

unesp  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

JOÃO BOSCO CORRÊA FILHO

Aplicação de melhorias na organização e nos processos de usinagem pesada

Guaratinguetá
2014

JOÃO BOSCO CORRÊA FILHO

**APLICAÇÃO DE MELHORIAS NA ORGANIZAÇÃO E NOS PROCESSOS DE
USINAGEM PESADA**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro

Guaratinguetá
2014

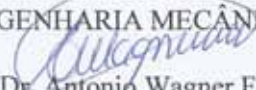
C823a	<p>Corrêa Filho, João Bosco</p> <p>Aplicação de melhorias na organização e nos processos de usinagem pesada. / João Bosco Corrêa Filho – Guaratinguetá, 2014.</p> <p>82 f : il.</p> <p>Bibliografia: f. 79-82</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro</p> <p>1. Usinagem 2. Produtividade I. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 621.9</p>
-------	---

APLICAÇÃO DE MELHORIAS NA ORGANIZAÇÃO E NOS PROCESSOS DE
USINAGEM PESADA.

JOÃO BOSCO CORRÊA FILHO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA


Prof. Dr. Antonio Wagner Forti
Coordenador

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. MARCOS VALÉRIO RIBEIRO
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. MANOEL CLEBER SAMPAIO ALVES
UNESP-FEG


Prof. Dr. José Vitor Cândido de Souza
UNESP-FEG

Maio de 2014

DADOS CURRICULARES

JOÃO BOSCO CORRÊA FILHO

NASCIMENTO 16.12.1986 – LORENA / SP

FILIAÇÃO João Bosco Corrêa
Maria Anatólia Diniz Corrêa

2008/2014 Curso de Graduação em Engenharia Mecânica
Universidade Estadual Paulista – UNESP – *Campus* de
Guaratinguetá

À todos aqueles que tornaram possível este momento, especialmente aos meus pais que desde o início me mostraram o caminho.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida

Ao meu orientador *Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro*, pela disposição e apoio.

À empresa que proporcionou as ferramentas para este estudo, juntamente com os colaboradores que prestaram estimada ajuda.

À Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá e todos os seus funcionários, pelo período inesquecível de minha vida.

Às pessoas que fazem parte da minha vida, que sempre acreditaram e me motivaram em todos os momentos.

Aos companheiros que também trilharam este caminho junto comigo.

“Sem saber que era impossível, ele foi lá e fez.”

Jean Cocteau

CORRÊA, J. B. F. Aplicação de melhorias na organização e nos processos de usinagem, visando à padronização e a otimização destes processos. 2014. 82p. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

RESUMO

Atualmente produtividade é uma preocupação nas grandes empresas e nas indústrias de usinagem pesada não poderia ser diferente. A questão de tempos no processo se torna um ponto relevante e digno de análise, especialmente o tempo de setup que se torna um ponto crítico a ser analisado. Devido ao porte dos equipamentos estudados (usinagem pesada) e principalmente no que diz respeito às características das máquinas-ferramenta e das peças a serem usinadas, geralmente peças robustas e de grandes dimensões, a preparação dessas peças devem ser feitas de maneira precisa para que a usinagem tenha um bom resultado conforme planejado. Com o setup atuando como um limitador do aumento da produtividade nesse setor, constantemente são tomadas ações em busca da redução dos tempos improdutivos e otimização dos processos. Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo que comprovasse o aumento da produtividade através da redução dos tempos de usinagem, em especial o tempo de setup e também com a implantação de ferramentas organizacionais. Foram analisadas as ações tomadas no setor de usinagem pesada do Braço L-580 na empresa Liebherr Brasil mais especificamente na Mandriladora CNC PAMA Speedram 3000. Através de um estudo qualitativo utilizando o método do estudo de caso, analisou-se o antes e o depois do setor e a redução dos tempos de setup. Evidenciando as ações através de figuras e de coleta de tempos. O resultado obtido ao final dessa análise foi a verificação que através de ações simples a produtividade e a organização da área foram diretamente afetadas de maneira positiva, e dando suporte a toda mudança organizacional foram ministrados treinamentos para que fosse incorporado à cultura da empresa.

PALAVRAS-CHAVE: Usinagem pesada. Produtividade. Mudanças Organizacionais.

CORRÊA, J. B. F. Aplicação de melhorias na organização e nos processos de usinagem, visando à padronização e a otimização destes processos. 2014. 82p. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

ABSTRACT

Currently productivity is a concern in large firms and in heavy machining industries could not be otherwise . The issue of time in the process becomes a relevant and worthy of analysis point , especially that the setup time becomes a critical issue to be addressed . Due to the size of the equipment studied (heavy machining) and especially with regard to the characteristics of the machine tool and the parts to be machined , generally robust and large parts , the preparation of such parts shall be made accurately to the machining has a good result as planned . With the setup acting as a limiter of productivity growth in this sector , actions constantly in search of reducing downtimes and optimization are taken . This study aimed to conduct a study that confirms increased productivity by reducing the machining time , especially setup time and also with the implementation of organizational tools. Actions taken in heavy machining industry Arm L- 580 Liebherr company in Brazil specifically in CNC Boring PAMA Speedram 3000 were analyzed . Through a qualitative study using the method of case study , it was examined before and after the sector and reducing setup times . Evidencing the shares through figures and collection times . The end result of this analysis was to verify that through simple actions productivity and organization in the area were directly affected in a positive way , and supporting organizational change throughout training were taught to be incorporated into the company culture .

KEYWORDS : heavy machining . Productivity . Organizational Changes .

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação dos processos de fabricação.....	17
Figura 2 - Mandrilamento cilíndrico e radial.....	18
Figura 3 - Mandrilamento Cônico	19
Figura 4 - Mandrilamento de superfícies especiais	19
Figura 5 - Tipos de ferramentas para mandrilamento integrais e com lâminas.....	20
Figura 6 - Tipos de ferramentas para mandrilamento com pastilhas.....	21
Figura 7 - Esquema de mandriladora universal horizontal.....	22
Figura 8 - Esquema de mandriladora universal vertical.....	23
Figura 9 - Exemplo de um setor de Usinagem Pesada	27
Figura 10 - Relação ao longo do tempo entre setup, diversificação, produtividade e tamanho do lote	30
Figura 11 - Atuação da equipe de setup em empresa de usinagem pesada.....	31
Figura 12 - Peça montada e preparada após intervenção da equipe de setup.....	32
Figura 13 - Mandriladora CNC PAMA Speedram 3000	50
Figura 14 - Formulário para Controle da Produção: Usinagem - PAMA.....	51
Figura 15 - Planilha Eletrônica do controle de Produção.....	52
Figura 16 - Gráfico gerado apartir da planilha eletrônica	53
Figura 17 - Braço Antes do Dispositivo	54
Figura 18 - Braço fixo no dispositivo de usinagem.....	55
Figura 19 - Modelagem 3D da peça fixa no dispositivo	55
Figura 20 - Follow-up de Estabilização de Processos	57
Figura 21 - Exemplo de Cabeçalho de um Programa.....	58
Figura 22 - Exemplo de Processo de Usinagem.....	59
Figura 23 - Lista de Ferramentas.....	60

