entre os sistemas ERP e MES, e os sentidos em que ocorrem. De acordo com as características da produção e após uma análise criteriosa dos fatores críticos de sucesso, os diversos módulos, como os de *Lean Manufacturing*, podem ser ativados para compor o planejamento da produção (CHOIN et al., 2013; HALGARI et al., 2011; JAHANYAN, 2011; POWELL et al., 2013).

Já Ugarte et al. (2009) e Momoh e Shebab (2010) mencionam em sua obra que a partir dos adventos tecnológicos como o ERP, as áreas de manufatura buscaram o desenvolvimento de sistemas fabricados internamente pela própria empresa. Muitos fornecedores do próprio ERP e sistemas de automação têm entrado no mercado do MES e alguns fornecedores de MES têm se especializado em nichos focados, dentre eles o mercado da manufatura discreta (WHITLOCK, 2012; OWCZARCZYK, 2010; WEIL, 2011).

### **Manufatura discreta**

No entanto, a exploração do tema quando há uma integração entre o sistema ERP e o software MES em indústrias de manufatura discreta tem sido disponibilizada com menor frequência. Estudos anteriores como os de Vanderlei (2009) também verificaram a implementação do *software* MES em empresas de manufatura discreta, comparando as performances obtidas antes e depois da instalação deste sistema e também fornecendo subsídios para o aperfeiçoamento de sistemas de controle em manufaturas discretas.

A manufatura discreta pode ser caracterizada pelo alto grau de variabilidade das operações e das possibilidades de processamento fabril, constituída de combinações diversas dos elementos referentes às máquinas, roteiros e prazos, tempos de cada operação, preparação e separação de itens (JUNQUEIRA, 2003; MCKAY e BUZACOTT, 2000; CORRELL e EDSON, 2007). Pode haver também uma lista de materiais complexa e extensa, com sincronização de montagem, assim como processos não sequenciais (WANG et al., 2011).

Por isso, são demandadas ferramentas tecnológicas que permitam os gestores visualizarem o que está ocorrendo no chão-de-fábrica de forma simples e eficaz em um contexto complexo em que existem diversos arranjos e combinações, com produtos produzidos em lotes (*flow shop* ou *job shop*). Assim, cada máquina pode apontar informações específicas sobre os tempos de início e término de cada atividade, aumentando a complexidade para coordenar e alinhar as diversas operações (FERRAZI, 2012).

### **Custos operacionais do processo**

Complementando esta visão, pode-se discutir como o MES, junto ao ERP, poderia contribuir para obter o detalhamento da composição de custos ao longo do processo produtivo, determinando dos direcionadores de custos para alocação e rateio de custos indiretos para cada setor e potencialmente, evidenciando a identificação de melhorias e reduções, tornando o custeio mais próximo da realidade (BERTÓ e BEULKE, 2006; GUTIERREZ et al., 2010; LIU et al., 2008).

Ao estudar este tópico, os autores apreenderam que o problema oriundo planejamento pode estar vinculado a falta de informações dinâmicas, longo ciclo de contabilização, escassez de informações, base de precificação, compartilhamento de informações entre as áreas e sistematização, causando uma distorção no controle de custos operacionais em termos de contabilização de custos de produtos, análise e previsões, além da formação do preço de venda (BUNSE et al., 2011; LI, 2012; LIU et al., 2008; REITER et al., 2009). A tecnologia exerceria uma função relevante neste sentido, pois poderia prevenir o uso de inúmeros sistemas desenvolvidos para atender diversas demandas de custos (LIRA et al., 2012; LIU et al., 2008).

Adicionalmente, pode-se estudar a questão dos treinamentos oferecidos aos colaboradores para que possam se adequar aos sistemas e ao preparo da própria cultura organizacional em absorver eventuais mudanças nos processos. Neste sentido, seria necessário verificar o real impacto sobre a redução de custos (GEORGES, 2010; GAMA, 2011). Segundo Liu et al. (2008), as organizações orientadas para uma cultura de redução de custos são capazes de tomar diversas ações percebidas por seus clientes, sejam elas através de inovação tecnológica, aumento da qualidade ou otimização de estrutura de produto, performance de estoque ou redução do *time-to-market* (LIU et al., 2008; DEUEL, 1994).

Por meio dos direcionadores de custos é possível obter a um nível estratégico e operacional, informações consistentes das escalas, diversidades técnicas e gestão da qualidade dos produtos (LIU et al., 2008). Avaliar as atividades que geram valor e que não geram valor e como a integração MES x ERP pode auxiliar nestas observações, conforme definido pelos autores Horngren et al. (2004) e Snider et al. (2011).

### Elaboração de proposições

A partir da revisão bibliográfica foram elaboradas as proposições deste estudo que são detalhadas a seguir. **P1: A integração entre os sistemas ERP e MES em manufaturas discretas pode contribuir para a redução de custos, quando houver:** (a) Maior confiabilidade no controle de estoque a qual resulta em uma redução de desperdícios com matéria-prima e menor *lead-time*; (b) Alocação adequada de recursos, redução do *setup* e tempo de parada de máquinas, as quais resultam em um uso mais eficiente da capacidade das máquinas por meio da otimização e flexibilidade da manufatura; (c) Por meio do apontamento real e identificação de problemas decorrentes de programação, existe um melhor planejamento e gerenciamento dos *jobs* no chão-de-fábrica.

**P2: A redução de custos pode ocorrer em decorrência das adaptações e reestruturações de processos frente à adoção do MES.**

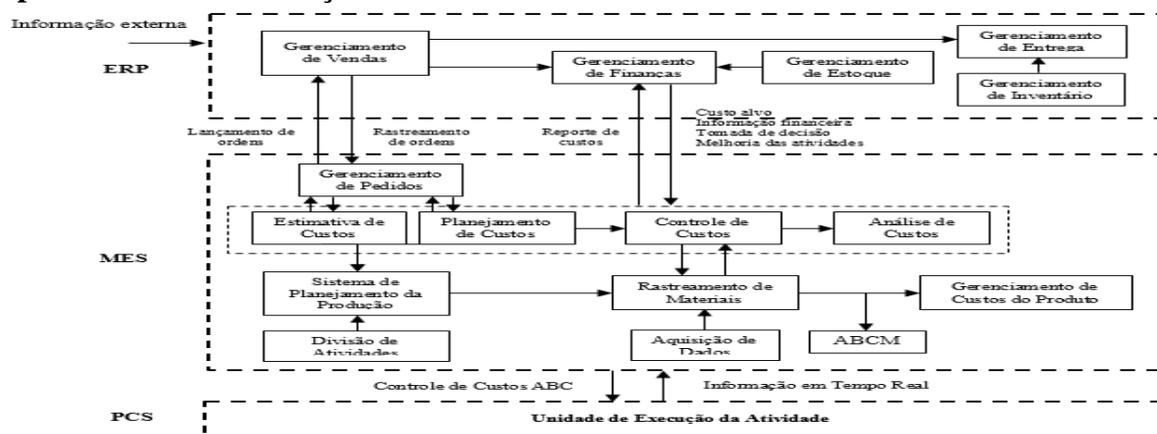


Figura 1 – Framework do sistema de gerenciamento de custos baseado no ERP e MES

FONTE: Adaptado de HUANG et al (2004).

