

**Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Produção**

**Proposta de sistema de informação de chão-de-fabrica,  
Manufacturing Execution System, para uma indústria metal  
mecânica**

*Tairo Ambrosio de Moraes*

**TCC-EP-112-2013**

**Maringá - Paraná  
Brasil**

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Produção

**Proposta de sistema de informação de chão-de-fabrica,  
Manufacturing Execution System, para uma indústria metal  
mecânica**

*Tairo Ambrosio de Moraes*

**TCC-EP-112-2013**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.  
Orientador(a): Prof. Dr. Gilberto Clóvis Antonelli

**Maringá - Paraná  
2013**

## RESUMO

Diante da enorme competitividade os setores de produção de bens de consumo tem buscado cada vez mais eficiência para alcançar valores competitivos. Esse estudo teve como foco a definição de uma proposta de sistema de informação de chão-de-fabrica para otimização da produção de uma indústria do setor metal mecânico localizada no interior paulista. Os principais desafios foram propor estratégias para englobar no sistema todos processos presentes no ambiente e definir formas de garantir a integridade e evitar vulnerabilidades no repasse de informações. Mesmo com sua enorme complexidade os sistemas de informação são grandes aliados no processo de aumento de produtividade.

Palavras-chave: Manufacturing Execution System; OEE; Scada

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	<b>iv</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>v</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Justificativa.....	2
1.2 Definição e delimitação do problema .....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo geral .....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
1.4 Metodologia.....	4
1.5 Estrutura do Trabalho .....	5
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Programação e Controle da Produção .....	6
2.2 Sistemas de informação computadorizados .....	7
2.3 Manufacturing Execution Systems (MES).....	9
2.4 Overall Equipment Effectiveness (OEE) .....	12
2.5 Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA).....	14
<b>3. ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>16</b>
3.1 Caracterização da empresa .....	16
3.2 Descrição do ambiente analisado.....	16
3.3 Diagnóstico dos problemas .....	20
<b>4 PROPOSTA DE MELHORIA</b> .....	<b>22</b>
4.1 Definições gerais sobre o sistema .....	22
4.2 Definições para coleta de dados .....	23
4.3 Definição de procedimento para ordem de produção .....	28
4.4 Definição de procedimento para manutenção preventiva .....	30
4.5 Definição de procedimento para manutenção corretiva.....	31
4.6 Definições sobre o funcionamento do sistema .....	32
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>36</b>
5.1 Contribuições.....	36
5.2 Dificuldades e Limitações .....	36
5.3 Trabalhos Futuros .....	37
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>38</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sistemática das informações e instruções dadas pela administração da produção.....	6
Figura 2 - Componentes de sistemas de informação.....	8
Figura 3 - Detecção mais rápida e exploração do potencial de melhoria, com o auxílio de um MES.....	11
Figura 4 - Composição dos tempos do indicador OEE.....	12
Figura 5 - Planta baixa do layout do ambiente.....	16
Figura 6 - Organograma dos atores envolvidos diretamente no processo.....	17
Figura 7 - Documento padrão para ordem de produção.....	18
Figura 8 - Terminal fixo para coleta de dados.....	23
Figura 9 - Terminal móvel para coleta de dados.....	23
Figura 10 - Distribuição física dos coletores ao longo da planta.....	24
Figura 11 - Documento pessoa.....	25
Figura 12 - Documento da máquina.....	26
Figura 13 - Ordem de produção com identificação das operações.....	27
Figura 14 - Fluxograma da ordem de produção emitida.....	29
Figura 15 - Fluxograma do pedido de manutenção preventiva.....	30
Figura 16 - Fluxograma do pedido de manutenção corretiva.....	31
Figura 17 – Exemplo da interface gráfica para os gestores.....	33
Figura 18 – Exemplo do Dashboard para acompanhamento.....	34
Figura 19 – Exemplo da tela exibida no monitor do sistema SCADA.....	35

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Itens presentes na planta analisada.....16

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CLP	Controlador lógico programável
ERP	Enterprise Resource Planning
IHM	Interface Homem-Máquina
PCP	Programação e Controle da Produção
MES	Manufacturing Execution System
MESA	Manufacturing Execution Systems Association
OP	Ordem de produção
OEE	Overall Equipment Effectiveness
RFID	Radio-Frequency IDentification
ROI	Return on investment
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SI	Sistema de informação
TPM	Total Productive Maintenance

# 1 INTRODUÇÃO

Com a abertura econômica do Brasil, no início da década de noventa, o que era para ser um incentivo ao desenvolvimento industrial se tornou um pesadelo. O tão esperado regresso do dinamismo fabril não veio e piorou com a indiscutível superioridade de empresas do primeiro mundo. Especialmente no quesito eficiência. Pouco depois a situação agravou-se ainda mais com entrada sino-asiática no mercado. Se por um lado o Brasil enfrentava a qualidade superior e a perfeita equalização de custos do primeiro mundo, do outro encontrava o poder gerado pela mão-de-obra abundante e barata do universo sino-asiático (BELLUZZO, 2013).

Tudo isso impôs ao país a necessidade de aproveitar melhor seus recursos, investir na disciplina e focar na qualidade, a fórmula de sucesso japonesa. Realidade desejada pela maioria das indústrias brasileiras, ainda carentes de uma abordagem mais eficaz no que tange ao aproveitamento de seus recursos.

Segundo Stefano et. al. (2012) um trabalhador brasileiro em média gera um quinto da riqueza que um americano gera. Em números, cerca de 22 000 dólares ante cerca de 100 000 dólares. E essa enorme discrepância não está necessariamente relacionada às jornadas de trabalho, sendo exemplo disso os operários da Alemanha, considerados os mais produtivos de toda a Europa, com jornadas médias de trabalho equivalentes a 86% da média brasileira. Portanto, a falta de qualidade está no trabalho.

De fato as manufaturas brasileiras precisam implantar metodologias e sistemas para o controle de seus trabalhadores. O processo mais praticado, o de lançar ordens de produção e aguardar os resultados, pode resultar na perda de uma série de dados relevantes. Assim, por vezes a planta é analisada como um macroprocesso o que, além de não identificar as reais causas, faz com que os problemas sejam observados quase sempre ao final de todo processo, resultando em propagação de erros e perdas ainda maiores.

Dentro desse contexto este presente estudo abordará uma proposta de implantação de um sistema de execução e controle de chão-de-fábrica em uma indústria do setor metal mecânico. Conhecido também como MES, acrônimo de Manufacturing Execution System, o sistema possui como finalidade preencher exatamente a lacuna existente entre o planejado, emissão de ordens de produção manuais ou então via MRP II/ERP, e o realizado no chão-de-fábrica.

## **1.1 Justificativa**

A empresa foco deste estudo, que será referenciada pelo nome fictício HT, deseja aperfeiçoar sua produção sem a aquisição de novas máquinas de produção ou aumento de recursos humanos. Objetiva aumentar o ritmo produtivo com a mesma estrutura fabril. Tornar, por assim, o trabalho mais eficiente através do acompanhamento de indicadores.

São também almejados meios para a aplicação futura de conceitos de meritocracia com o objetivo de incentivar o envolvimento dos operários. Além disso, estratégias para identificação de aptidões e habilidades específicas são de grande valor uma vez que há uma grande variação no tamanho dos lotes e nos produtos a serem produzidos.

Um sistema de informação para controlar e detalhar o chão-de-fábrica vai ao encontro das necessidades expressadas. Esses sistemas, MES, possuem uma razoável complexidade ao envolver hardwares coletores de dados com sistema centralizador de dados.

Diante dessa complexidade é de suma importância uma abordagem à uma proposta para implantação do sistema na HT. Assim, fica melhor evidenciado a diferença entre os cenários e como poderá ser positiva a mudança.

## **1.2 Definição e delimitação do problema**

Situada no interior paulista, a HT é caracterizada como indústria de pequeno porte. Produz peças de reposição para equipamentos e bombas hidráulicas. Seu mix de produtos totalizam aproximadamente 150 produtos distintos. Dentro desse mix encontram-se desde peças em metal, trabalhadas em tornos mecânicos convencionais e fresadoras, a peças confeccionadas em plástico injetado.

A falta de controle sobre o tempo operacional e o baixo acompanhamento de manutenções preventivas somadas à ausência de rastreabilidade nos processos representam um enorme gargalo produtivo. A grande heterogeneidade dos bens produzidos, também, dificulta a identificação dos operários mais indicados para cada atividade visto que a formulação de um perfil de aptidão para cada produto se torna demasiadamente complexa. Embora esse seja um importante problema a maior dificuldade centra-se no controle do tempo operacional e ocioso.

Também não é realizado um acompanhamento adequado das paradas o que dificulta a identificação com precisão dos trabalhadores menos eficientes. Há também grandes variabilidades observadas na produtividade, mas sem uma precisão adequada para ser contestada.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo geral**

Propor um sistema de informação de chão-de-fábrica, Manufacturing Execution System (MES), para uma indústria metal mecânica, a fim de melhorar o nível de detalhamento das operações e oferecer indicadores para acompanhamento da qualidade do trabalho realizado.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

Com a finalidade de alcançar o objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Revisar a literatura sobre sistemas de informação e controle da produção
- Coletar dados sobre o processo fabril de lançamento e acompanhamento das ordens de produção
- Coletar informações sobre os principais problemas apresentados no processamento das OPs
- Apresentar o funcionamento do chão-de-fábrica sem o controle de um sistema de informação
- Analisar as alterações no cenário com a implantação do sistema de informação no chão-de-fábrica
- Apresentar melhorias no chão-de-fábrica com a utilização do sistema de informação

## 1.4 Metodologia

Para Gil (2007), a pesquisa é desenvolvida através de conhecimentos disponíveis com utilização de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos. Pode ser definida, também, como o procedimento racional e sistemático que objetiva alcançar as respostas aos problemas propostos.