Figura 24 - Caixa de coleta de pastilhas usadas	61
Figura 25 - Antes utilização de latões para descarte de óleo	62
Figura 26 - Utilização de bombonas retornáveis	63
Figura 27 - Área antes das medidas organizacionais.....	64
Figura 28 - Criação da área para dispositivos.....	64
Figura 29 - Antes da medida organizacional	65
Figura 30 - Área organizada destinada aos componentes.....	65
Figura 31 - Antes da Organização	66
Figura 32 - Depois da Organização	66
Figura 33 - Armários da Ferramentaria	67
Figura 34 - Armários da Ferramentaria	67
Figura 35 - Armários da Ferramentaria	68
Figura 36 - Pastas de desenho.....	69
Figura 37 - Armário de brocas e machos - antes	69
Figura 38 - Armário de Brocas e machos – depois da organização.....	70
Figura 39 - Incertos Organizados	70
Figura 40 - Armário Organizado e Identificado	71
Figura 41 - Armários antes da Organização	71
Figura 42 - Armário organizado	72
Figura 43 - Ferramentas reafiadas	73
Figura 44 - Armário da Ferramentaria.....	74
Figura 45 - Gestão Visual implantada	74
Figura 46 - Treinamento	75
Figura 47 - Equipe durante treinamento	75
Figura 48 - Apostilas	76

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	JUSTIFICATIVAS	15
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo Geral.....	15
1.2.2	Objetivos Específicos	15
2.	EMBASAMENTO TEÓRICO	16
2.1	PROCESSOS DE MANDRILAMENTO	16
2.1.1	Ferramentas para Mandrilamento	20
2.1.2	Mandriladoras Universais Horizontal e Vertical	21
2.2	USINAGEM EM GRANDES MANDRILADORAS	23
2.2.1	Usinagem pesada	24
2.3	TEMPOS DE USINAGEM	27
2.3.1	Tempos de <i>Setup</i>	28
2.3.2	<i>Setup</i> em Usinagem Pesada	29
2.4	REDUÇÃO DOS TEMPOS DE FABRICAÇÃO.....	322
2.4.1	Reposição de Ferramentas	333
2.4.2	Preparação de Máquina	344
2.4.3	Otimização de Processo	355
2.5	REDUÇÃO DOS TEMPOS DE <i>SETUP</i>	355
2.5.1	Ferramentas Preparadas.....	377
2.5.2	Estratégias para Otimização.....	377
2.5.3	Eliminando Ajustes	377
2.6	OBJETIVOS DA PRODUÇÃO	38
2.7	LAYOUT	39

2.8 5S	40
2.9 GERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS	42
2.10 POKA YOKE - DISPOSITIVOS A PROVA DE ERROS.....	43
2.11 TREINAMENTOS	45
2.12 CONTROLE DE PRODUÇÃO	45
3. MATERIAIS E MÉTODOS	47
3.1 PROPOSTA DE INVESTIGAÇÃO	47
3.2 REVISÃO DO TIPO DE PESQUISA.....	47
3.3 CARACTERÍSTICAS METODOLÓGICAS DO ESTUDO.....	48
4. RESULTADOS E COMENTÁRIOS.....	51
4.1 CONTROLE DOS TEMPOS DE USINAGEM NA LIEBHERR BRASIL.....	51
4.2 MEDIDAS TOMADAS PARA A REDUÇÃO DOS TEMPOS DE FABRICAÇÃO ..	56
4.3 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS	60
4.4 MEDIDAS ORGANIZACIONAIS	63
4.5 TREINAMENTOS	75
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
REFERÊNCIAS.....	79

1. INTRODUÇÃO

No mundo empresarial a competição é acirrada e a medida dessa competição e a produtividade que as organizações atingem. A produtividade é definida de maneira básica como a relação entre a produção e os fatores de produção utilizados, fatores esses que são constituídos por pessoas, máquinas, materiais e outros. Quanto maior for a relação entre a quantidade produzida por fatores utilizados maior é a produtividade.

O melhor aproveitamento desses materiais e dos recursos humanos acarreta uma economia de tempo e conseqüentemente aumento da produtividade, e a produtividade constitui uma das melhores medidas para aferir o desempenho organizacional de uma empresa. Uma empresa com acrescidos resultados na sua produtividade é uma entidade mais eficiente, com melhor utilização dos seus recursos e que atinge melhores resultados, tendo assim maiores hipóteses de prosperar no futuro.

Através da aplicação de metodologias e ações simples verificou-se como elas impactaram a produtividade do setor além de outros benefícios como redução de desperdícios, organização do setor, redução dos tempos e melhorias que ocorreram no decorrer da implantação dessas ferramentas.

O maior desafio das organizações é se manterem produtivas e competitivas em âmbito global, e o que traz o sucesso dessas metodologias é o baixo investimento inicial que tem ótimos resultados, desde que contem com uma equipe empenhada em incorporar seu aprendizado no dia-a-dia.

1.1 JUSTIFICATIVAS

Em virtude da crescente competitividade no segmento especializado em guindastes, peça para aeronáutica e mineração existe a necessidade de aprimorar e desenvolver os processos produtivos, visando principalmente reduzir perdas e desperdícios.

Atualmente o surgimento de novas tecnologias e a divulgação de casos de sucesso é visível o êxito da implantação de metodologias e ferramentas para que se possa trabalhar com um menor tempo de produção, com a garantia de uma melhor qualidade e com um incremento de produtividade gerado pelo melhor aproveitamento de máquinas e operadores, podendo assim competir em nível global.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é realizar um estudo que, através de levantamento de dados, comprove que há aumento da produtividade e redução de perdas e desperdícios por meio da implantação de metodologias e ferramentas organizacionais no processo de usinagem do Braço da Caçamba L580 e no setor que a operação se realiza.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos que se encontram neste trabalho consistem em descrever as metodologias e ferramentas aplicadas no processo, comparar o antes e depois da implantação destas ferramentas e apontar pontos fortes assim como os pontos fracos dessa implantação.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

O embasamento teórico se encontra organizado da seguinte maneira, o subitem 1 trata dos processos de mandrilamento abordando nas subseções 1ª as Ferramentas de Mandrilamento e na 2ª Mandriladoras Universais Horizontal e Vertical.

O subitem 2 trata da usinagem em grandes mandriladoras e aborda características gerais desse processo. Os tempos de usinagem são descritos no subitem 3, sendo melhor especificados os tempos de setup e na usinagem pesada.

Os tempos de fabricação é abordado no subitem 4 passando pelas questões de reposição de ferramentas, preparação de máquina e otimização de processo.