## METODOLOGIA

Inicialmente foram revisadas bibliografias relevantes ao tema de pesquisa, incluindo livros, estudos de periódicos e consulta a base de dados relacionada ao tema de pesquisa, assim como uma pesquisa detalhada sobre tecnologias vigentes no mercado. A justificativa para a escolha da metodologia qualitativa está baseada no teor exploratório que a pesquisa se propõe a estudar, conforme proposto por Eisenhard (1989). Isto é, não busca comprovar ou generalizar nenhum modelo existente entre as diversas empresas de manufatura.

Esta fase foi concebida mediante aplicações de entrevistas de abordagem qualitativa segundo o método de pesquisa de estudo múltiplo de casos (YIN, 2005; VOSS et al., 2002)

como uma estratégia de pesquisa (COOPER e SCHINDLER, 2003). Tal estratégia seria indicada para estudos cujos temas possuam um caráter emergente (VOSS et al., 2002). Gil (2006) esclarece que o estudo de caso é concebido mediante uma análise profunda de um ou mais objetos permitindo o seu conhecimento detalhado, os quais buscam esclarecimentos a respeito do motivo pelo qual um fenômeno, uma decisão ou um conjunto de decisões ocorrem, a forma como foram implementadas e caracteriza os resultados alcançados (YIN, 2005).

Através da adoção de estudos de casos múltiplos pretende-se um maior grau de generalização dos resultados obtidos, em detrimento de uma obtenção menor em no que tange a profundidade tratada em cada situação (YIN, 2005). Em adição, o estudo de casos múltiplos permite um uma maior validade e reduz a probabilidade de ocorrências viesadas (VOSS et al., 2002; YIN, 2005). É preciso lembrar que para Voss et al. (2002) se o objetivo da pesquisa corresponder a uma maior generalização da análise, o estudo de caso múltiplo seria bastante indicado ao oferecer uma maior gama de opções tratadas em menor profundidade.

Após tentativas de contato para participação da pesquisa, foram selecionadas 03 (três) empresas de manufatura discreta que utilizam o MES, através de interações por *e-mail*. Após um contato inicial, foram enviados os documentos de apresentação da pesquisa e os termos de confidencialidade. Uma vez aprovados pelos gestores, foram agendadas as visitas para apresentação da pesquisa, e posteriormente reuniões para coleta de dados. O critério para a seleção das empresas foi embasado no fato da diversidade dos mercados atendidos e de seus diferentes processos de manufatura, os quais contêm características de manufatura discreta.

A coleta de dados teve início no primeiro quadrimestre de 2014, entre gestores que atuam em unidades de manufatura por meio de entrevistas semi-estruturadas e observações diretas, no estado de São Paulo. Os meios utilizados para transferência de informações e conhecimento foram entrevistas diretas com preenchimento do questionário semi-estruturado pelos participantes e transcrição de trechos pelo pesquisador, totalizadas em 03 questionários aplicados entre os gestores de produção, tecnologia e contabilidade entre 03 empresas distintas, com 01 questionário atribuído por cargo.

A coleta foi realizada por meio perguntas referentes ao tema, correios eletrônicos, pesquisas na nos sites dos fornecedores e também leituras de portfolios desenvolvidos pelas organizações para a devida coleta de dados secundários. Também foram coletados os depoimentos dos entrevistados. A amostra convidada a responder a entrevista foi composta basicamente de profissionais dentre os quais, Gerentes e Supervisores que atuam nos departamentos de PCP (Planejamento e Controle da Produção), Gestão da Tecnologia, Automação Industrial ou Contabilidade de Custos. Foi imprescindível que os profissionais possuíssem mais de 02 (dois) anos de atuação na empresa para que estivessem aptos a responder de forma adequada os questionários.

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **Caso A**

O primeiro estudo de caso foi realizado em um Grupo com unidade de escritório posicionada no município de São Paulo, e fábricas instaladas no interior do estado de São Paulo. O Grupo atua em diversas frentes de negócios, dentre elas, a produção de fontes de energia, sendo que as linhas de produtos são compreendidas por alguns tipos, desenvolvimento de produtos alimentícios, cujas linhas de produto compreendem vários ingredientes naturais.

A unidade orientada a produção de energia apresenta estratégias de manufatura contínua, enquanto que a unidade produtora de produtos alimentícios está delineada para atender a manufatura intermitente, ou seja, produção por bateladas ou lotes. A área participante desta pesquisa foi o departamento de sistemas de automação industrial.

Atualmente, não existe uma clara visão de como, quando e onde exatamente as informações do MES são utilizadas para a determinação dos custos de produção. Tampouco é

possível fornecer uma estimativa de tempo gasto nessa atividade. Ainda, acredita-se que muitas informações podem estar sendo digitadas manualmente.

No geral, os resultados superaram as expectativas, porém há uma grande dificuldade em equacionar o legado do projeto de forma quantitativa. A visão dos gestores em relação à redução de custos é de que tanto a implantação do MES quanto a sua integração com ERP reduz custos, porém há uma dificuldade em se contabilizar e mensurar esta redução. Pode-se observar que houve uma economia de custos, em relação à agilidade na disponibilização da informação e à desoneração da carga de trabalho dos operadores, técnicos e analistas, uma vez que o processo de se obter informações foi muito aprimorado e agilizado. Tal fato permite que o operador possa dedicar mais tempo auxiliando na gestão do processo em si. Na unidade produtora de alimentos, a iniciativa mais impactante para a redução de custos se deu pela automatização da coleta de dados operacionais e extração de relatórios.