Em relação à natureza da pesquisa ela se classifica como aplicada, pois tem como objetivo gerar conhecimento para aplicação e solução de problemas específicos. Já na forma de abordagem do problema classifica-se a pesquisa como qualitativa, pois não poderá ser traduzida precisamente em números e não requer o uso de técnicas estatísticas. Quanto ao objetivo a pesquisa é exploratória, uma vez que, pretende-se construir hipóteses para entendimento do problema.

O trabalho, como procedimento técnico, é considerado um estudo de caso pois estuda a fundo a situação de uma indústria do setor metal mecânico. Sendo os principais passos identificados para execução do trabalho:

- Revisar a literatura sobre sistemas de informação e controle da produção
- Coletar dados sobre o processo fabril de lançamento e acompanhamento das ordens de produção
- Coletar informações sobre os principais problemas apresentados no processamento das OPs
- Apresentar o funcionamento do chão-de-fábrica sem o controle de um sistema de informação
- Analisar as alterações no cenário com a implantação do sistema de informação no chão-de-fábrica
- Apresentar melhorias no chão-de-fábrica com a utilização do sistema de informação

## **1.5 Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho está dividido em quatro capítulos. Esse primeiro capítulo trata da introdução ao estudo, a justificativa para sua concepção e seu objetivos

O segundo capítulo, por sua vez, apresenta todo o embasamento teórico necessário para a realização do estudo. Aborda o conceito básico de programação e controle da produção e apresenta os sistemas MÊS e SCADA e, ainda, as métricas que compõem e a utilidade do OEE.

No terceiro capítulo é apresentado o estudo de caso. É apresentada a empresa e a descrição de seu processo. Por fim, são diagnosticados os principais problemas do modelo apresentado.

A partir dos problemas diagnosticados no capítulo anterior no capítulo quatro é proposto uma solução. Nele são apresentadas uma serie de definições estruturadas para solucionar os problemas.

O quinto capítulo apresenta o que foi gerado com o desenvolvimento do trabalho.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Programação e Controle da Produção

A Programação e Controle da Produção, PCP, é encarregada de comandar toda a fabricação. Define desde o que será produzido, em quantidade, quanto como será produzido. A Figura 1 exibe de forma sistemática o contexto (CORRÊA, 2006).

Problemas de produção	Planejamento	Execução	Controle
O que	Determinação da linha de produtos Projeto e especificação dos produtos Especificação dos materiais	Setores produtivos	De qualidade
Como	Desenvolvimento dos processos Roteiro de fabricação Estudo de métodos Determinação dos tempos operacionais		De produtividade e eficiência
Com que	Planejamento da mão-de-obra necessária Planejamento dos equipamentos necessários Planejamento de materiais Planejamento financeiro		De custos
Quanto e quando	Determinação da capacidade fabril e programação a longo prazo Programação a curto prazo; carga de trabalho; preparação e liberação de ordens de produção		De quantidade e prazos

**Figura 1 - Sistemática das informações e instruções dadas pela administração da produção**

**Fonte: Adaptada de Link (1983, p.2)**

Para Quezado et. al. (1999) o objetivo do PCP é garantir que ocorra com sucesso a produção de bens ou serviços. Isso implica na disponibilidade dos recursos, na quantidade certa, no momento exato e no nível de qualidade solicitado. Para tanto as atividades envolvidas devem

ser exercidas pelos três níveis hierárquicos do planejamento e do controle. Esses níveis são: estratégico, tático e operacional.

Ainda segundo Quezado et. al. (1999) o nível estratégico é responsável pelo Planejamento Estratégico da Produção, o qual permite a geração de um Plano de Produção com valores agregados de previsão de demanda. O nível tático participa do processo com a formulação do Planejamento-mestre da Produção e, através deste, obtém-se o Plano-mestre de Produção (PMP). Esse plano leva em consideração dados como: número de turnos, recursos humanos e horas disponíveis, entre outros, equaciona a capacidade produtiva e informa a programação da fábrica. O nível operacional, por sua vez, é encarregado dos programas de curto prazo de produção e realiza o acompanhamento dos mesmos.

A complexidade da programação varia de acordo com o tipo da indústria. Todavia independente da complexidade deve ser considerada como conjunto de funções. Sendo que nesse conjunto as informações serão transformadas em instruções detalhadas para auxílio na fabricação, compras e vendas (LINK, 1983).

## 2.2 Sistemas de informação computadorizados

Um sistema de informação, segundo Mülbert et al. (2005), é um conjunto de componentes que juntos são capazes de receber, processar, armazenar e recuperar informações. Esse termo não necessariamente envolve computação, mas é muito comum simplificar sistema de informação computadorizado chamando apenas de sistema de informação, SI.

Os sistemas de informação podem ser extremamente complexos, mas atividades básicas que fazem parte de sua estrutura são:

“**entrada** – Em sistemas de informação a entrada é a atividade de captar e unir dados primários. Ao se produzir cheques de pagamento por um sistema informatizado, por exemplo, as horas trabalhadas de cada empregado devem ser informadas antes que o cheque seja efetivamente calculado e emitido. Independentemente do sistema envolvido, o tipo de entrada é determinado pela saída desejada do sistema;

**processamento** – O processamento envolve a conversão ou transformação dos dados nas saídas úteis e desejadas pelo usuário. Um exemplo tradicional é o cálculo de folha de pagamento. Nele as horas trabalhadas de cada empregado junto com o

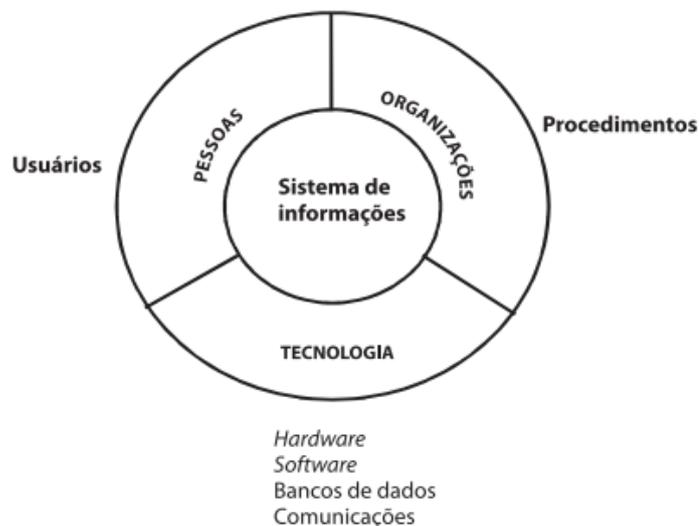
valor da hora de trabalho devem ser multiplicados e o pagamento líquido, as horas extras e os descontos, devem ser calculados segundo as regras; ,,

**saída** – A saída envolve a etapa na qual a informação propriamente dita é emitida. É a etapa que realmente interessa ao usuário do sistema. Se uma saída gerada por um sistema não for útil para algum propósito, então deve-se fazer uma crítica ao sistema para avaliar sua real necessidade. Por mais simples que isso possa parecer, há muitos sistemas que geram saídas desnecessárias; ,,

**realimentação (feedback)** – A realimentação é uma saída usada para fazer ajustes ou modificações nas atividades de entrada ou no processamento. Erros de digitação, por exemplo, podem fazer com que dados de entrada tenham que ser corrigidos antes de seu processamento. A realimentação também ocorre quando o sistema gera saídas que demandam uma tomada de decisão que provocará uma nova entrada no sistema. Um sistema que indique que os níveis de estoque de uma empresa estão baixos poderá provocar uma decisão de aquisição, que por sua vez gerará a atualização dos produtos em estoque, ou seja, uma nova entrada no sistema.” (Mülbert *et al.*, 2005, p.20).

Ao longo do tempo os SI evoluíram muito para acompanhar as novas tecnologias e as diferentes formas de tratar informações nas organizações. Passaram por várias etapas: de operacionalização de tarefas rotineiras, de integração entre vários sistemas de informação, de suporte ao gerenciamento e de vantagem competitiva (TAIT, 2006).

O SI envolve muitos outros fatores além do *software*. Engloba pessoas, organizações e infraestrutura de hardware, como exibido na Figura 2. Tudo isso torna seu sucesso complexo.



**Figura 2 - Componentes de sistemas de informação**

**Fonte: Mülbert et al. (2005, p.22)**

Para Tait (2006) a cultura organizacional é crucial para implementação de um sistema de informação. Esse fator pode viabilizar os projetos com sucesso ou, então, inviabilizá-los pela não-obtenção e participação das pessoas envolvidas. Isso complica à medida que a organização sofre influências políticas que podem levar à desmotivação do quadro funcional.

### **2.3 Manufacturing Execution Systems (MES)**

Um Manufacturing Execution System (MES), em tradução livre sistema de execução e controle da fábrica, é um sistema que objetiva auxiliar no desempenho e aperfeiçoamento dos sistemas de planejamento e controle da produção. A Manufacturing Execution Systems Association (MESA International) considera como sua função a de aumentar a dinâmica dos sistemas de planejamento da produção, incapazes de acompanhar o andamento de ordens enquanto ainda estão em progresso e incapazes de lidar com restrições de capacidade em curtíssimos prazos. O MES coleta e acumula informações do realizado no chão-de-fábrica e fornece esses dados de maneira oferecer suporte ao planejamento (CORRÊA, 2006).