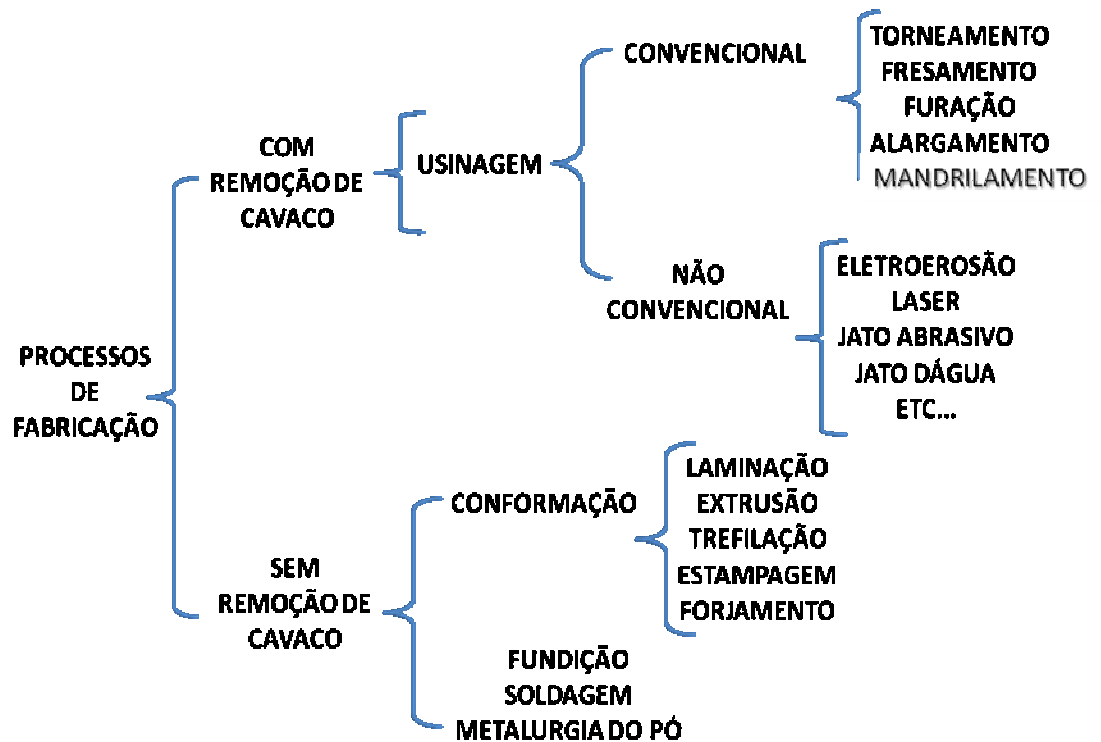
O subitem 5 trata da redução dos Tempos de setup, explorando detalhadamente as ferramentas preparadas, estratégias para a otimização e eliminação de ajustes. Os objetivos de produção são tratados no subitem 6 e na seqüência no subitem 7 é abordado layout.

A metodologia 5S é abordada no subitem 8, sendo seguida do gerenciamento de ferramentas e no 10º subitem é exposto o conteúdo sobre poka-yoke. E fechando o trabalho tem-se o subitem 11 que referencia a literatura sobre treinamentos e 12º subitem trata-se do controle de produção.

2.1 PROCESSOS DE MANDRILAMENTO

Pode-se dividir os processos de fabricação de metais e ligas metálicas em: os com remoção de cavaco, e os sem remoção de cavaco. A Figura 01 mostra a classificação dos processos de fabricação, destacando as principais operações de usinagem.

Figura 1 – Classificação dos processos de fabricação



O mandrilamento é um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou várias ferramentas de barra. Para tanto a ferramenta gira e se desloca segundo uma trajetória determinada.

A mandriladora é uma máquina destinada a usinar furos de grandes diâmetros em peças pesadas, a fim de deixá-los com a medida desejada. Com o mandrilamento se obtém superfícies cilíndricas ou cônicas internas com eixos e geratrizes perfeitamente paralelos entre si e com afastamentos precisos dentro da tolerância. As mandriladoras surgiram para atender a exigência de alargar furos até determinadas medidas, com estritas tolerâncias. Pelas contínuas exigências e possibilidades de desenvolver usinagens diferentes com a mesma máquina, transformou-se funcional e estruturalmente a mandriladora de modo a torná-la universal. (RIBEIRO, 2008).

O Mandrilamento é o processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou várias ferramentas de barra. Para tanto, a ferramenta gira e a peça ou a ferramenta se deslocam simultaneamente segundo uma

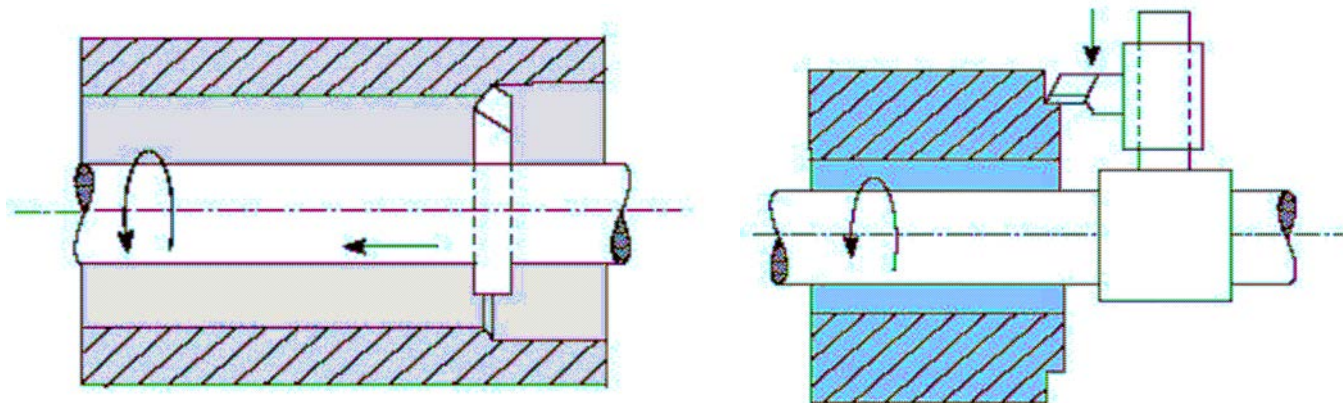
trajetória determinada. Atualmente, usando-se ferramentas apropriadas, podem-se executar os faceamentos, as fresagens, os rosqueamentos, etc.

- *Mandrilamento cilíndrico*: processo no qual a superfície usinada é cilíndrica de revolução, cujo eixo coincide com o eixo em torno do qual gira a ferramenta (alargamento, rebaixamento, etc.) Figura 02.

- *Mandrilamento cônico*: processo no qual a superfície usinada é cônica de revolução, cujo eixo coincide com o eixo em torno do qual gira a ferramenta. Figura 03.

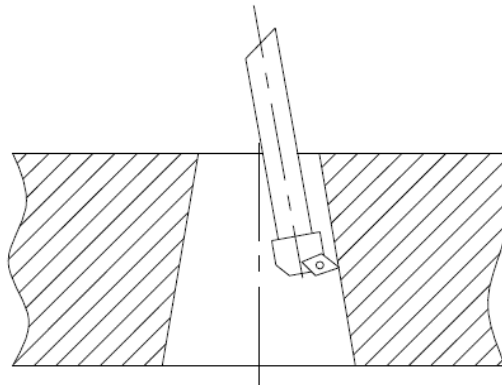
- *Mandrilamento radial*: processo no qual a superfície usinada é plana e perpendicular ao eixo em torno do qual gira a ferramenta.