Em um nível hierárquico mais alto, a própria gestão reconheceu que a análise de seu trabalho passou a ser facilitada, pois a qualidade das informações também melhorou. A partir dos dados gerados, foram criados indicadores que permitem uma reação preventiva mais rápida quando uma tendência ruim é detectada sem tantas intervenções manuais. Existem vários fatores que devem ser analisados isoladamente através de grupos de controle e que podem influenciar na redução por estímulos. Por exemplo, sobre a contratação de pessoal que foi reduzida desde alguns anos atrás, não se pode inferir que o MES foi responsável por este fenômeno. Outro exemplo interessante pode ser a troca de equipamentos. Uma vez identificado um problema recorrente no equipamento, esta máquina pode ser substituída e oferecer menor demanda por manutenção.

O MES permitiu que os colaboradores pudessem ter um acesso a dados mais detalhados, como o controle do OEE, o MTBF, *Mean Time Between Failures*, o MTTR, *Mean Time to Repair*, registros de paradas, fechamentos de OP, mas isto não significa necessariamente que os colaboradores estejam tomando as ações necessárias para de fato reduzirem os custos a partir desta visibilidade. Na avaliação do custo de hora-homem houve uma proposta interessante do MES. A partir da implementação do sistema, pode-se identificar uma redução no tempo de produção. Os recursos humanos em conjunto com os sistemas eram designados a monitorar os processos, além de desempenhar outros papéis simultaneamente.

O MES pode ser bastante útil, uma vez que se estratifique adequadamente os motivos das paradas causadas pelas quebras de equipamentos ou improdutividades, como por exemplo, uma quebra de peça. É preciso identificar a causa raiz, enxergar e analisar um problema. Devido ao problema identificado pode-se partir para uma ação efetiva e trabalhar de forma proativa. Atualmente, há uma carência no que diz respeito ao trabalho conjunto entre a operação e a manutenção, além de envolver a equipe participante do projeto. Acredita-se que com uma medida de aproximar os membros e incentivar o trabalho em conjunto seria possível obter um ganho ainda mais significativo.

### **Caso B**

O segundo caso exposto refere-se à empresa B, direcionada para o desenvolvimento de produtos para controle, proteção e distribuição de energia e produtos para supervisão e proteção de sistemas elétricos, cujas linhas de produtos são distribuídas entre bens de bens de capital durável e componentes elétricos.

Em relação à redução de custos em si, o caso B demonstra que a finalização da segunda fase será muito oportuna para avaliar a superação das expectativas em torno do investimento executado para o uso do sistema MES. Os investimentos realizados e os custos para implementar o MES terão retorno após a conclusão da segunda fase do projeto, em que será possível analisar em detalhes o rendimento do MES.

Sobretudo, ficou evidenciado que a implementação do MES em si, não é a única responsável pelas melhorias e reduções de custos, mas sim, contribui para a geração de

informações que por sua vez, oferecem um maior número de opções para que os gestores da companhia e da Engenharia Industrial possam optar pela adoção de novas técnicas, atuar em causas raízes dos problemas e disseminar novos conceitos, além de investir em novos projetos de melhoria contínua como o *Kaizen*, o *Lean Manufacturing*, ajustes de *layout*, e manutenção, podendo ocasionar uma redução de custos. Caso a empresa opte por não utilizar a informação para a geração de projetos de melhoria, não haverá o resultado desejado, já que o MES por si só não consegue mudar processos dentro da empresa.

Descrevendo brevemente os métodos adotados para otimizar a redução de custos de produção nos últimos 03 (três) anos, a empresa credita a ações sobre investimentos em projetos de melhoria de produtividade, com base na experiência de engenheiros de processo ou ideias de operários.

Em razão da fase do projeto foram percebidas algumas melhorias em áreas isoladas, que renderam uma redução de custo, principalmente no que diz respeito à identificação de fatores que geram desperdícios. Até o momento a percepção dos gestores em relação ao uso do conceito de integração entre ERP e MES é bastante positiva para a redução de custos, já que, por meio dos dados coletados, existem muitas oportunidades de melhoria que antes não eram visíveis para a fábrica e que têm potencial contínuo para gerar novas reduções de custos. Acredita-se, no entanto, que futuramente com a posse de dados mais apurados, seja possível observar a geração de mais projetos de melhoria frente aos recursos oferecidos pelo MES, o que poderia gerar reduções de custos consideráveis.

Dentre as iniciativas mais relevantes para a redução de custos, pode-se citar que o grupo de melhorias contínuas, liderado pela Engenharia industrial, passou a assumir responsabilidades e tomar a frente dos dados de paradas de forma a buscar continuamente onde estão localizadas as oportunidades de redução de custos através do aumento de produtividade. Os principais fatores de redução de custos elencados no caso B são detalhados a seguir, assim como o grau de importância e impacto nas operações de cada um destes fatores.

✓ **Fator 01: Produtividade do Operário**

Impacto: Alto; Detalhes: Informações disponíveis com maior rapidez e com maior nível de qualidade.

✓ **Fator 02: Perdas com Logística**

Impacto: Alto; Detalhes: Existia em toda a manufatura uma reclamação do atendimento da área de Logística, que não era considerado, nem pela Logística e tampouco pela Engenharia Industrial. Atualmente, os dados sugerem mudanças de *layout* e de processo logísticos, aumentando a produtividade.

✓ **Fator 03: Ferramentas Inadequadas**

Impacto: Médio; Detalhes: Várias trocas de ferramenta e *setups* desnecessários tornam-se visíveis a partir da implantação do MES, incluindo possibilidades de customizações no sistema. Além disso, o MES apresentou opções para controle de produtos, alinhamento e previsão de vendas, maior precisão de orçamentos realizados, maior efetividade no cálculo do custo da operação, da mão-de-obra e do consumo de material. O MES permite também que os operadores verifiquem e organizem suas atividades e suas respectivas prioridades de execução.

**Caso C**

O terceiro caso consiste na análise de uma empresa fabricante de embalagens de diversos tamanhos. A área participante desta pesquisa foi o departamento de gestão industrial. O controle de custos e desempenho de processos e produtos é fator fundamental para atingir objetivos de superação das expectativas dos clientes, assim como incentivar ações de inovação. É preciso aumentar a disponibilidade e a eficiência das linhas de produção, assim como reduzir as perdas no processo produtivo e estabelecer padrões nos processos de produção.

Existem também operações específicas que consistem nas atividades desempenhadas nas próprias unidades de embalagem e que possuem o objetivo de aperfeiçoar a melhoria

contínua dos processos. Estas ações são refletidas no gerenciamento logístico no fornecimento dos produtos, redução de custos operacionais e eliminação de perdas e desperdícios. Pode-se dizer que a opinião da empresa em respeito às ferramentas disponíveis para o controle de custos atual é muito satisfatória, uma vez que o departamento de controladoria possui levantamentos detalhados dos custos e despesas da empresa. Todavia, com o projeto do MES ainda em andamento, acredita-se que futuramente muitos benefícios em termos de redução possam ser rendidos.