Segundo Schmidt (2012) mesmo sendo pouco difundido em comparação a sistemas ERP, por exemplo, e utilizado principalmente por grandes indústrias o MES já possui mais de 15 anos de existência e continua a crescer. Em sua composição há vários sistemas que em conjunto trabalham para coletar e estratificar os dados. Suas principais subfunções são:

- Atribuir prioridades para cada ordem
- Disponibilizar dados quantitativos sobre os processos
- Transmitir a situação de cada ordem à gerência
- Fornecer dados de saída reais, para controle da capacidade
- Prover rastreabilidade a todas as ordens
- Fornecer métricas sobre a eficiência, utilização, e produtividade das máquinas e operadores

Kletti (2007) em suas considerações sobre os requisitos organizacionais resalta a falta de relação entre uso de um MES e o tamanho da empresa. O quesito importante para a tal é a estrutura de produção (unidade de produção, os segmentos de produção, linha/fluxo de produção para montagem, etc) e o tipo de produção (produção não-repetitiva, *one-off* e pequenas séries produção, produção em quantidade, produção em massa). Embora a razão

principal para a utilização de um MES seja no caso de fabricas com vários estágios de produção seu objetivo é de melhorar a interação entre as etapas de processamento individuais e, assim, a passagem da ordem através da produção, a ênfase na facilidade de produção em massa é certamente a de aumentar o grau de utilização das linhas de produção individuais. Devido a sua estrutura modular o MES pode ser facilmente adaptado para ambientes de produção de acordo com as exigências específicas de suas tarefas. Dentro do contexto de um projeto de MES, portanto, é importante primeiro determinar a qual situação inicial (estrutura de produção e tipo) se aplica . O segundo passo deve ser para descobrir como o planejamento e controle da produção estão sendo realizados e como isso pode ser expandido por funcionalidades do MES.

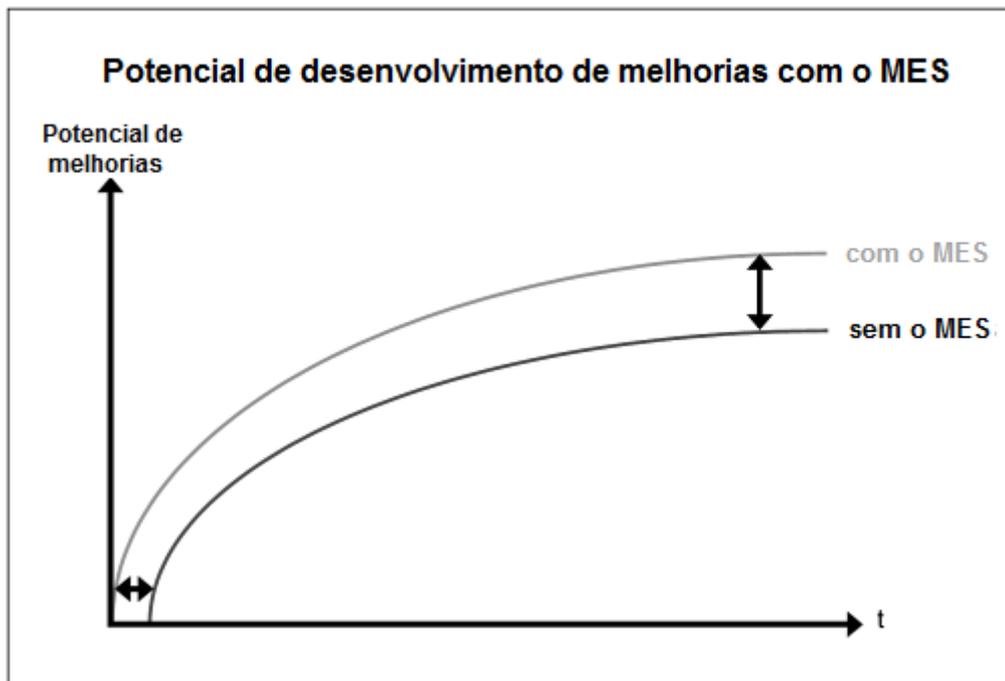
Ainda, segundo Kletti (2007), na indústria metal mecânica a média de utilização das máquinas é muitas vezes menor do que o previsto, o planejamento e os cálculos são geralmente baseados em utilizações maiores. O registro sistemático e avaliação de todas as paradas não programadas, com o auxílio de um sistema MES, ajudam a revelar as causas do tempo de inatividade, a removê-las e, assim, melhorar consideravelmente a utilização do equipamento. Os custos de investimento em um MES equivalem, apenas, a uma pequena porcentagem dos custos anuais da máquina. Em outras palavras, até mesmo um pequeno acréscimo no percentual de utilização de uma máquina pode gerar o retorno sobre o investimento (ROI) desejado.

Para Schmidt (2012) os benefícios proporcionados pelo uso do sistema dependem de que respostas a empresa busca, portanto são muito variáveis. O MES é capaz de rastrear todos os processos no chão-de-fabrica ao longo do ciclo de vida do produto e processar os dados em informações que podem ser utilizadas pela administração imediatamente para identificar problemas e permitir ajustes em tempo real às operações, necessidade insumos e simplificar *recalls*. Alguns dos principais benefícios são:

- Lidar eficientemente com os requisitos de rastreabilidade, mesmo diante de estruturas complexas, usando transações automatizadas para o uso pelos trabalhadores e máquinas para reter o número de lote, números de série ou outros dados de volta, apropriados, para os produtos acabados.
- Reduzir, de maneira eficaz, os desperdícios e retrabalho através de relatórios de produção em tempo real e limitar o número de peças defeituosas e perdas de material.

- Diminuir o tempo ocioso e com êxito aumentar a disponibilidade por ter possibilidade de, em pequenos intervalos de tempo, programar as máquinas, alocar recursos e realizar manutenções.
- Reduzir os custos com recalls ao rastrear e acompanhar, capacidade de rastrear a cada lote recebido, submontagem e peça ou item usado, e depois localizar o início de um problema para encontrar a localização atual de todos os produtos finais enfrentando o problema.

Na Figura 3 é demonstrado, por Kletti (2007), o potencial de melhorias com o uso do MES. O processo contínuo de aquisição de informações da planta abre inúmeras possibilidades como a de verificar os problemas mais frequentes a um grande nível de detalhamento. Isso gera um maior potencial de melhoria a curto-prazo.



**Figura 3 - Detecção mais rápida e exploração do potencial de melhoria, com o auxílio de um MES**

**Fonte: Adaptada de Kletti (2007, p.36)**

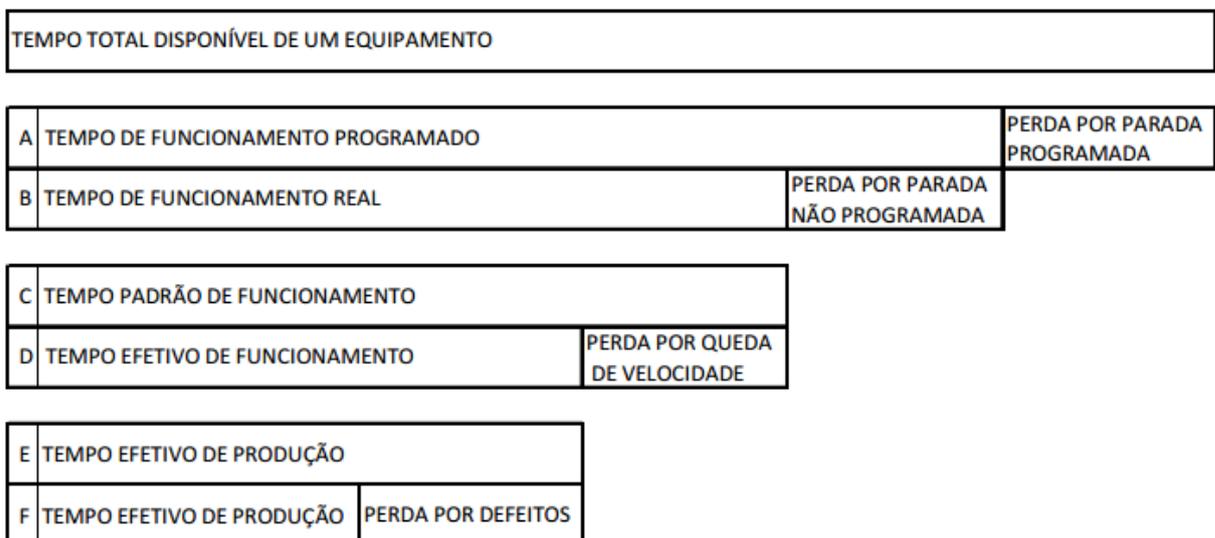
Mesmo diante de inúmeros benefícios, Corrêa (2006) alerta para o fato de se burocratizar, deve-se levar em consideração questões quanto aos custos e benefícios. Os custos de pontos de controle são relacionados diretamente com o número de pontos de controle e com o grau de automação no processo de coleta. Já os benefícios estão relacionados ao valor que a

informação pode representar a empresa, tanto para clientes internos quanto para clientes externos.

## 2.4 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Na década de 1960, com objetivo de definir uma métrica para uso no Total Productive Maintenance (TPM), Seiichi Nakajima desenvolveu na Nippon Denso a métrica Overall Equipment Effectiveness (OEE), em tradução livre índice global de eficácia dos equipamentos. Com o tempo se propagou como métrica utilizada por varias indústrias, a nível global. Assim, atualmente em todo mundo o OEE é utilizados nos esforços de melhoria continua, uma métrica fundamental que na verdade é o produto de outras três métricas representativas da disponibilidade do equipamento (BAKER, 2010).