Figura 2 – Mandrilamento cilíndrico e radial



Fonte: (RIBEIRO, 2008)

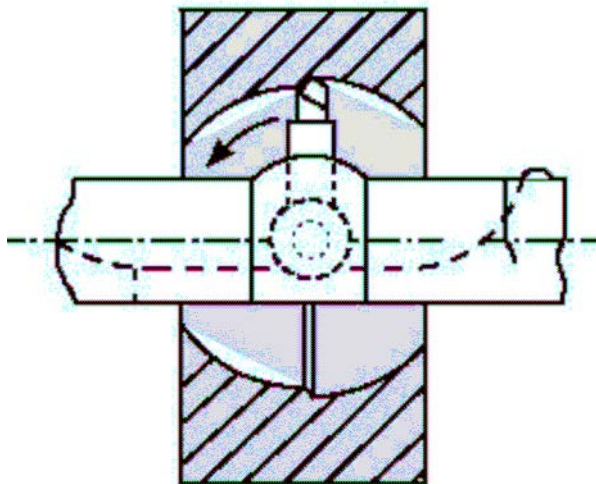
Figura 3 - Mandrilamento Cônico



Fonte: (RIBEIRO, 2008)

- *Mandrilamento de superfícies especiais*: processo de mandrilamento no qual a superfície usinada é uma superfície de revolução diferente das anteriores, cujo eixo coincide com o eixo em torno do qual gira a ferramenta (esférico, sangramento, etc.). Figura 04.

Figura 4 - Mandrilamento de superfícies especiais



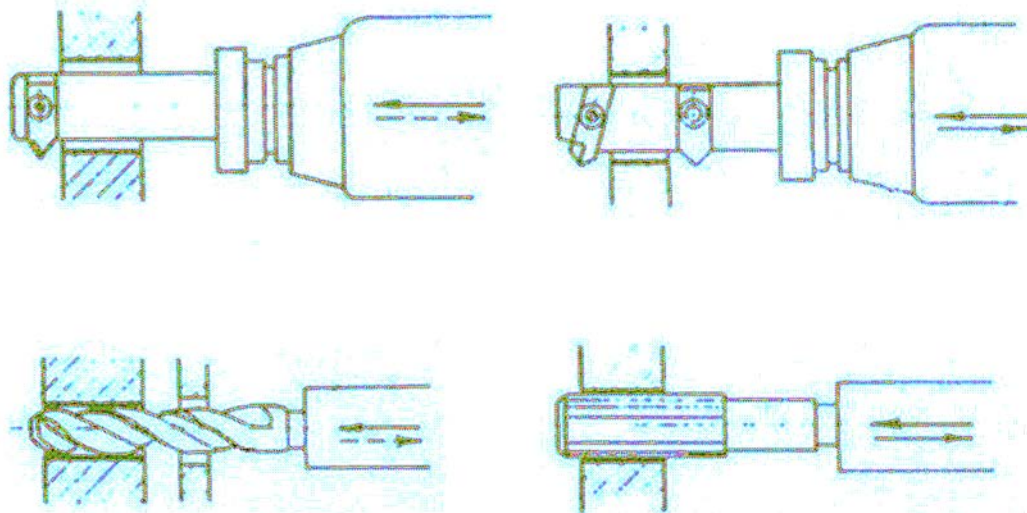
Fonte: (RIBEIRO, 2008)

2.1.1 Ferramentas para Mandrilamento

As ferramentas de uso mais comum empregadas nas mandriladoras podem se classificar como segue (Figuras 05 e 06):

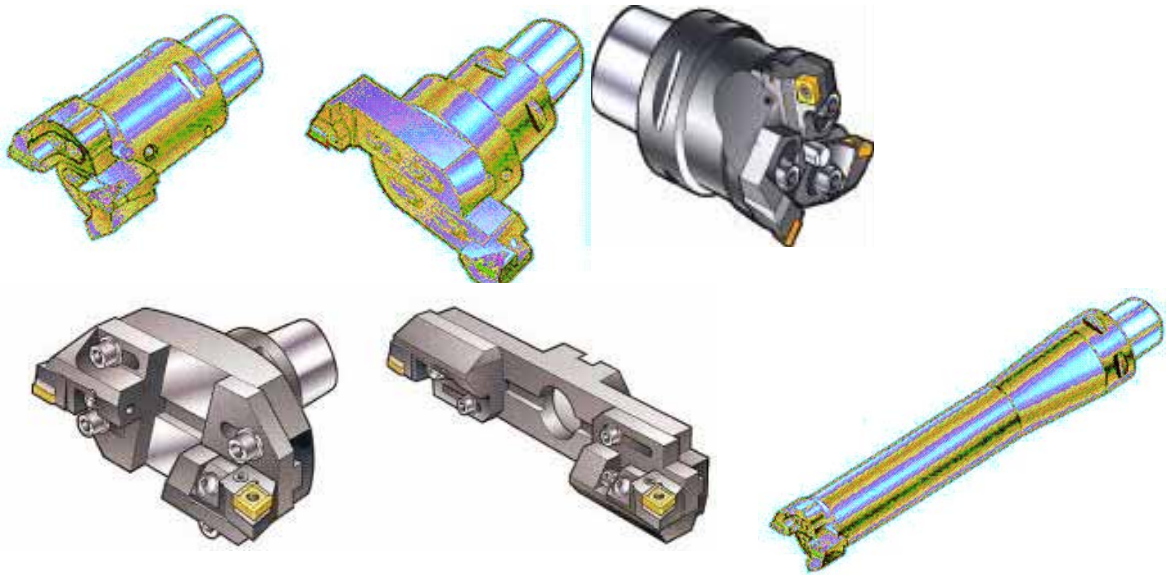
- *Hastes cilíndricas de corte simples*: usadas para desbaste.
- *Lâminas de corte duplo*: usadas para alisar paredes internas de um furo.
- *Brocas de correção helicoidais*: usadas para aumentar furos brutos de fundição apenas desbastados, (até diâmetros de 100 mm). Com *guia integral* e com *guia adicional*.
- *Alargadores integrais*: usados para calibrar os furos.
- *Alargadores cônicos e vazadores*: usados para alargar superfícies internas ou cilíndricas escalonadas. Os *alargadores* podem ser de *desbaste* ou de *acabamento*. Os *vazadores* são usados para vazar furos previamente executados por broca comum em operação separada.

Figura 5 - Tipos de ferramentas para mandrilamento integrais e com lâminas



Fonte: (RIBEIRO, 2008).

Figura 6 - Tipos de ferramentas para mandrilamento com pastilhas



Fonte: (RIBEIRO, 2008).