As principais expectativas em relação ao MES estavam relacionadas à geração de relatórios advindos de cruzamento de dados do chão de fábrica, principalmente para auxiliar na tomada de decisões gerenciais. Muitos processos que antes eram controlados manualmente passaram a ser executados automaticamente e espera-se que em um futuro o nível de controle de cada variável em relação aos procedimentos atuais para redução de custos, passe a ser da ordem individual, isto é, para cada máquina produtiva.

As economias esperadas estão relacionadas à melhoria de desempenho de produtividade. A redução de desperdício ou refugo também é minuciosamente monitorada pelo MES, por meio de sensores de entrada e saída de equipamentos individuais. Os tempos de *setup* são memorizados no banco de dados para análises posteriores, comparando turnos com melhor desempenho, os tempos médios, entre outros. Já a capacidade produtiva não foi alterada em função do MES, mas espera-se que o sistema auxilie na utilização de todo o potencial produtivo instalado.

Dentre as iniciativas mais impactantes para a redução de custos, destaca-se a possibilidade de identificar equipamentos unitários que estejam com índice de refugo em tendência ascendente o que possibilita intervenções localizadas, as quais reduzem o desperdício. Ademais, atuar em equipamentos que estão com tendência decrescente de eficiência auxilia na melhoria da produtividade. Na planta onde há o MES, devido ao pouco tempo de instalação, ainda não pode ser mensurada uma redução significativa nos custos, mas houve uma melhora apreciável nos controles existentes e na qualidade dos relatórios gerados.

As medidas utilizadas para redução de custo nos últimos 03 (três) anos se relacionam a redução no consumo de insumos através da otimização de processos, redução de desperdício, redução no descarte por meio de intervenções de manutenção nos equipamentos e conscientização dos colaboradores. A visão dos gestores em relação ao conceito de integração de sistemas visando à redução de custos é que a integração é de grande valia na redução de custos porque permite ao gestor enxergar de forma mais abrangente distintas áreas da empresa, principalmente as áreas interdepartamentais. Os principais fatores considerados na redução de custos são elencados a seguir:

✓ **Fator 01: Melhoria na Produtividade:** Impacto alto; Detalhes: Em relação ao fator produtividade, entende-se que a entrada do sistema MES pode contribuir para que seja possível fabricar mais unidades de produtos acabados utilizando ou consumindo a mesma quantidade de recursos e matéria-prima. Este aumento de produtividade decorre da redução de desperdícios que podem ser solucionados por meio do MES.

✓ **Fator 02: Redução do Descarte:** Impacto alto; Detalhes: O fator redução do descarte foi possível através do MES devido à possibilidade de detecção de problemas e uma atuação mais rápida sobre os equipamentos com baixo desempenho de qualidade. Em mescla com os dados oferecidos pelo MES, os gestores podem obter informações de máquinas de forma rápida e organizada para a tomada de decisões.

✓ **Fator 03: Lacunas Preenchidas:** Impacto alto; Detalhes: As lacunas que poderiam ser preenchidas com a integração de sistemas estão situadas entre as medições físicas (Kg, Litros, Tempo) e monetárias/financeiras (Custos em R\$). Mesmo após as iniciativas de implantar o MES, a empresa está sempre buscando opções de avanço tecnológico para aumentar a competitividade.

**Quadro 1 – Resumo geral da implementação do MES**

	<b>CASO A</b>	<b>CASO B</b>	<b>CASO C</b>
<b>Estrutura Organizacional</b>	Duas unidades de negócios com estratégias de manufatura distintas, sendo a primeira orientada para a contínua e a segunda para a discreta	Unidade de negócios atuante no mercado brasileiro, com foco em manufatura discreta. A empresa também exerce atividades de exportação	Unidades de negócios posicionadas no Brasil, com Diretoria Industrial atuando em diversas frentes
<b>Impactos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Remodelagem de processos</li> <li>▪ Questionar a cadeia produtiva</li> <li>▪ Extinguir controles antigos, dentre os que se provaram sem efeito</li> <li>▪ A organização admite uma postura mais crítica sobre suas necessidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elevação do conhecimento de processo fabril e na formação de preços</li> <li>▪ Aumento da integração operário x liderança</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inovações geradas e percebidas principalmente no chão-de-fábrica;</li> <li>▪ Os impactos estão sendo avaliados, devido ao momento de implementação em que o MES se encontra.</li> </ul>
<b>Caracterização do MES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aprimoramento no processamento de informações e das consolidações diárias</li> <li>▪ Consolidações tornaram-se mais rápidas, em virtude de menos digitações manuais</li> <li>▪ Monitoramento qualitativo e quantitativo dos processos industriais</li> <li>▪ Por meio da integração com o ERP, existe a baixa de ordens de processo para que se determine o exato lote de cada ordem</li> <li>▪ Informações sobre os produtos intermediários dentro do processo por batelada</li> <li>▪ Atualmente, o MES não retorna ao ERP os tempos reais de execução dos processos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coleta de dados via código de barra, com pontos de coleta próximos aos operários</li> <li>▪ Acesso aos relatórios para toda a supervisão e níveis hierárquicos superiores via intranet</li> <li>▪ Customização do produto e vários pontos do processo: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tarefas onde o custo do apontamento seria superior ao custo da operação (pequenas operações)</li> <li>○ Apontamento em lotes (tratamentos térmicos)</li> </ul> </li> <li>▪ Relatórios em tempo real</li> <li>▪ Ausência da implantação do pacote de OEE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Processo de implementação do MES ainda em consolidação</li> <li>▪ Não há evidência de integração entre o ERP e o MES, mas há pretensão de realizá-la no futuro</li> <li>▪ Ferramenta sofisticada de monitoramento de parâmetros de processo;</li> <li>▪ Utilizado para medir: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Desempenho de equipamentos</li> <li>○ Tempo de parada</li> <li>○ Tempo médio entre paradas</li> </ul> </li> <li>▪ Algumas informações ainda são manualmente alimentadas em planilhas</li> </ul>
<b>Redução de Custos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Resultados superaram as expectativas</li> <li>○ Dificuldade em equacionar o legado do projeto de forma quantitativa</li> <li>○ MES e integração com ERP contribuem para a redução de custos, porém há uma necessidade de se quantificar e mensurar esta redução</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Grande expectativa, aguardando finalização da segunda fase, para avaliar a superação das expectativas em torno dos investimentos</li> <li>○ Contribui muito para uso de melhorias e reduções de custos. Muito útil na geração de informações, que por sua vez, oferecem um maior número de opções para tomada de decisões</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Acredita-se que futuramente muitos benefícios em termos de redução possam ser rendidos.</li> <li>○ Expectativas em relação à geração de relatórios advindos de cruzamento de dados para auxiliar na tomada de decisões gerenciais.</li> <li>○ Produtividade, menor desperdício, e lacunas preenchidas</li> </ul>

FONTE: Quadro elaborado pelo próprio autor da obra, portanto, sem fonte indicada.