A Figura 4 demonstra como é feito o cálculo para ser obtido um valor para o indicador OEE. Existem varias formas de ser calculado, algumas utilizando apenas uma expressão. O mais usual é obter cada um dos indicadores e multiplica-los, sendo eles: disponibilidade, desempenho e qualidade.



$$OEE = \underbrace{B/A}_{\text{Disponibilidade}} \times \underbrace{D/C}_{\text{Desempenho}} \times \underbrace{F/E}_{\text{Qualidade}} \times 100$$

**Figura 4 - Composição dos tempos do indicador OEE**

**Fonte: Adaptada de Baker (2010, p.33)**

Para Hansen (2001) todos os processos de fabricação têm algum tipo de restrição. Indústrias na maioria das vezes subdividem a fabricação do produto em várias etapas. Quando os recursos são compartilhados, ou utilizados de várias maneiras, cresce a complexidade do processo fabril. Além disso, restrição para um produto é muitas vezes diferente para outros produtos.

Sendo, assim, o OEE primeiramente deve ser aplicado aos gargalos que afetam claramente o desempenho ou quaisquer outras áreas críticas e dispendiosas de uma linha. Essas áreas, tão vitais para a eficiência da planta, podem fazer uma significativa diferença para a empresa quando conduzidas com sucesso. O indicador é benéfico para cada passo do processo, no entanto, os passos sem gargalos devem ser subordinados às etapas com gargalos (HANSEN, 2001).

Ao conhecer o OEE, é natural gerar expectativas quanto aos níveis. Um OEE de 85 por cento é um nível considerado ideal, mundialmente. À primeira vista, pode parecer baixo. No entanto, ao considerar que as três métricas componentes seriam necessárias para se atingir 85 por cento. Durante um período de três meses, uma operação pode ter uma disponibilidade de 90 por cento, operar, em média, 94 por cento do desempenho máximo dos equipamentos e produzir peças a uma taxa de defeito de 10 partes por milhão. Isso resulta em um OEE de 84,6 por cento. Quando utilizado o OEE como métrica traz em perspectiva em termos do que é necessário para alcançar 85 por cento, nível de classe mundial. É fácil perceber, também, que a utilização da métrica de OEE, juntamente com as suas métricas componentes ajudam a definir as prioridades mais benéficas e atingir mais esforços de melhoria gratificantes (BAKER, 2010).

Hansen (2001) apresenta 98 por cento como o maior índice já alcançado sendo a empresa RMGroup Inc. detentora dessa marca. Para a classificação aconselha-se medir o OEE dos principais processos e equipamentos da planta e sumariza-los por área. As faixas de valores para análise são:

- Menor que 65% - Inaceitável, necessita de ação correção urgentemente.
- Entre 65% e 75% - Aceitável, apenas se as tendências trimestrais estiverem melhorando.

- Entre 75 e 85% - Muito bom, no entanto, ainda pode ser trabalhado para alcançar o nível de classe mundial, 85 por cento
- Maior que 90% - Para os processos contínuos discretos. Em fluxo contínuo indústrias devem ter valores OEE maiores ou iguais a 95% para obter eficiência.

## 2.5 Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)

Concebidos inicialmente para atender necessidades de monitoramento da produção em indústrias de processos contínuos, os Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) auxiliavam ao exibir computacionalmente o andamento dos processos e o status do chão-de-fabrica. Hoje, depois de uma série de evoluções, eles foram adaptados para funcionarem junto a processos discretos (DANEELS, 1999 *apud* MARTINS, 2002).

Para processos discretos são essenciais as estações de trabalho para operações do usuário, conhecidas como o Interface Homem-Máquina (IHM), e requerem a adaptação ao processo e de telas gráficas para acompanhamento do processo. A programação de configurações é, também, muitas vezes necessária para estabelecer um padrão do processo, além, das bases de dados históricas e das interfaces de comunicação para os controladores de campo ou os CLPs. Programas de fundo adicionais, chamados scripts, são muitas vezes utilizados para realizar ações associadas às operações (MCCRADY, 2013).

Segundo McCrady (2013) as estações do sistema SCADA apresentam os processos, em telas gráficas, e fornecem interação junto ao operador, assim, monitora o equipamento e realiza solicitações. A este nível o software envolve a criação das telas de controle de processos, tendência histórica e exibe históricos na forma de relatórios, alarmes e resumo de eventos e, também, é exibida, uma base de dados do processo. Além disso, há muitas vezes os scripts de fundo ou programas que são usados para executar operações associadas com os monitores e/ou executar os comandos para os controladores e outros equipamentos.

Os sistemas SCADA fornecem funções importantes que podem auxiliar no monitoramento de problemas, como acompanhamento de paradas de máquinas por problemas mecânicos ou falta de matéria prima, também, chamados por motivos de parada da produção. Além disso, a produção pode apresentar gargalos influenciados por um processo lento ou por máquinas que

sempre estão com algum problema. Portanto a identificação com uso de tal sistema é muito mais ágil (CAETANO, 2000 *apud* MARTINS, 2002).

### **3. ESTUDO DE CASO**

#### **3.1 Caracterização da empresa**

Fundada no início da década de noventa na cidade de Franca, interior paulista, a HT iniciou suas atividades com o comércio e manutenção de produtos hidráulicos. Anos mais tarde passou a fabricar algumas peças específicas com objetivo de oferecer manutenção para um aparelho descontinuado pelo seu fabricante. Demanda essa que exigia a produção de cerca de 6 peças distintas com a maior parte dos processos terceirizada, cabendo à HT apenas o processo de usinagem em sua confecção.

A procura aumentou gradativamente ao ponto da empresa iniciar a aquisição de novos maquinários e realizar praticamente todos os processos envolvidos na produção das peças. Em sua planta foram instaladas prensas, injetoras, fresadoras e tornos mais novos. Isso reduziu drasticamente os *leadtimes*, principalmente pela diminuição da antiga dependência de fornecedores externos pouco eficientes.

Nos últimos anos com a quebra de patentes de alguns produtos de outros fabricantes a empresa decidiu investir num grande mix de produtos e atuar fortemente no mercado de peças paralelas. Seu mix de produtos atualmente totalizam 150 produtos distintos e a intenção é de expandi-lo. Essa diretriz tem garantido um crescimento médio de 30% ao ano.

#### **3.2 Descrição do ambiente analisado**

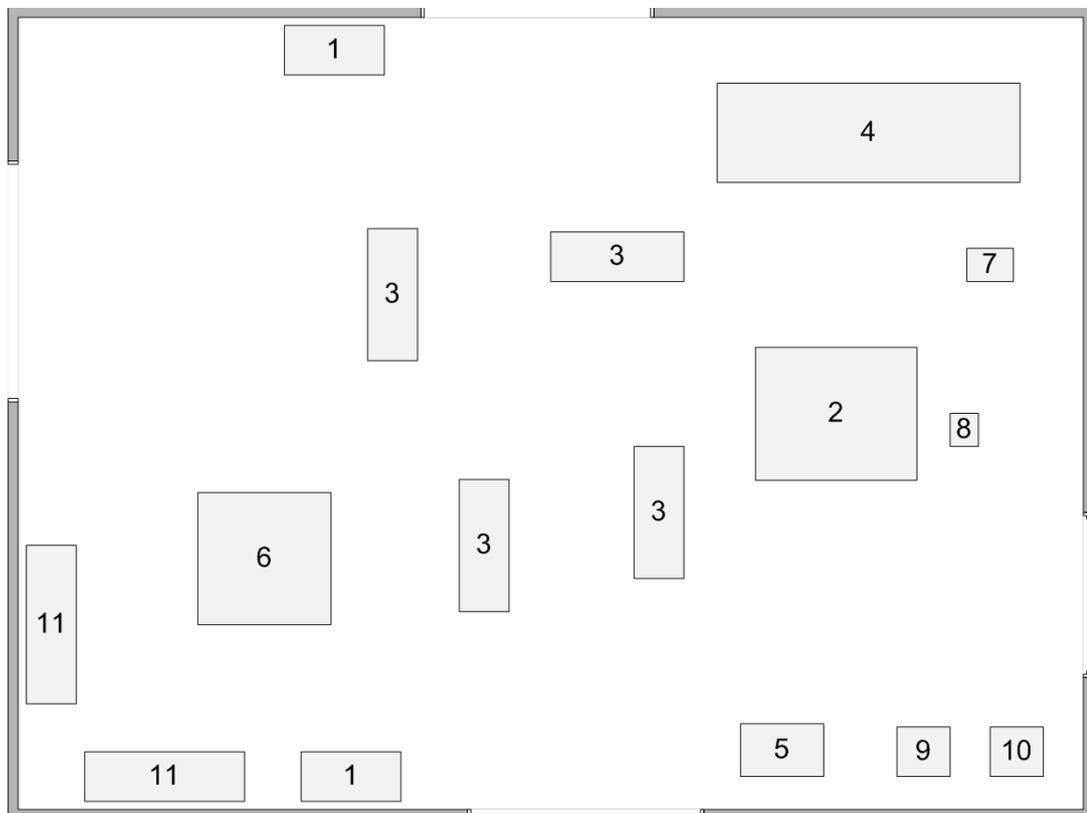
A planta analisada é o local onde se concentram o maior número de atividades manuais, portanto de maior interesse para implementação de um sistema para controle visto que o acompanhamento trará os efeitos mais perceptivos. Nela estão contidos os itens conforme descrito na Tabela 1, com suas respectivas quantidades.