2.1.2 Mandriladoras Universais Horizontal e Vertical

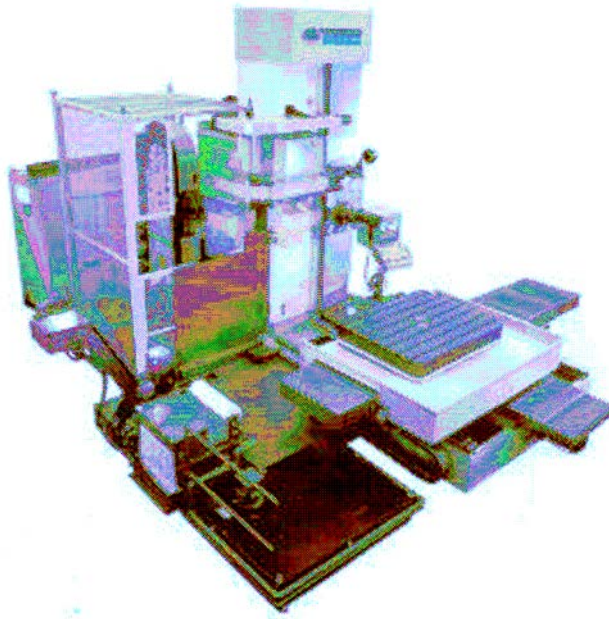
A mandriladora universal possui a capacidade de processar todas as operações de usinagem necessárias do começo ao fim, sem que haja necessidade de remover a peça da máquina. Há dois tipos de mandriladoras: horizontal e vertical,

A mandriladora horizontal conforme a Figura 07, possui em cada uma das extremidades da bancada um montante vertical, sobre o qual corre um cabeçote que pode ser fixado em alturas variáveis. O eixo principal de tal cabeçote tem um cone, no qual pode-se fixar um eixo porta-ferramenta.

Na extremidade contrária do cabeçote, há outro montante, que se fixa às guias da bancada com um coximete de bronze, que também pode ser fixado em altura variável. Entre o cabeçote e este coximete está fixado o eixo porta-ferramenta. Algumas mandriladoras têm

dispositivo para fazer avançar ou retroceder longitudinalmente o eixo principal, em alguns casos também um dispositivo que possibilite o giro da mesa.

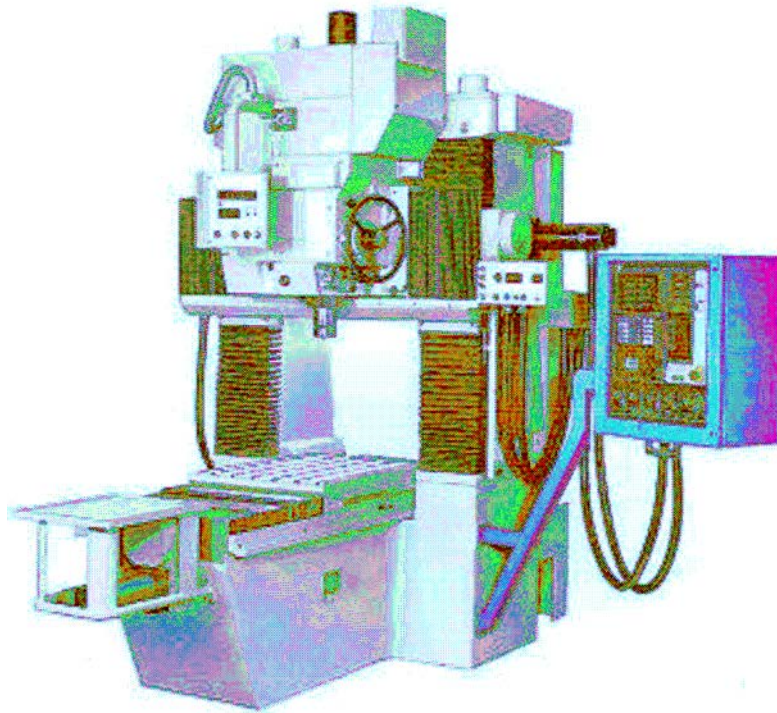
Figura 7 - Esquema de mandriladora universal horizontal



Fonte: (RIBEIRO, 2008).

Já a mandriladora vertical (Figura 08), comumente possui dois montantes e uma travessa na qual é montado o cabeçote com o eixo porta-ferramenta, que se desloca tanto transversalmente como verticalmente para realizar as operações de usinagem, o movimento longitudinal fica por conta da mesa porta-peça.

Figura 8 - Esquema de mandriladora universal vertical .



Fonte: (RIBEIRO, 2008).

2.2 USINAGEM EM GRANDES MANDRILADORAS

Com o aquecimento da economia, o conseqüente crescimento das atividades industriais e o aumento da demanda por energia, surge uma nova tendência no setor metal mecânico. Equipamentos destinados à fabricação de peças de grande porte, comuns na produção dos setores naval, siderúrgico, de energia, de petróleo e de mineração, passam a ser mais requisitados pelo mercado.

Em produções que usinam peças de grandes dimensões, um dos processos comumente utilizados são as operações de mandrilamento, geralmente realizadas com o auxílio de equipamentos pesados. Algumas das peças produzidas com este tipo de operação

são partes de turbinas eólicas e hidrelétricas, estruturas de máquinas para mineração e componentes para o setor de óleo e gás, entre outros produtos.

Destinado principalmente à obtenção de superfícies internas de revolução – geradas pelo movimento de uma linha qualquer em torno de um eixo – o mandrilamento, de maneira geral, é feito com o auxílio de uma ou mais ferramentas de corte que são fixadas a uma barra de mandrilar. Esta operação pode ser cilíndrica, cônica, radial ou esférica.

Independentemente das dimensões da peça e da máquina, as mandriladoras permitem a adaptação de diferentes tipos de ferramentas. Com o acoplamento de acessórios específicos, estes equipamentos também podem ser utilizados para operações de furação, fresamento e rosqueamento, tornando-se assim máquinas universais.

As grandes mandriladoras possuem particularidades e dentre elas estão as colunas maiores e mais reforçadas e as réguas lineares de grandes dimensões.

E devido às suas proporções, estes equipamentos demandam mais tempo para serem montados, pois as peças devem ser trazidas separadamente pelo fabricante para serem montadas na própria fábrica.

Além destes detalhes de montagem, há a necessidade de uma infraestrutura onde deve-se fazer uma fundação sólida e profunda na planta, de forma a assegurar a boa sustentação deste equipamento. Também os barramentos são diferentes nas grandes mandriladoras, pois eles chegam à fábrica dividido em partes e depois da montagem, ainda devem ser alinhados.

2.2.1 Usinagem Pesada

Como característica desse processo, os produtos usinados pelas grandes mandriladoras têm dimensões de até oito metros de comprimento por cinco metros de largura e três ou quatro metros de profundidade, o é inviável de ser feito em maquinário de pequeno ou médio porte.

Dadas as dimensões e suas peças serem consideradas de grande porte, a movimentação interna possui particularidades, sendo feita através de pontes rolantes com alta capacidade no chão de fábrica para movimentar essas cargas pesadas.