Após analisar os casos, foi desenvolvido o Quadro 1, resumindo os principais achados dentro de cada caso, verificando os impactos gerados pelo sistema, a caracterização da implementação do MES e o resultado gerado sobre a redução de custos. A seguir, os dados foram agrupados conforme as respostas de cada caso. Após analisar os grupos, identificou-se que na maioria dos casos, os respondentes apontam para vários benefícios percebidos, tais como disponibilização de dados em tempo real, coleta automática de dados, aumento de produtividade e redução de desperdícios.

Os dados do quadro demonstram que em algumas situações, houve a pontuação simultânea ou o compartilhamento de características do MES em todos os casos, tanto para os atributos quanto para os obstáculos. Porém, para alguns pontos específicos, os pontos levantados foram peculiares de cada caso. Contudo, em apenas dois casos foi notificada uma

maior resistência a mudança nos processos. Tal situação pode ter ocorrido em decorrência do tipo da empresa, da diversidade da gestão ou até mesmo do tempo decorrido da implantação do MES.

### **Principais Atributos Detectados no Uso do MES**

Quadro 2 – Principais atributos detectados no uso do MES

	CASO A	CASO B	CASO C
Informações atualizadas em tempo real	X	X	X
Maior facilidade para emissão de relatórios	X	X	X
Coleta automática de dados	X	X	X
Aumento de produtividade	X	X	X
Redução de desperdícios e perdas	X	X	X
Redução de <i>setup</i>	X	X	X
Maior visibilidade dos problemas detectados nas fábricas	X	X	
Maior controle sobre os parâmetros do processo	X		X
Mensuração do desempenho de equipamentos, OEE e rendimento	X		X
Tempo de parada e tempo médio entre paradas	X		X

FONTE: Quadro elaborado pelo próprio autor da obra, portanto, sem fonte indicada.

Os resultados relacionados aos obstáculos no uso do MES exprimem uma necessidade de integração entre os membros, pois os entrevistados acreditam que foi requerido um engajamento de todas as equipes envolvidas, e perceberam a necessidade contínua do alinhamento de expectativas. Como melhoria, sugeriam que houvesse ações para contornar a forte resistência frente às mudanças. Assim constata-se que da mesma forma, muitos dos obstáculos citados na literatura também foram evidenciados na prática.

### **Principais Obstáculos Detectados no Uso do MES**

Dentre os principais obstáculos mencionados, foram citadas as necessidades de envolvimento das equipes participantes do projeto com recursos disponíveis, um forte alinhamento de expectativas e o envolvimento da equipe técnica e funcional. Outros fatores mencionados compreendem o cuidado com a abertura demasiada do sistema no sentido de customização, e incentivar iniciativas de disseminação do conhecimento/suporte e trabalhar o fator de resistência às mudanças.

### **Principais Problemas Detectados no Uso do MES**

Finalmente, em relação aos problemas detectados no uso do MES, podem ser mencionados, o risco de descontinuidade do software de MES adquirido, a ausência de solução standard, e também o risco de caminhar em demasia no sentido de customizações.

### **Principais Impactos Gerados no Uso do MES**

Quadro 3 – Impactos no uso do MES

Casos	Impactos Gerados
Caso A	O MES mobilizou os recursos para que houvesse a oportunidade de haver uma <b>remodelagem de processos</b> sobre as operações existentes, com isso possibilitando <b>aumentar o valor agregado</b> na cadeia como um todo.
Caso B	Após o uso do MES, identificou-se que foi desenvolvido um aumento no <b>conhecimento do processo fabril</b> , de tal forma que com um controle maior, fosse possível reunir recursos mais adequados para calcular o <b>preço de venda</b> dos produtos.
Caso C	Já é perceptível que a entrada do MES pode fornecer os subsídios necessários para executar mudanças relevantes e ações diretas no <b>chão-de-fábrica</b> , modificando alguns processos e operações executados atualmente.

FONTE: Quadro elaborado pelo próprio autor da obra, portanto, sem fonte indicada.

A conclusão que se pode obter com este estudo, é que de fato o MES parece ter contribuído ou apresenta o potencial para oferecer as ferramentas adequadas para a redução de custos em organizações de manufatura discreta.

Todavia, seria necessário um estudo mais aprofundado para averiguar quais os objetivos das empresas mais impactados pelo MES e também se a integração com o ERP de fato causaria alguns impactos nestes objetivos.

- **Operacional:** (1) Os controles desenvolvidos anteriormente foram extintos, pois se provaram sem efeito; (2) A corporação decidiu investir para obter uma melhoria no prazo de entrega de seu produto.
- **Processos:** (1) A organização admite uma postura mais crítica sobre o que é ou não necessário; (2) Essa iniciativa permitiu que a empresa percebesse a necessidade de se medir a execução dos trabalhos de manufatura para poder obter a qualidade no planejamento; (3) Assim houve a decisão de adquirir uma solução que pudesse atender a estes requisitos em conjunto com as soluções já existentes.
- **Soluções:** (1) Motivaram a busca por novas soluções de sistemas, tais como o nível baixo de atendimento ao cliente no prazo; (2) Elevado valor de inventário em processo; (3) Além de comprometer as tomadas de decisão por falta de visibilidade na manufatura.

É preciso a alocação de uma equipe dedicada para efetuar cálculos comparativos antes e pós MES, até mesmo para entender o que foi o que o MES gerou de fato de benefício, e o que foi atividade indireta e paralela ao MES. Tais constatações induzem a concluir que o MES reduz os custos, assim como os índices de refugo e *setup*, identificando os fatores que geram desperdícios. Neste caso, seria preciso investigar mais profundamente sob a óptica do gerenciamento de custos em detrimentos da manufatura, propriamente dita.