**Tabela 1- Itens presentes na planta analisada**

Identificação	Item	Quantidade
1	Prensa hidráulica	2
2	Fresadora	1
3	Torno mecânico convencional	4
4	Injetora de plástico	1
5	Maquina de embalagem	1
6	Cabine de pintura	1
7	Serra fita mecânica	1
8	Serra convencional mecanizada	1
9	Maquina de soldagem MIG	1
10	Maquina de soldagem TIG	1
11	Bancada para montagem	2

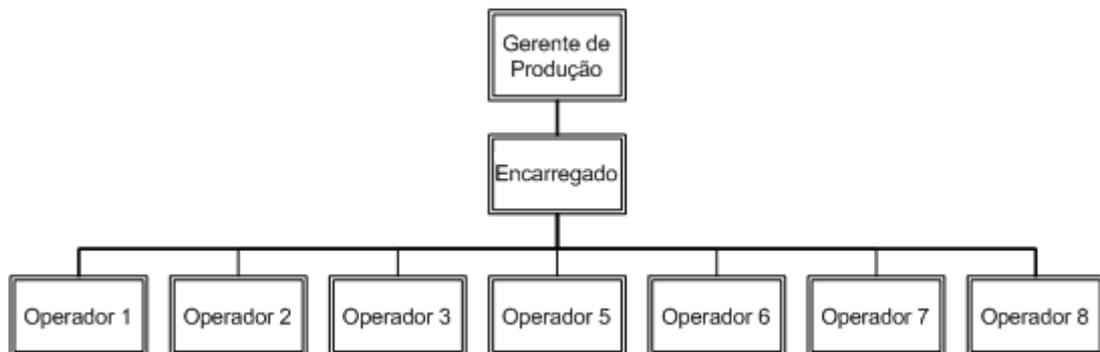
**Fonte: HT**

A Figura 5 demonstra a planta baixa de *layout* do ambiente estudado. São quase 200 metros quadrados onde estão distribuídos fisicamente todos os equipamentos descritos anteriormente.

**Figura 5 - Planta baixa do layout do ambiente**

**Fonte: HT**

No organograma da Figura 6 é representada a hierarquia presente no ambiente. O gerente de produção é o ator responsável por criar comunicação entre a diretoria e o chão-de-fabrica. Ao encarregado de produção, por sua vez, cabe o papel de coordenar os operadores segundo as diretrizes traçadas e enviar e receber feedbacks do nível superior através do gerente.



**Figura 6 - Organograma dos atores envolvidos diretamente no processo**

**Fonte: HT**

### **3.2 Processo de controle da produção no chão-de-fabrica**

O cenário atual consiste no lançamento de ordens de produção aos moldes da Figura 7. Elas são geradas pelo gerente de produção que realiza a previsão de demandas e acompanha os pedidos realizados junto ao comercial. Uma vez repassadas ao encarregado elas são encaminhadas aos operadores.

<b>Ordem de Produção (OP)</b>				
<b>Peça</b>				<b>Quantidade</b>
<b>Operação</b>	<b>Operador</b>	<b>Preparação</b>	<b>Data/Hora - Início</b>	<b>Data/Hora - Fim</b>
				Peças aprovadas
				Peças rejeitadas
<b>Observações relevantes:</b>				
<b>Paradas extraordinárias</b>				
<b>Motivo</b>			<b>Data/Hora - Início</b>	<b>Data/Hora - Fim</b>
<div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="width: 45%; border-top: 1px solid black; padding-top: 5px;">Encarregado</div> <div style="width: 45%; border-top: 1px solid black; padding-top: 5px;">Operador</div> </div>				

**Figura 7 - Documento padrão para ordem de produção**

Fonte: HT

Com a ordem de produção em mãos o operador toma conhecimento do modelo e da quantidade necessária a ser produzida. E a cada operação concluída preenche manualmente as informações relativas ao seu tempo de preparação, data e horário de início e término. Além disso, espaços específicos permitem a indicação de eventualidades ocorridas durante os processos.

Diante da finalização do último processo, na maioria das vezes, o operador já verifica as conformidades e marca na OP o número de peças dentro dos limites estabelecidos e as refugadas. O encarregado faz verificação final das conformidades e caso ocorram grandes discrepâncias em relação ao planejado uma ordem é repassada ao gerente que juntamente com encarregado buscará soluções. Dependendo do grau do problema constatado é repassado à diretoria para serem tomadas medidas cabíveis.

### 3.3 Diagnóstico dos problemas

Foram feitas diversas observações em relação ao modelo atual. Assim, transpareceram vulnerabilidades as quais podem ser explicadas por uma série de *trade-offs* enfrentadas pelos operadores. Como o encarregado é incapaz de observar o ambiente integralmente, muitas vezes, são abertas possibilidades de omissão de fatos que possam influenciar, negativamente, a imagem do operador perante a empresa. Dentre algumas dessas fragilidades levantadas tem-se:

- As eventualidades podem ser facilmente omitidas dentro das OPs.
- Paradas extraordinárias podem ser manipuladas permitindo mascaramento de períodos ociosos.
- Não conformidades podem ser omitidas impossibilitando o rastreamento do operador responsável pela falha.
- *Leadtimes* podem ser forjados em busca de valorização pessoal dentro da empresa.

Esses conflitos reduzem o nível de detalhamento das operações no chão-de-fabrica, criam barreiras e dificultam a identificação e correção de problemas. Isso tudo, também, diminui a confiança em relação aos dados estratificados.

Outra questão a ser levantada é a manutenção das máquinas. Não existem procedimentos bem definidos para o acompanhamento das manutenções o que resulta em paradas inesperadas em função de falhas no funcionamento ou então indisponibilidade do equipamento por conta de revisões antecipadas, erroneamente, pela falta de registros.

Há ainda ausência de controle em tempo real, ou seja, os defeitos quase sempre são identificados depois de ocorrerem e, em função das vulnerabilidades no rastreamento, possuem enorme dificuldade de identificação das causas. Além disso, não é possível verificar aptidões dos operários bem como seu desempenho em relação aos outros e ao planejado.

## 4 PROPOSTA DE MELHORIA

Como proposta de melhoria busca-se oferecer um sistema que integre o chão-de-fabrica à gerência mantendo-os informados em relação ao desempenho da planta. Apoiado nos pilares da confiabilidade, segurança e consistência das informações. Para, assim, fornecer indicadores úteis na tomada de decisão.

A maior contribuição ao funcionamento do PCP se dá na forma de relatórios sobre a efetividade de cada etapa produtiva e portanto para tomada de decisão sobre alterações nos processos. O acompanhamento de todas as informações, por poder ser em tempo real, garante precisão ainda maior nas decisões e por consequência perdas menores com problemas corrigidos em tempo hábil.

Todos os dados coletados são utilizados para informação sobre a situação do recurso no exato momento. Dados históricos ficam disponíveis para geração de relatórios. E munidos deles é possível definir perfis tanto de máquinas quanto de funcionários que apresentam maior aptidão para cada operação específica.

O desempenho, também, permanece visível para toda a planta, ficando evidenciado a todos o exato momento de parada de qualquer recurso. Isso incentivar a transparência nas ações realizadas e incentiva uma tentativa de nivelção entre os participantes.

### 4.1 Definições gerais sobre o sistema

A solução, com base nos problemas encontrados e melhorias almejadas, foi a de um sistema MES, simples, capaz de gerar relatórios que possam nortear o PCP. Através dos dados coletados durante cada operação é capaz de determinar com precisão os *leadtimes* entre os processos. A partir disso é possível comparar o planejado com o realizado e podem ser traçadas métricas como o OEE.

Outro grande problema, o fato de não haver confiança em relação aos dados repassados pelos funcionários pode ser contornado pelo uso de conceitos de sistemas SCADA. Um grande monitor com a visão de todos os operários e equipamentos da linha e seus respectivos status e

ritmo. O fato de exibir o desempenho do operário de forma que possa compara-lo com dos outros pode servir como incentivo para aumentar a eficiência. Além disso, podem ser incorporados alarmes de queda de ritmo ou paradas, assim, mesmo sem ser capaz de monitorar todos os recursos ao mesmo tempo o encarregado consegue agir eficazmente.

A rastreabilidade, também, é concretizada graças à coleta de informações de cada uma das operações e associação entre o responsável pelo processo. O controle manual não permitiria tal nível de detalhamento. Com esse recurso do MES ao trabalhar juntamente com métricas como o OEE permite-se identificar processos problemáticos e todos produtos que passaram por ele.

#### **4.2 Definições para coleta de dados**

O fator crucial para o funcionamento de um sistema de chão-de-fabrica é coleta de dados. Nesse caso, por conta da grande variabilidade de operações distintas realizadas, a coleta automatizada realizada CLPs, muito comum em sistemas SCADA, se tornaria demasiadamente complexa e quase impraticável. Sendo assim, adota-se a coleta de dados manual através de um dispositivo com interface homem-maquina.

Esse dispositivo consiste em um computador especial, conforme ilustrado na Figura 8 e na Figura 9, que tem como interface de entrada um leitor de códigos de barra e um teclado numérico. Os códigos de barras podem ser responsáveis pela rápida identificação de eventos. Já o teclado pelo apontamento de dados numéricos ou então resposta a questões objetivas. Em outras palavras os leitores auxiliariam em um rápido rastreamento e o teclado tanto para obtenção de dados quantitativos, cruciais para implementação do OEE, e também para obter dados para relatórios diversos que poderiam ser exportados pelo MES.