Outra característica relevante a ser citada sobre o processo é a robustez das ferramentas utilizadas, já que opera-se com profundidade de corte entre 5 e 7 mm e a uma velocidade de 150 metros/min, estas máquinas ferramentas também possibilitam a remoção de cavacos em grande escala e permitem atingir profundidades de corte maiores do que as das máquinas convencionais. Estas características podem contribuir para dinamizar a produção da empresa. Outras soluções utilizadas nos processos produtivos são as brocas, machos e ferramentas compostas de HSS (aço rápido).

E relacionado ao grau de precisão destas máquinas, ao contrário do que comumente se pode pensar, as mandriladoras não exigem necessariamente tolerâncias dimensionais maiores – na verdade elas trabalham com tolerâncias proporcionais ao tamanho de suas peças.

Estas proporções são calculadas de acordo com um conjunto de normas, denominado Sistema de Ajustes e Tolerâncias ISO (*International Organization For Standardization*), que tem como finalidade padronizar o sistema de ajustes, garantindo, desta forma, a qualidade do produto final independentemente de suas dimensões.

Ao se trabalhar com equipamentos de tal porte, segue-se requisitos de segurança, como por exemplo, fixar as peças nos dispositivos das mandriladoras os preparadores precisam subir em plataformas que acompanham o cabeçote das máquinas, em alturas de até seis metros.

Os cuidados básicos devem ser colocados em prática para evitar acidentes, como o uso de cintos de segurança e, em alguns casos, a preparação de plataformas auxiliares e os chamados cabos vida, que são equipamentos instalados na parte de melhor acesso, impedindo que ocorram quedas em caso de desequilíbrio.

Devido ao elevado peso das peças, que podem chegar a até 100 toneladas, o manuseio dos equipamentos é um trabalho que deve ser feito com a ajuda de, no mínimo, duas pessoas. Além disso, para que as peças não sejam danificadas em caso de acidentes, deve-se tomar muito cuidado com a movimentação rápida da máquina para evitar colisões das ferramentas com partes da peça.

A remoção de altas taxas de material é também característica desse processo, por questões de segurança, cavacos longos são evitados ao máximo, mas, quando inevitáveis, são manipulados por operadores que utilizam luvas de proteção e ganchos apropriados para isso.

O que caracteriza o processo de usinagem pesada é definitivamente a capacidade de carga das máquinas e dimensões das peças a serem usinadas. Devido a estes fatores, é possível imaginar que nestes processos os tempos improdutivos devido à manobra (movimentação das peças entre uma máquina e outra, por exemplo), tempos de preparação de máquina e tempos de preparação de ferramentas são relativamente altos e o estudo destes tempos improdutivos pode render bons resultados para a empresa.

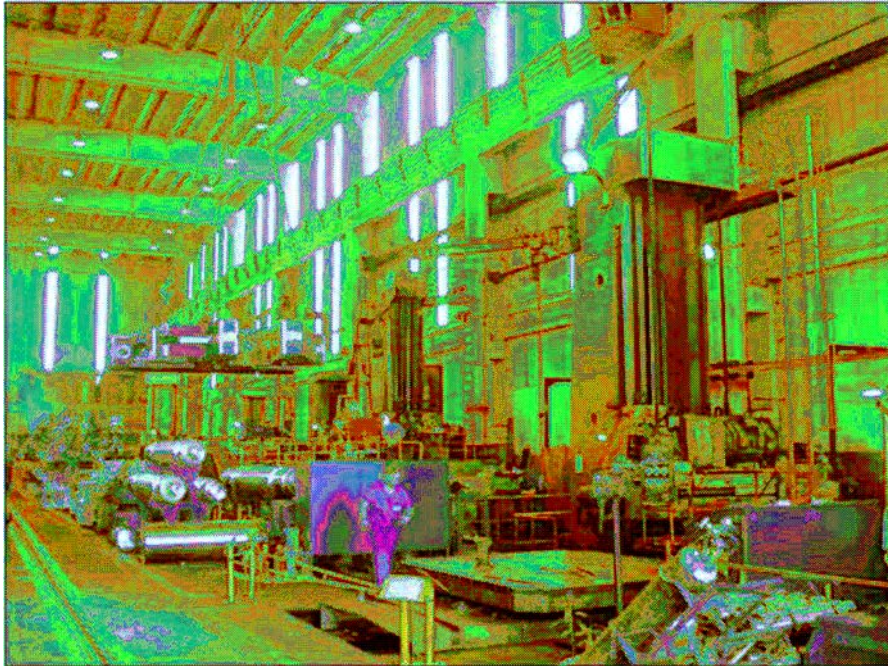
Ao se trabalhar com máquinas de grande porte, destinadas à usinagem pesada deve-se ter cuidado especial durante a preparação da máquina.

O tempo de setup se mostra um dos grandes obstáculos da utilização destes equipamentos, devido a sua dimensão e ao tamanho das ferramentas.

Se a preparação não for feita de maneira correta compromete a produtividade, uma vez que o setup de equipamentos desse porte utiliza muito tempo e muitos recursos, o que só acarreta perdas durante o processo.

Os tempos de *setup* podem ser minimizados com a fabricação de dispositivos de fixação comuns a todos os processos. Os altos tempos de preparação de ferramentas são traduzidos, por exemplo, pela troca de cabeçotes de usinagem pesados e de difícil montagem, os altos tempos de preparação de máquinas e de manobra, pela necessidade de montagem da peça a ser usinada e de dispositivos especiais de fixação. Na Figura 9 é mostrado um exemplo de um setor de usinagem pesada.

Figura 9 – Exemplo de um setor de Usinagem Pesada



Fonte: (GUADAGNIM, 2008).

2.3 TEMPOS DE USINAGEM

O Tempo de usinagem é um termo usado para descrever a quantidade de tempo gasta por uma máquina de corte com a finalidade de alterar uma peça a ser usinada. É parte do que é conhecido como o tempo de ciclo de máquina, ou seja, é a quantidade total de tempo que leva para carregar e descarregar um material, bem como a quantidade de tempo que leva para realmente cortar esse material.

De acordo com Novaski (1991) o tempo de fabricação de uma peça inclui todos os tempos necessários para a realização da fase de usinagem. Esse tempo pode ser dividido em dois grupos gerais:

- Tempos manuais – que dependem diretamente da habilidade do operador e nos quais se incluem todos os movimentos para que o operador realize a operação de corte e a retirada da peça após a usinagem e;

• Tempos de máquinas – que dependem do rendimento da máquina, da qualidade da ferramenta, da matéria-prima que está sendo utilizada, etc. e, que começam a partir do momento em que a ferramenta toca a peça e terminam quando ela é retirada da máquina.

O ciclo de usinagem de uma peça é constituído diretamente pelas seguintes fases (FERRARESI, 1977):

- Colocação e fixação da peça na máquina-ferramenta;
- Aproximação ou posicionamento da ferramenta para o início de corte;
- Operação de corte da ferramenta;
- Afastamento da ferramenta;
- Inspeção (se necessária) e retirada da peça usinada;
- Preparo da máquina-ferramenta para a execução de um lote de peças;
- Remoção da ferramenta para afiação ou substituição;
- Recolocação e ajustagem da ferramenta em seu suporte.