### **Pontos Centrais do MES**

Um resultado percebido foi que o MES, além de ser muito útil para aumentar o controle sobre os processos por meio do apontamento em tempo real, pode influenciar também na programação PCP, através de ferramentas de *scheduling* que permitem os recálculos na programação de *jobs*, caso haja algum imprevisto no chão-de-fábrica, como quebra de máquinas, ausência de recursos humanos, falta de material.

Nos 03 casos estudados, o MES apresentou como um dos objetivos centrais, a redução dos custos. Apesar do objetivo central se mesclar entre os diversos casos, cada um deles, apresentou também outros assuntos relacionados ao MES que se intercalaram.

### **Integração com ERP**

Em algumas empresas não se faz presente a integração de ERP com MES, o que dificulta ainda mais a percepção de redução de custos, mas no longo prazo este panorama pode mudar. A integração com o ERP parece complementar a visão dos gestores, no sentido de prover uma visão financeira aliada ao conhecimento das atividades da manufatura.

### **Maturidade do MES**

Os estudos de casos averiguados nesta pesquisa possuem divergências em termos de estágios na implantação do MES e também em relação ao grau de desenvolvimento de seu uso, maturidade em termos de tempo de implementação.

### **Porte de Empresa**

Todos os casos vistos neste projeto correspondem àqueles aplicados em empresas de grande porte.

### **Tipo de MES**

Para atender as especificações de cada tipo de manufatureira, o MES parece atendê-las através de customizações do sistema, mas a essência do sistema é bastante similar em todos os casos. Este estudo considera o mesmo tipo de MES aplicados para os 03 primeiros casos.

### **Redução de Custos com MES**

Em nível estratégico e estratégico-operacional, o MES dispõe das ferramentas mencionadas na literatura e na observação empírica deste estudo. Todavia, é preciso destacar um ponto relevante percebido que é a tomada de decisão de melhoria de processos a partir dos dados gerados pelo MES, com resultados diretos e quantitativos que por sua vez poderá resultar em uma eventual redução de custos, considerando fatores externos ao MES que também podem influenciar em melhorias e na conseqüente redução de custos.

## CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados pode-se observar que o MES tem sido de fato bastante útil para as empresas de manufatura discreta, oferecendo inúmeras opções para os gestores. Guardadas as devidas ressalvas, o MES apresenta uma vasta gama de soluções, que desde que aplicadas em conjunto com uma gestão de mudança intensa, podem contribuir muito para a estratégia da manufatura traduzida em operações mais eficazes.

No caso da proposição **P1(a)**, os resultados da pesquisa identificam que quando há uma coleta de dados em tempo real do consumo de estoque é apontado de forma mais precisa e menos suscetível a erros de input manual e, além disso, contribui para que os processos sejam mais voltados para a redução do consumo de material. Uma vez integrado ao ERP, estes custos podem ser atualizados e contabilizados em tempo real, de forma que toda a empresa, e não apenas a manufatura, tenha acesso aos impactos gerados. Se os custos podem ser atualizados e contabilizados em tempo real, então, pode-se ter uma noção melhor de adotar estratégias de reduzir o *lead-time* e aumentar o giro do estoque.

Já em relação a proposição **P1(b)** que trata do aspecto de alocação dos recursos e reajuste em caso de contratempos, pode-se notar que o MES também foi bastante útil para utilizar mais adequadamente a capacidade das máquinas. Foi identificada também a redução nos *setups* de máquinas, após a implantação do MES, o que contribuiu bastante para a redução dos tempos e eficiência na produção, com maior uso da capacidade de cada máquina, auxiliando no cálculo da taxa de capacidade/eficiência, evitando a formação de gargalos. A facilidade para acesso aos relatórios foi reportada em todos os casos. Elementos gráficos nos relatórios de produção e detalhamento via *drill-down* facilitam a identificação de problemas que antes não eram detectados, gerando possibilidades para reduzir custos.

Finalmente, para a proposição **P1(c)**, em relação à programação detalhada dos *jobs* de produção e o gerenciamento de planejamento, o MES apresentou melhorias ao longo dos casos, porém com uma menor intensidade. Pelas características apontadas ao longo da pesquisa, o MES pode vir a contribuir futuramente com o melhor planejamento da produção com maior maturidade neste sentido, por meio de subsídios com uma maturidade um pouco maior e que ofereça visões diferentes.

Em termos de execução e o controle no chão-de-fábrica, com a liberação e planejamento das ordens de produção, distribuição de *jobs* por máquina, o sequenciamento das operações e o apontamento da produção, traduzindo estes dados em ações detalhadas e executáveis com propósitos de verificação e rastreamento das ordens de produção, o MES tem sido efetivo.

Além das conclusões obtidas com a proposição **P2**, é possível observar também algumas possibilidades de questionamentos. Seria extremamente relevante pensar também nas causas que são responsáveis pelas mudanças, ou seja, o que gera a mudança de fato? Pode-se inferir então que primeiramente houve a percepção de possibilidade de reduzir custos e por isso foi buscada a solução do MES ou instalou o MES e depois a organização percebeu que era possível reduzir custos? Entende-se que o projeto expõe uma mescla das duas respostas, já que a organização pode ter pensado inicialmente em uma solução, mas ao longo do tempo o sistema pode oferecer mais visibilidade e oportunidades de melhoria. Portanto, há concordância com a proposição e os resultados aferidos no projeto por tais motivos.

Outra conclusão obtida é as organizações não mudam processos apenas com intuito de atender as exigências do MES, ou integrar com o ERP, mas sim para reduzir os custos. Nem todas as operações são passíveis de medição e automação, principalmente aquelas em que o baixo custo da mão-de-obra, alto valor do equipamento e limitações técnicas não justificam o investimento de tecnologias. Após a apuração dos dados é possível concluir que todos os entrevistados reconhecem que o MES contribuiu de maneira significativa ou têm expectativas projetadas para a melhoria dos custos, o que corrobora os investimentos procedidos junto aos sistemas. Sobretudo, permitiu resgatar as aplicações benéficas do MES nas empresas de segmentos variados, compreendendo as caracterizações do sistema segundo o tempo de implantação e tipo de segmento. Além disso, o uso dos recursos oferecidos pelo sistema parece estar bastante relacionado com o grau de maturidade e da fase de sua implementação.