**Figura 8 - Terminal fixo para coleta de dados**

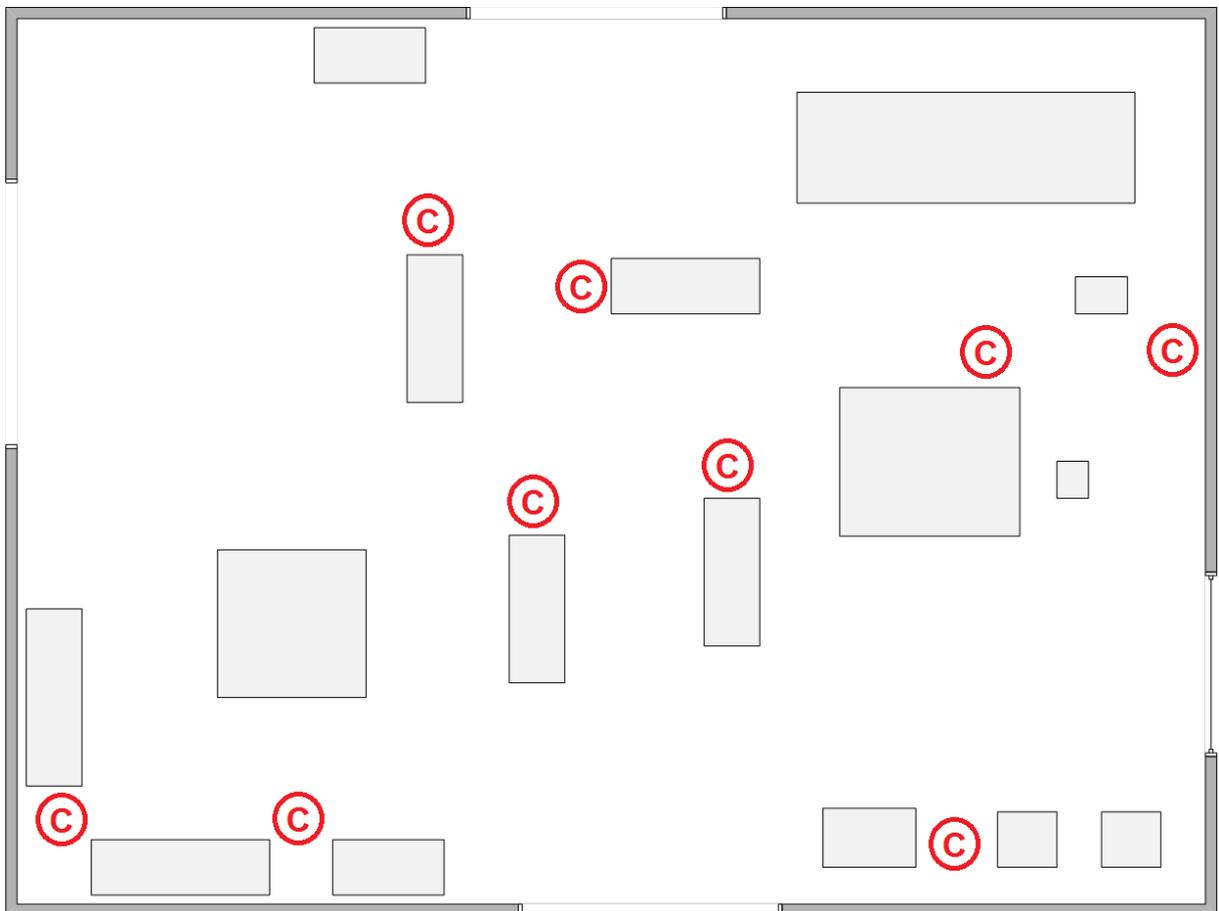
Fonte: Adaptada de <<http://www.apontador.com.br>>



**Figura 9 - Terminal móvel para coleta de dados**

Fonte: Adaptada de <<http://www.alibaba.com>>

Nesse caso levando-se em consideração as restrições que a utilização de um dispositivo móvel poderia causar, como a necessidade de recarregar sempre e a fragilidade do aparelho, pois pode quebrar facilmente ao se encontrar livre. Foi, então, optado pelo uso dos modelos fixos. Eles foram dispostos segundo layout de forma a otimizar seu uso, sem poucos equipamentos que podiam gerar dificuldades aos operadores e não muito pois poderia atrapalhar o acompanhamento visual de cada entrada. Na Figura 10 são indicados pela letra “C” cada coletor fixo.



**Figura 10 - Distribuição física dos coletores ao longo da planta**

Inicialmente para cada operário pode ser utilizado um crachá nos moldes da Figura 11, no qual consta sua foto, nome e código de barras. Com isso além de trazer mais organização

auxilia para uma rápida identificação. Pode, por assim, garantir interação junto ao dispositivo de coleta de dados, graças ao leitor óptico.



**Figura 11 - Documento pessoal**

De maneira análoga aos operários as máquinas também podem apresentar identificações, como pode ser visto na Figura 12. O diferencial está no fato de que elas são compostas por três códigos de barras, sendo um para identificação do equipamento, outra para apontamento de manutenção preventiva e uma última para indicação de manutenção corretiva.

<b>Códigos de barra da máquina XYZ</b>	
<b>Identificação da máquina</b>	
 1 38055 65154 7	
<b>Manutenção preventiva</b>	<b>Manutenção corretiva</b>
 1 38055 65154 7	 1 38055 65154 7

**Figura 12 - Documento da máquina**

As OPs continuam a ser impressas, mas os campos manuais são substituídos por códigos de leitura óptica. Cada operação apresenta um apontamento de início e de parada. Na Figura 13 é possível visualizar um exemplo do novo modelo de OP gerado pelo sistema.

## Ordem de produção: 4568

---

**Peça: Produzir a peça X      Quantidade: 100**

---

**Operação 1**

Início da operação	Parada da operação	Fim da operação
		

---

**Operação 2**

Início da operação	Parada da operação	Fim da operação
		

---

**Operação 3**

Início da operação	Parada da operação	Fim da operação
		

**Figura 13 - Ordem de produção com identificação das operações**

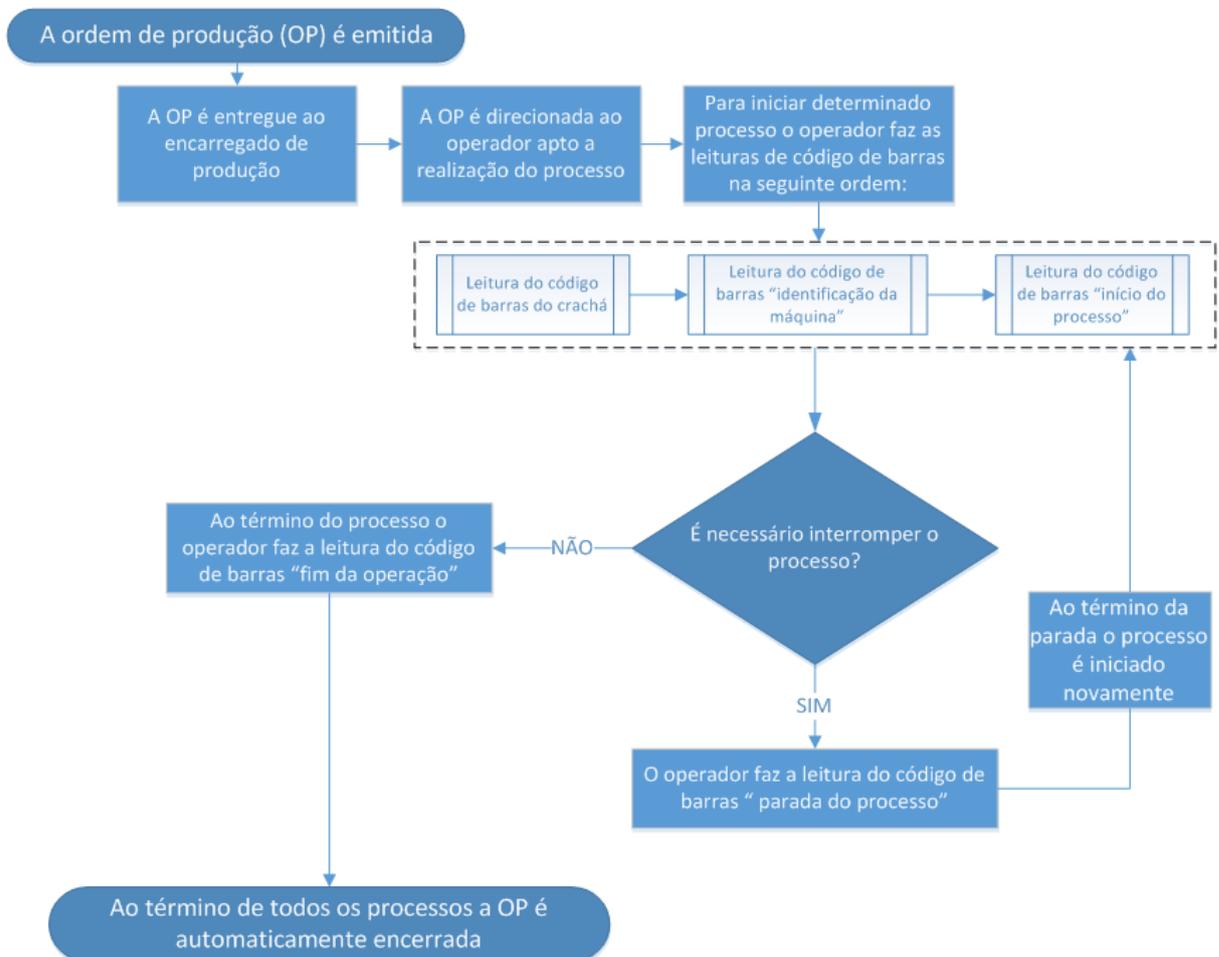
### 4.3 Definição de procedimento para ordem de produção

O procedimento da geração da OP, como citado anteriormente, continua a ter como resultado final a sua impressão. O gerente é o responsável pela obtenção das demandas e repasse ao sistema, o diferencial se apoia no fato de que o software automaticamente adiciona códigos de barra para apontamento do início, fim e das paradas durante a operação. Relatórios detalhados sobre as operações ocorridas no passado também podem auxiliar os gestores em questões relativas à capacidade produtiva.