Para a obtenção do tempo de ciclo total de fabricação do produto, este trabalho considerou tanto os tempos manuais como os tempos de máquina.

2.3.1 Tempos de *Setup*

Atividades de *setup* devem ser executadas todas as vezes que mudanças de produto e ou nas características do produto acarretam mudanças nas máquinas/equipamentos. O *setup* pode ser simples, ou seja, uma mera ajustagem no equipamento em funcionamento ou uma intervenção mais demorada gerando paralisação das máquinas para troca de ferramentas e/ou dispositivos.

As melhorias de *setup* normalmente obtidas dependem do tamanho do lote ou da habilidade desenvolvida pelo operador. Nos sistemas *just in time* de produção, as operações de *setup* são desenvolvidas, com resultados muito interessantes para a competitividade de uma empresa, através de uma técnica chamada SMED (*Single - Minute Exchange of Die*), o termo em inglês refere-se às técnicas para realizar operações de *setup* em um número de minutos expresso num único dígito, e que foi posteriormente “batizado” de Troca Rápida de Ferramentas (BEM, 2002).

2.3.2 *Setup* em Usinagem Pesada

Observa-se que quanto mais recursos são usados excedendo os necessários para alcançar um objetivo, recursos são consumidos e nenhum objetivo é realizado e para finalizar produtos e serviços desnecessários são realizados (MAXIMIANO, 2000).

A literatura e a prática comprovam que dentro de um processo produtivo, as atividades de set up são reconhecidas como atividades que não agregam valor. Maximiano (2000) afirma que agregar valor significa realizar operações estritamente relacionadas com a elaboração do produto. Uma atividade que não agrega valor gera desperdícios, sendo assim a redução de set up implica na redução de desperdícios.

As operações de setup em usinagem pesada possuem certas particularidades, como o tamanho dos equipamentos, que já foram discutidas anteriormente, mas somente para reforçar o fato de que uma mera operação de ajuste (aperto de placa), em usinagem leve acaba tornando-se uma intervenção maior em usinagem pesada. O porte da peça a ser usinada e sua fixação exige operações de manobras e montagem que acabam tornando-se parte do *setup*, e desta forma, não se atua na máquina, não se atua na preparação da máquina e sim na peça para o processo produtivo.

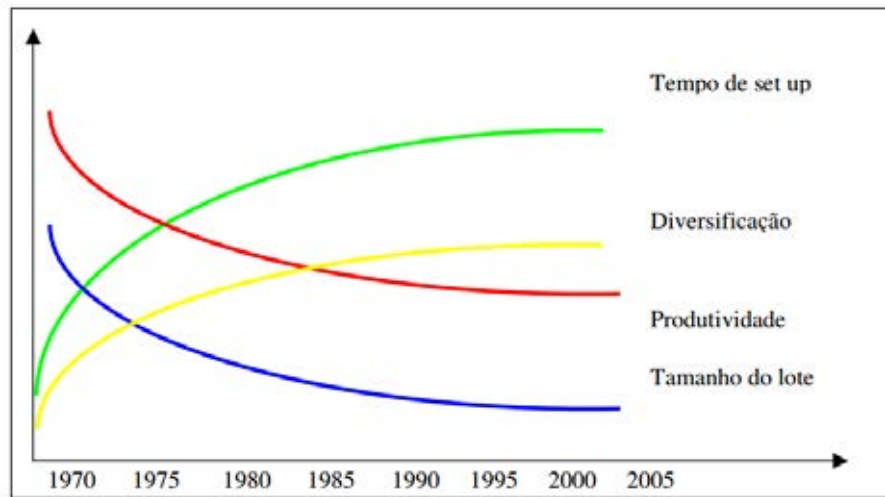
Uma mesma peça obriga a realização de mais de um *setup* para seu processo de produção seja pela capacidade de alcance da máquina (diâmetros a serem usinados) ou pelas próprias características construtivas da peça.

Uma alternativa que pode se mostrar eficiente trata do desenvolvimento de equipes de preparação de máquinas, ou equipes de *setup*.

A figura 10 representa a relação entre set up, diversificação de produtos, produtividade e tamanho de lote ao longo dos anos. Harmon e Peterson (1991) citam três fatos para justificar a importância da redução de set up de máquina:

- Quando o custo de set up de máquina é alto, os lotes produzidos também são grandes e o investimento resultante em estoques é elevado. Entretanto, se o custo de conversão é insignificante, torna-se possível produzir diariamente a quantidade estritamente necessária naquele dia, com a virtual eliminação do investimento em estoques decorrentes de grandes lotes.

Figura 10 - Relação ao longo do tempo entre setup, diversificação, produtividade e tamanho do lote



Fonte: (BATELOCHI, 2007)

- Com técnicas mais rápidas e simples de troca de ferramentas eliminam-se as possibilidades de erros na regulagem de ferramentas e instrumentos. Os novos métodos de set up, portanto, reduzem substancialmente os defeitos, ao mesmo tempo em que eliminam a necessidade de inspeção.
- Técnicas de conversão rápidas podem ser usadas para tornar disponível uma capacidade adicional da máquina. Se as máquinas estão operando de segunda a domingo, 24 horas por dia, a redução de tempo de set up possibilitará, provavelmente, um ganho de capacidade adicional, protelando-se a compra de novas máquinas.

Segundo Fonseca (2006) uma maneira de aumentar a produtividade nas operações de usinagem é minimizar o tempo total e montagens de máquinas. Isto pode ser obtido reduzindo-se o número de montagens através do aumento do tamanho do lote de peças a usinar. Ainda segundo Fonseca (2006), em empresas que trabalham com produção por encomenda, como é o caso de algumas empresas de usinagem pesada, os conceitos de tecnologia de grupo não são totalmente aplicáveis. Assim, outras formas para redução dos tempos de preparação das máquinas devem ser encontradas.

Observa-se na Figura 10 a montagem de uma das quatro partes que compõem a peça completa. A montagem ocorre com auxílio de ponte rolante, sobre as bases niveladas montadas na placa de um torno vertical. Esta equipe atua no planejamento das montagens de máquina (método de preparação, acessórios de fixação, dispositivos, equipamentos de levantamento) e auxílio ao operador na efetiva preparação. Desta forma, em processos de usinagem pesada, devido às grandes dimensões e massas das peças envolvidas, os especialistas em preparação seriam responsáveis pela diminuição do tempo de preparação e conseqüente redução do tempo total de fabricação. Na Figura 11 é mostrado o resultado final do trabalho de uma equipe de preparação de máquinas.

Figura 11 - Atuação da equipe de setup em empresa de usinagem pesada



Fonte: (ALMEIDA, 2008).

Figura 12 – Peça montada e preparada após intervenção da equipe de setup



Fonte: (ALMEIDA, 2008)

2.4 REDUÇÃO DOS TEMPOS DE FABRICAÇÃO

Reduzir o tempo de fabricação de um produto significa reduzir custos, reduzir custos é agregar maior lucratividade à atividade de manufatura, seja ela qual for. (SLACK, 2002).