Embora a literatura e a prática dos casos do projeto apontem para vários atributos do MES é preciso estudar com maior profundidade outros casos, que consolidem outros atributos que não foram mencionados neste estudo. Ressalta-se que a aplicação da pesquisa foi restrita a apenas poucos casos. Como estudo futuro é sugerido investigar este tema em uma gama maior de empresas, em diferentes setores, e de diferentes portes. Dentre as sugestões, a metodologia poderia ser aplicada em uma amostra maior de empresas, através de outras proposições e se possível em um nível mais quantitativo, por uma *survey*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANERJEE, A.; BOMMU, N.; AGARWAL, P.; JAISANKAR, N. *Design of manufacturing execution system for FMCG industries*. International Journal of Engineering and Technology. Vol. 5, Nº 3, 2013.
- BERNROIDER, E.W.N. *IT governance for enterprise resource planning supported by the DeLone–McLean model of information systems success*. Information and Management, Vol. 45, Nº 5, pp. 257-269, 2008.
- BERTI, R. M. **Implantação de um MES (sistema de execução de manufatura) em um ambiente de manufatura enxuta**. Um estudo de caso em uma linha de montagem de produtos da linha branca. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. 2010.
- BERTÓ, D.J.; BEULKE, R. **Redução de custos**. Ed. Saraiva. São Paulo, 2006.
- BUNSE, K.; VODICKA, M.; SCHÖNSLEBEN, P.; BRÜLHART, M.; ERNST, F. O. *Integrating energy efficiency performance in production management*. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 19, 2011.
- CAMPOS, J. G.; MIGUEZ, L. R. *Standard process monitoring and traceability programming in collaborative CAD/CAM/CNC manufacturing scenarios*. Computers in Industry. Vol. 62, Nº 3, pp. 311-322, 2011.
- CHOI, B. K.; KIM, B. H. *MES (manufacturing execution system) architecture for FMS compatible to ERP (enterprise planning system)*. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**. Vol. 15, Nº 3, pp. 274-284, 2010.
- CHOIN, T. M.; CHOW, P. S.; LIU, S.C. *Implementation of fashion ERP systems in China: case study of a fashion brand*. **International Journal of Production Economics**. Vol. 146, Nº 1, pp. 70-81, 2013.
- CLARK, D. **ISA S95 presentation**. Invensys Operation Management. 2010.
- COOPER, D.R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II / ERP**. Ed. Atlas, São Paulo, 1997.
- CORRELL, J. G., EDSON, N. W. **Gaining control - capacity management and scheduling**. New York, Norris W. Edson, 3ª ed. 2007.
- COTTYN, J.; LANDEGHEM, H. V.; STOCKMAN, K.; DERAMMELAERE, S. *A method to align a manufacturing execution system with lean objectives*. **International Journal of Production Research**. Vol. 49, Nº 14, pp. 4397-4413. 2011.
- DAI, Q.; ZHONG, R.; HUANG, G. C.; QU, T.; ZHANG, T.; LUO, T. Y. *Radio frequency identification-enabled real-time manufacturing execution system: a case study in an automotive part manufacturer*. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**. Vol. 25, Nº 1, pp. 51-65, 2012.
- DEUEL, A. C. *The benefits of a manufacturing execution system for a plant automation*. Manufacturing Execution Systems Services, Honeywell. 1994.
- EISENHARDT, K. M. *Building theories from case study research*. **Academy of Management Review**. New York, Vol. 14, Nº 4, pp. 532-550, 1989.
- FERRAZZI, A. *Manufacturing execution systems: a case study in the aerospace industry*. Itália, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Gerenciamento em Engenharia da Escola de Engenharia da Università degli Studi di Padova.

FRANÇOISE, O.; PELLERIN, M. B. R. *ERP implementation through critical success factors management*. **Business Process Management Journal**. Vol. 15, Nº 3, pp. 371-394, 2009.

GAMA, E. B. *Benefícios obtidos na colaboração entre sistemas MES e sistemas de manufatura digital do PLM – Diagnóstico*. São Carlos, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de São Carlos.

GEORGES, M. R. Modelagem dos processos de negócio e especificação de um sistema de controle da produção na indústria de auto-adesivos. *JISTEM Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação*. **Journal of Information Systems and Technology Management**. Vol. 7, Nº 3, pp. 639-668, 2010.

GIACON, E. *Implantação de sistemas de programação detalhada da produção: levantamento das práticas de programação da produção na indústria*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Engenharia. 2010.

GIACON, E.; MESQUITA, M.A. Levantamento das práticas de programação detalhada da produção: um survey na indústria paulista. **Revista Gestão e Produção**, Vol. 18, Nº 3, pp. 487-498, 2011.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2006.

GRIEVES, M. *Product Lifecycle Management – Driving the next generation of lean thinking*. New York: McGraw-Hill, 2006.

GUTIERREZ, V. C. P.; JÚNIOR, A. R.; ARIMA, C. H. A importância do ERP no processo de planejamento e controle de custos. **7º CONTECSI Congresso Internacional de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação**. FEA USP. 2010.

HALGARI, P.; MCHANEY, R.; PEI, Z. J. *ERP systems supporting lean manufacturing in SMEs. Enterprise information for systems business integration in SMEs: Technological, organizational, and social dimensions*. Hershey, PA: Business Science Reference. 2011.

HAYES, R.; UPTON, D.; PISANO, G.; WHEELWIGHT, S. *Em busca da vantagem competitiva*. Porto Alegre: Bookman, 2008.

HE, D. *An approach for ISA-95 application to industrial systems*. Finlândia, 2012. Dissertação (Mestrado em Tecnologia). Tampere University of Technology.

HORNGREN, C.T.; DATAR, S.M.; FOSTER, G. *Contabilidade de custos*. Prentice Hall, Vols. 1 e 2, 11ª ed., 2004.

HUANG, X.; WANG, Y.; ZHAO, L.; CHAI, T. *Contemporary Integrated Manufacturing System Based on ERP, MES and PCS in Ore Dressing*. **8<sup>th</sup> International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision**. Research Center of Automation. Northeastern University. 2004.

JAHANYAN, S.; UPADHYAY, P.; DAN, P. K. *Factors influencing ERP implementation in Indian manufacturing organizations*. A study of micro, small and medium-scale enterprises. **International Journal of Engineering and Technology**. Vol. 24, Nº 2, pp. 130-145, 2011.

JUNQUEIRA, G. S. *Análise das possibilidades de utilização de sistemas supervisórios no planejamento e controle de produção*. São Carlos, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de São Carlos.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. *A execução premium: a obtenção de vantagem competitiva através do vínculo da estratégia com as operações do negócio*. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

KLETTI, J. *Manufacturing execution systems (MES)*. Verlag Berlin Heidelberg: Springer, 2007.

LAURINDO, F. J. B. *Tecnologia da informação, planejamento e gestão de estratégias*. Ed. Atlas. São Paulo, 2008.