Após a impressão, a OP chega ao encarregado de produção, o qual seleciona os indivíduos mais aptos. Tudo realizado por meio da verificação de disponibilidade do operário, que é acompanhado a todo o momento suas atividades, e com comparações quanto ao número de eventualidades ocorridas em operações semelhantes à solicitada. Assim é garantido tanto um melhor aproveitamento dos recursos quanto uma possível redução de produtos com não conformidades.

Com a ordem em mãos e com o uso do terminal de coleta de dados o operador inicialmente aponta o leitor óptico para o seu crachá e, na sequência para a máquina. Assim, quando apontar para o início da operação na OP terá início a contabilização do tempo gasto na atividade. Em caso de paradas repete o processo de maneira análoga. A Figura 14 demonstra o fluxograma da ordem de produção emitida.

Ao término da última operação o operário pode informar a quantidade de itens dentro e fora dos limites de especificação, ou seja, dados para a métrica qualidade. Esses dados alimentam o sistema e ao confrontar as informações de paradas, que fornecem a disponibilidade e desempenho, são completados todos os índices necessários para o cálculo do OEE. Essa atividade ainda continua aberta ao encarregado.



**Figura 14 - Fluxograma da ordem de produção emitida**

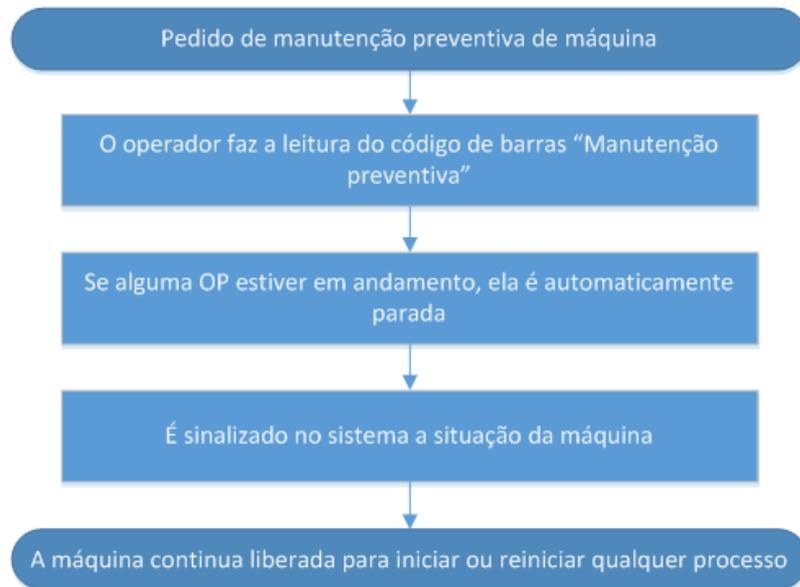
O ato de se identificar o usuário, pelo seu crachá, a cada operação se deve ao fato da escolha por coletores fixos. Portanto como a movimentação dos operadores é grande, visto que desempenham atividades distintas a cada momento, é necessária a sua identificação. Uma forma de simplificar seria a adoção de crachás com RFIDs, dispositivos reconhecidos por radiofrequência, mas encareceria o projeto pois haveria necessidade de aquisição de coletores especiais ou até então solicitar seu desenvolvimento. Outra opção seria dispositivos moveis, mas questão envolvendo a recarga da bateria aumentaria as chances de falha.

#### **4.4. Definição de procedimento para manutenção preventiva**

Para manutenção preventiva o procedimento se inicia com o operador fazendo a leitura do código de barras “Manutenção preventiva” da maquina desejada. Em caso de manutenções periódicas pré-estabelecidas o sistema pode gerar um alerta para a situação. Independente se houve ou não alerta o usuário deve realizar a leitura para indicar parada do equipamento.

Em meio a esse processo caso haja alguma ordem em andamento, automaticamente ela será interrompida da mesma forma que se fosse apontada a parada de operação pelo operário. Assim, permanecerá em uma fila à espera da disponibilidade da maquina. Uma vez finalizada a manutenção a fila volta a funcionar e a primeira operação é atendida.

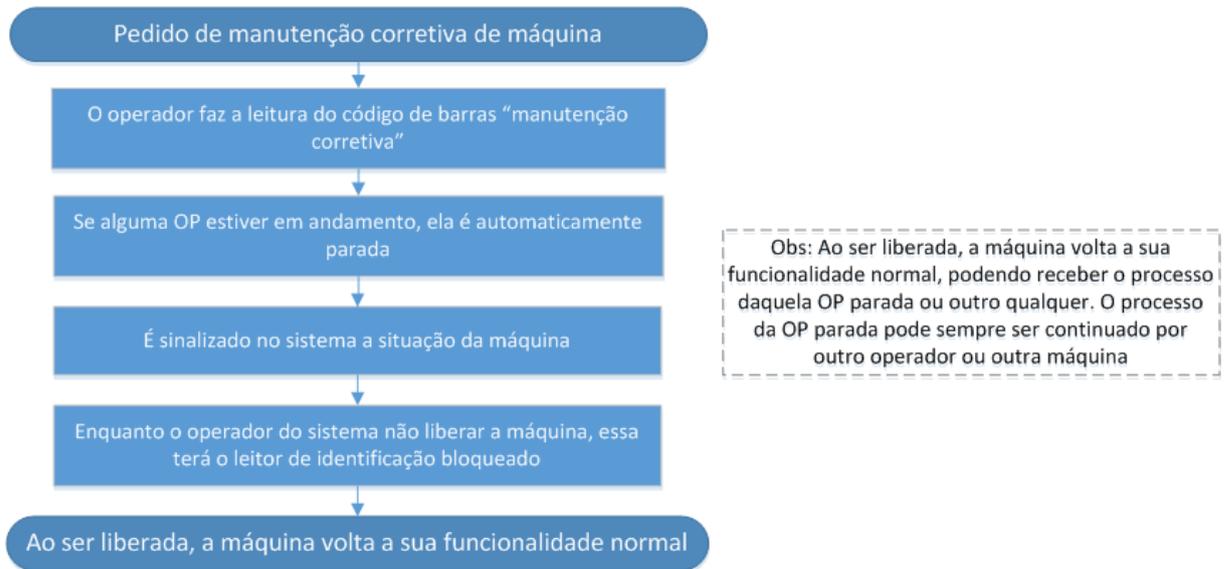
Diante dessa situação, quando em manutenção, o monitor exibe o status do equipamento e de suas ordens no aguardo. O gerente e o encarregado podem receber alertas quanto à parada. A Figura 15 demonstra o fluxograma do pedido de manutenção preventiva.



**Figura 15 - Fluxograma do pedido de manutenção preventiva**

#### **4.5 Definição de procedimento para manutenção corretiva**

De maneira análoga à manutenção preventiva na manutenção corretiva o operador ao notar algum defeito no equipamento aponta o leitor para a sua manutenção corretiva. Nesse momento todas as ordens à espera da máquina são colocadas em espera na fila até ser encerrada a correção. A Figura 16 demonstra o fluxograma do pedido de manutenção corretiva.



**Figura 16 - Fluxograma do pedido de manutenção corretiva**

Com apontamento de manutenção além de bloquear temporariamente a operação para o aparelho o MES pode consolidar esses dados. Dessa forma pode-se obter um relatório de quais máquinas quebram mais, em quais épocas (podem haver questões sazonais envolvidas), quais os últimos funcionários usaram antes de estragar.

#### 4.6 Definições sobre o funcionamento do sistema

Uma vez coletados os dados faz-se necessário um acompanhamento adequado pelos gestores e a interface para sua utilização deve fornecer informações sobre as ordens de produção. Esses dados baseados no conceito de MES objetivam exibir dados importantes e garantir total rastreabilidade. Além disso, demonstrar em tempo real a situação de cada OP, conforme a Figura 17.

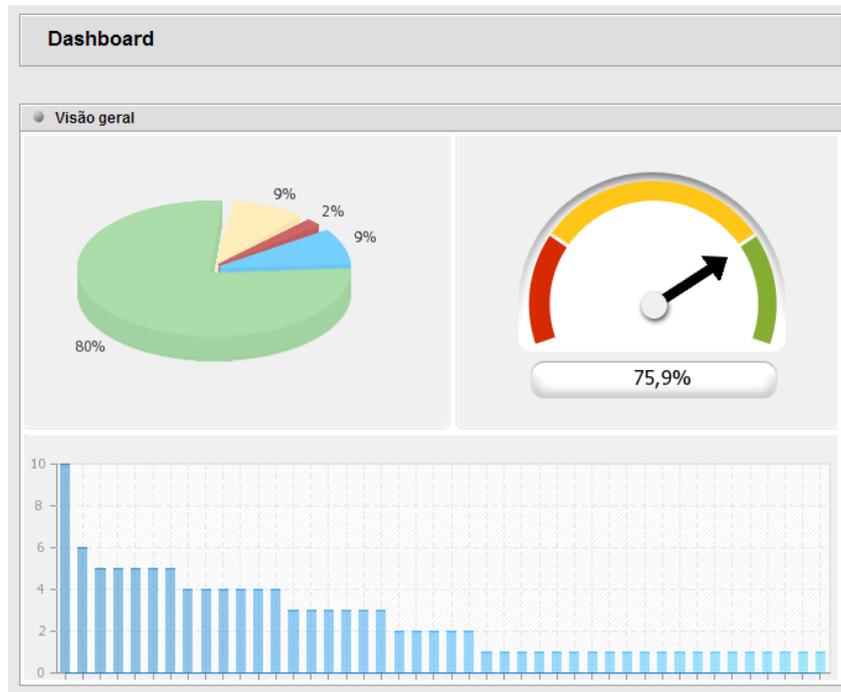
Prioridad.	Código	Descrição	Quant	Duração	Início	Término	Situação	
● Ordens de Produção								
3	091890086	Produzir a peça X	100	7h	12/jul/13 09h00	12/jul/13 18h30	Parada	(Detalhes)
1	091890086	Produzir a peça X	100	7h	12/jul/13 09h00	12/jul/13 18h30	Parada	(Detalhes)
1	091890086	Produzir a peça K	500	7h	12/jul/13 09h00	12/jul/13 17h30	Execução	(Detalhes)
5	091890086	Produzir a peça H	150	7h	12/jul/13 09h00	12/jul/13 16h30	Concluída	(Detalhes)
1	091890086	Produzir a peça Y	800	7h	12/jul/13 09h00	12/jul/13 18h30	Execução	(Detalhes)
1	091890086	Produzir a peça Z	300	7h	12/jul/13 09h00	12/jul/13 14h30	Concluída	(Detalhes)

Legenda:  = futura     =Possivelmente no prazo     =Possivelmente atrasada  
 =Excedeu o prazo     =Concluída com atraso     =Concluída

**Figura 17 – Exemplo da interface gráfica para os gestores**

Sendo assim, cada ordem é sinalizada de acordo com sua situação e cálculos são realizados pelo sistema para identificar se será possível cumprir o prazo estipulado dentro do ritmo em que se encontra. Outra função importante para um sistema de chão-de-fábrica, atendida, é a priorização de OPs. O gestor pode definir a prioridade através de um valor diretamente proporcional, ou seja, quanto maior o valor maior será a prioridade.

Dados sobre as saídas reais e eficiência de cada processo podem ser acompanhados através de um dashboard com diversos gráficos, como mostra a Figura 18. Um gráfico é exibido para visualização das situações em relação ao percentual de OPs e outros para projetar variabilidades no processo. É, também, exibido o índice OEE, com os dados coletados em relação aos tempos de início e término definidos a priori e os períodos em que foram identificados através dos procedimentos de coleta de dados tem-se os elementos para o cálculo do desempenho e da disponibilidade. Os valores da quantidade de itens produzidos, apontado pelos operadores, juntamente com a quantidade definida na ordem fornecem o índice de qualidade e juntamente com o desempenho e disponibilidade tem-se o OEE calculado automaticamente pelo software.



**Figura 18 – Exemplo do Dashboard para acompanhamento**

O *dashboard* permite tanto a visualização por operadores, máquinas, grupos ou da planta toda. Sendo possível, também a seleção por períodos específicos, bem como a geração de relatórios mais detalhados.

Ao encontro das características definidas na literatura para um sistema SCADA em um monitor é exibido o andamento dos processos, conforme a Figura 19 exemplifica. Cores auxiliam na rápida identificação da situação da OP. Além disso, é claramente visível a todos a situação e desempenho de cada operador na realização de sua operação na ordem de produção.

OP	Operador	Desempenho	Situação
099886677	Operador 0	80%	Execução
434346577	Operador 1	70%	Manutenção
124456787	Operador 2	60%	Parada
654321355	Operador 3	85%	Execução

**Figura 19 – Exemplo da tela exibida no monitor do sistema SCADA**

Dessa forma, com os dados das operações exibidos a todos é mais fácil tanto para o encarregado acompanhar o andamento de cada processo quanto ao próprio operador para desencorajá-lo a realizar medidas incorretas. Assim, o sistema SCADA oferece uma opção para autocontrole.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1 Contribuições**

Este trabalho foi desenvolvido com intuito analisar os processos que envolveriam a implantação de um sistema de informação para controle do chão-de-fábrica. Para tanto foram feitas diversas observações a fim de se alcançar uma estrutura aplicada ao contexto da indústria alvo do estudo

Como resultado do estudo de caso, obteve-se uma série de regras de negócio, que no ambiente de tecnologia da informação diz respeito às métricas para implementação de um sistema. Embasado em conceitos, pouco conhecidos, como o de sistemas MES, SCADA e métricas OEE. Assim foi formulada uma solução simples, de aplicação simplificada sem envolvimento estruturas de difícil entendimento para fornecer dados úteis para controle e programação da produção.

Espera-se, assim, que o projeto seja bem sucedido na empresa e incentive o investimento em novas tecnologias. A própria solução pode até mesmo ser aprimorada de acordo com novas necessidades. Além disso, a solução pode ser adotada facilmente por qualquer empresa do setor metal mecânico.

### **5.2 Dificuldades e Limitações**

A maior dificuldade para execução do trabalho foi a necessidade de se trabalhar em um nível de abstração grande. Imaginar situações e pensar em soluções que, ao mesmo tempo, simplificassem o sistema. Isso exigiu a geração de uma série de cenários através de discussões e brainstorms.

No que diz respeito a limitações não houve grandes problemas. A empresa atendeu prontamente a todas as questões e sempre se interessou bastante pelo assunto. Talvez a única possível limitação foi ausência de dados quantitativos. Dados como os valores médios de OEE ainda que sejam muito próximos da realidade, não se pode afirmar que uma empresa sem o controle de tal métrica tenha potencial de crescimento de 20 por cento, por exemplo,

conforme é citado em grande parte da literatura. Portanto cabe a limitação de restringir a proposta a dados qualitativos.

### **5.3 Trabalhos Futuros**

Primeiramente seria de grande valia a realização de um novo estudo para mensuração e apresentação na forma de retorno sobre o investimento da implantação do sistema proposto. Já com o sistema consolidado seria interessante expandi-lo para que as ordens fossem distribuídas automaticamente. E ao invés de utilização de reconhecimento óptico trabalhar com radiofrequência e integração direta entre os dispositivos dos operadores. Isso reduziria o tempo gasto pelos funcionários para essas ações de controle e rastreamento.

Outra melhoria seria a de tentativa de implementação de CLPs para controle da qualidade, ainda que seja demasiadamente complexo podem existir tecnologias capazes de lidar com tal problema.

Por último poderia criado um sistema de bonificação para operários mais produtivos. Isso serviria como mais um novo fator motivador aos funcionários do chão-de fábrica. A meritocracia ainda é pouco aproveitada pelas indústrias.

## 6. REFERÊNCIAS

BAKER, Dean. **Multi-company Project Management: Maximizing Business Results Through Strategic Collaboration**. 1. ed. Fort Lauderdale: J. Ross Publishing, 2010. 303 p.

BELLUZZO, Luiz Gonzaga. **Os desafios da indústria brasileira**. Artigo. 2013. Disponível em  
<<http://www.cartacapital.com.br/economia/os-desafios-da-industria-brasileira>>. Acesso em:  
16 set. 2013.

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N.; CAON, Mauro. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2006. 449 p.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007. 175 p.

HANSEN, Robert. **Overall Equipment Effectiveness: A Powerful Production/Maintenance Tool for Increased Profits**. 1. ed. New York: Industrial Press, 2001. 275 p.

KLETTI, Jürgen. **MES - Manufacturing Execution System**. 1. ed. Berlin: Heidelberg, 2007. 271 p.

LINK, Hans. **Programação e Controle da Produção**. 4. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1983. 77 p.

MARTINS, Vinicius; BREMER, Carlos Frederico. **Proposta de uma ferramenta de integração entre sistemas ERP-SCADA: caso prático**. In: ENEGEP, 2001, São Paulo. Anais... . Curitiba: 2002. p. 1 - 8. Disponível em:  
<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002\\_TR12\\_0107.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR12_0107.pdf)>. Acesso em: 17 set. 2013.

MCCRADY, Stuart. **Designing SCADA Application Software: A Practical Approach**. 1. ed. London: Elsevier, 2013. 213 p.

MÜLBERT, Ana Luísa; AYRES, Nilce Miranda. **Fundamentos para Sistemas de Informação**. Palhoça, 2005. 168p. Disponível em:  
<<http://www.profallan.com/profallan.com/si.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2013.

QUEZADO, Paulo César Augustus Mendes; CARDOSO, Carlos Roberto de Oliveira; TUBINO, Dálvio Ferrari. **Programação e controle da produção sob encomenda utilizando pert/cpm e heurísticas**. In: ENEGEP, 1999, São Paulo. **Anais...** . Fortaleza: 1999. p. 1 - 8. Disponível em: < [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999\\_A0381.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999_A0381.PDF)>. Acesso em: 16 set. 2013.

SCHMIDT, Shirley. **Understanding Manufacturing Execution Systems (MES)**. 2012.

Disponível em:

<<http://www.freedomcorp.com/News/brochures/MES%20White%20Paper.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2013.

STEFANO, Fabiane; MAIA JÚNIOR, Humberto. **Brasil leva surra dos EUA em produtividade: como melhorar?**. Revista Exame, São Paulo: Editora Abril. out. 2012.

TAIT, Tania Fatima Calvi. **Arquitetura dos Sistemas de Informação**. 5. ed. Maringá: Eduem, 2006. ISBN 85-7628-079-5.

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Departamento de Engenharia de Produção**  
**Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900**  
**Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196**