LEE, S. M.; HONG, S. G.; KATERATTANAKUL, P.; KIM, N. R. *Successful implementations of MES in korean manufacturing SMEs: an empirical study*. **International Journal of Production Research**. Vol. 50, Nº 7, pp. 1942-1954, 2012.

LI, F. *Study of multi-agent based integratable manufacturing execution system model*. College of Mathematics and Computer Science Wuhan Textile University. Vol. 366, pp. 268-271, 2012.

LIRA, A. M.; PARISI, C.; PELEIAS, I. R.; PETERS, M. R. S. Uses of ERP systems and their influence on controllership functions in brazilian companies. **Journal of Information Systems and Technology Management**. Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação. Vol. 9, Nº 2, pp. 323-352, 2012.

LIU, X.; WANG, Y.; MENG, Q. *Study on the integrated cost management system based upon ERP/MES/PCS in special steel enterprises*. International conference on Human System Interaction. pp. 1004-1008. 2008.

MCKAY, K. N.; BUZACOTT, J. A. *The application of computerized production control systems in job shop environments*. Computers in industry. Vol. 42, pp. 79-97, 2000.

MOMOH, A. R.; SHEBAB, E. Challenges in enterprise resources planning implementation: state-of-the-art. **Business Process Management Journal**. Vol. 16, Nº 4, pp. 537-565, 2010.

NYAGA, G. N. Examining supply chain relationships: do buyer and supplier perspective on collaborative relationship differ? **Journal of Operations Management**. 2010.

OMAN, S. Application of intermediate document message in the process of enterprise resource planning and manufacturing execution system integration. **Problems of Management in the 21st Century**. Vol. 2, pp. 141-156, 2011.

OWCZARCZYK, K. *Increasing focus on operational excellence drives the European MES market*. Frost and Sullivan. 2010.

POWELL, D.; RIEZEBOS, J.; STRANDHAGEN, J. O. *Lean production and ERP systems in small- and medium-sized enterprises: ERP support for pull production*. **International Journal of Production Research**. Vol. 51, N° 2, pp. 395-409, 2013.

QIFENG, W.; ZHANGJIAN, W. *Study on the system architecture and multi-view implementation mode for service-oriented manufacturing execution system*. Modern Logistics School of Zhejiang Wanli University. **Advanced Materials Research**. Vols. 179-180, pp. 586-589, 2011.

REITER, B. S.; KOLDITZ, J.; HILDEBRANDT, T. *Engineering autonomously controlled logistic systems*. **International Journal of Production Research**. Vols. 47, N° 6, pp. 1449-1468, 2009.

ROLÓN, M.; MARTÍNEZ, E. *Agent-based modeling and simulation of an autonomic manufacturing execution system*. **Computers and Industrial Engineering**. Vol. 63, pp. 53-78, 2012.

SANGSTER, A.; LEECH, S. A.; GRABSKI, S. *ERP implementations and their impact upon management accounts*. **Journal of Information Systems and Technology Management**. Vol. 6, N° 2, pp. 125-142, 2009.

SCHMIDT, A.; OTO, B.; ÖSTERLE, H. *A functional reference model for manufacturing execution systems in the automotive industry*. Association for Information Systems AIS Electronic Library (AISeL). Wirtschaftsinformatik Proceedings. Paper 89, 2011.

SNIDER, B.; SILVEIRA, G. J. C. D.; BALAKRISHNAN, J. *ERP implementation at SMEs: analysis of five Canadian cases*. **International Journal of Operations and Production Management**. Vol. 29, N° 1, pp. 4-29, 2011.

SOUZA, G. P.; ASSUMPÇÃO, M. R. P.; SOARES, S. *Tecnologia da informação aplicada à logística: estudo de caso em terminal portuário. A globalização e o avanço tecnológico aumentaram a importância da logística empresarial. 7º CONTECSI Congresso Internacional de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação*. FEA USP. 2010.

STANO, P.; SIMEONOV, S.; CIROVIC, I.; PFAFF, O. *Application range of integrating manufacturing execution system functions in enterprises*. **Annals of DAAAM for 2011 and Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium**. Vol. 22, N° 1, 2011.

TENKORANG, R.A; HELO, P. *Enterprise Resource Planning (ERP): a review literature report*. **Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science**. Vol. 2. 2011.

UGARTE, B. S.; ARTIBA, A.; PELLERIN, R. *Manufacturing execution system – a literature review*. **Production Planning and Control: The Management of Operations**, Vol. 20, N° 6, pp. 525-539, 2009.

VANDERLEI, M. L. *Implantação de controle baseado no sistema de execução de manufatura (MES): análise em empresa de usinagem no setor aeronáutico*. Taubaté, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. *Case research in operations management*. **International Journal of Operations and Production Management**, Vol. 22, N° 2, pp.195-219, 2002.

XIA, Y.; LOK, Y.; YANG, S. *The ERP implementations of SME in China*. **Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Services Systems and Service Management**. pp. 135-140, 2009.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: planejamento e métodos*. 3<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YIN, Y. H.; XIE, J. Y. *Reconfigurable manufacturing execution system for pipe cutting*. **Enterprise Information Systems**. Vol. 5, N° 3, pp. 287-299, 2011.

YOUNUS, M; HU, L.; YONG, Y.; YUQING, F. *Realization of manufacturing execution system for a batched process manufacturing industry*. **Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science**. Vol. 2. 2009.

ZHAO, X.; HUO, B.; WILLEM, S. W.; HOI, Y. Y. J. *The impact of internal integration and relationship commitment on external integration*. **Journal of Operations Management**. Vol. 29, N° 1, pp. 17-32, 2011.

WANG, M. L.; QU, T.; ZHONG, R. Y.; DAI, Q. Y.; ZHANG, X. W.; HE, J. B. *A radio frequency identification-enabled real-time manufacturing execution system for one-of-a-kind production manufacturing: a case study in mould industry*. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**. Vol. 25, N° 1, pp. 20-34, 2012.

WANG, M. L.; QU, T.; ZHONG, R. Y.; DAI, Q. Y.; ZHANG, X. W.; HE, J. B. *RFID-enabled real-time manufacturing execution system for discrete manufacturing: software design and implementation*. **International Conference on Networking, Sensing and Control**. 2011.

WEIL, M. *MES buyer's guide for managing automation*. Managing Automation Media Research Service. Thomas Publishing Company. 2011

WHITLOCK, S. *State of the market: manufacturing execution systems (MES)*. Technology Evaluation Centers. 2012.