Os recursos produtivos são gerenciados de forma a executar suas funções de maneira racional, sem desperdícios, e com a máxima simplicidade possível.

Para tanto, são utilizadas técnicas capazes de, isoladamente ou em conjunto, garantir a concretização desses objetivos, como por exemplo: (ALMEIDA, 2003).

- Migrar do *layout* funcional (por processo) para o *layout* por fluxo (celular):

No *layout* por fluxo ou *layout* celular o tempo de produção é menor, pois cada família de produto ou peças individuais tem sua célula de fabricação, porém necessita-se antes fazer uma avaliação para verificar se é possível fazer a mudança, pois dependendo do tamanho das peças e dos equipamentos a serem mudados pode ser caro reconfigurar o arranjo físico atual, pode requerer capacidade adicional de equipamentos e também pode reduzir os níveis de utilização de recursos.

- Sincronização e redução de filas:

Sincronizar e reduzir filas significa diminuir o tempo de ciclo do produto, ou seja, diminuir o tempo em que a matéria prima é transformada em produto acabado.

- Balanceamento de linhas:

Para produções em linha necessita-se balancear as linhas de produção a fim de maximizar os níveis de utilização dos recursos.

- Redução do tempo de transporte e movimentação de materiais:

O transporte e a movimentação de materiais na indústria são fatores que aumentam muito os tempos improdutivos, estes tempos se controlados podem reduzir o tempo de fabricação.

- Redução do tempo de preparação:

Redução do tempo de preparação de máquinas ou *setup* é fundamental nas operações de usinagem em produtos feitos sob encomenda onde a variação dos tipos de peça é alta, pois reflete diretamente no tempo final do produto.

- Otimização dos processos pela redução dos tempos produtivos:

Otimizar os processos é função da engenharia industrial, pois quanto menor for a seqüência de fabricação ou a troca de máquinas que a peça sofrer, menor será o tempo total de fabricação.

No entanto é necessário entender que o objetivo implícito é a redução do desperdício do tempo relativo às atividades de produção, que não agregam valor, como tempos de preparação, de movimentação e de filas. (ALMEIDA, 2003). A seguir são detalhadas três maneiras de reduzir os tempos de fabricação: reposição de ferramentas, redução do tempo de preparação e otimização de processos.

Os tempos de fabricação podem ser reduzidos por uma variedade de métodos.

Por exemplo, eliminar o tempo necessário para a busca de ferramentas e equipamentos, a pré-preparação de tarefas que retarda as trocas e a constante prática de rotina.

Segundo SLACK (2002), normalmente, mudanças mecânicas relativamente simples podem reduzir consideravelmente esses tempos. Para os processos de usinagem, em especial os de usinagem pesada, três itens merecem atenção especial:

2.4.1 Reposição de Ferramentas

O tempo de reposição e o custo das ferramentas podem ser consideravelmente reduzidos com a adoção de programas de gerenciamento de Ferramentas de corte.

Segundo Boehs (2002), o gerenciamento proporciona os seguintes benefícios:

- Níveis elevados de utilização de máquinas;
- Redução do tempo improdutivo pela redução no tempo de preparação das máquinas;
- Seleção ótima de ferramentas e compras industriais otimizadas;

Outros benefícios, de acordo com Turino (2001), são:

- Redução na variedade e quantidade de ferramentas usadas devido à retirada de itens obsoletos, ou inadequados;
- Fornecimento *just in time* de ferramentas para as máquinas;
- Incremento na qualidade dos produtos e disponibilidade imediata das informações;
- Adequação aos requisitos das normas *ISO*.

Para garantir esses benefícios, o gerenciamento deve se concentrar, simultaneamente e de forma integrada, as seguintes questões: (FONSECA, 2006).

- Planejamento estratégico (padronização e redução dos estoques de ferramentas, diminuição de variedades, compra de ferramentas, redução dos componentes em estoque e acompanhamento preciso do consumo);
- Planejamento logístico (armazenamento das ferramentas, manutenção, preparação, montagens/pré-ajustagem/desmontagem e o transporte até a máquina ferramenta).
- Planejamento técnico (análise do produto e definição das ferramentas a serem utilizadas e determinação dos parâmetros de corte).

Em seu estudo, Boehs (2002), constatou que a constituição de uma equipe responsável pela administração de ferramentas e a correta gestão deste recurso significa uma importante redução nos custos de fabricação, que chegou a até 75%.

2.4.2 Preparação de Máquina

Uma das maneiras de aumentar a produtividade nas operações de usinagem é minimizar o tempo total de montagens de máquina. Isso pode ser obtido reduzindo-se o número de montagens com o aumento do tamanho do lote e de peças a usar. Outra maneira de minimizar o tempo de montagem é selecionar a seqüência de lotes, de modo a se obter o menor número de ajustes da máquina.

Os conceitos de tecnologia de grupo, neste caso, procuram aumentar a eficiência da produção pelo agrupamento de peças similares.

No entanto, em empresas que trabalham com produção por encomenda, como é o caso de algumas empresas de usinagem pesada, os conceitos de tecnologia de grupo não são totalmente aplicáveis. Assim devem ser encontradas outras formas para a redução dos tempos de preparação das máquinas.

Uma alternativa que pode mostrar-se eficiente trata-se do desenvolvimento de equipes de preparação de máquinas, ou equipes de *setup*.

2.4.3 Otimização de Processo

Diminuir os tempos de usinagem significa otimizar a produção diária de peças. Uma análise do processo permite a redução desses tempos com a escolha correta da ferramenta, utilização de avanço e profundidade de corte coerente com a capacidade da máquina ferramenta, utilização adequada do fluido de corte, etc. (FONSECA, 2006).

Alguns trabalhos tratam da otimização dos parâmetros de corte para o sistema máquina – ferramenta – peça envolvido de forma a adaptar a velocidade de corte dentro do intervalo de máxima eficiência (IME). Ou seja, com base nas condições de máxima produção e de mínimo custo. A otimização da velocidade de corte pela determinação do IME em ambiente fabril pode apresentar redução significativa dos tempos de corte, com conseqüente redução dos custos. (BAPTISTA, 2002).

2.5 REDUÇÃO DOS TEMPOS DE *SETUP*

Menor tempo de preparação de máquina pode representar um diferencial competitivo para as indústrias.

Atrasos nos tempos de *setup* podem reduzir consideravelmente os índices de produtividade de uma fábrica. Quanto maior for o tempo de *setup*, maior será também o tempo de máquina parada – e, portanto, improdutiva.

Embora possa parecer menos importante do que a fabricação em si, esta operação exige cuidados específicos e muita atenção. Uma preparação de máquina mal feita pode

resultar em peças com defeito, que deverão voltar ao processo anterior para uma possível reparação, ou ainda em peças com falhas, que serão descartadas. Situações como estas representam perda de tempo útil para as indústrias, pois o operador, que poderia estar envolvido em outras atividades, terá que refazer a operação. Além disso, perde-se também em tempo de produção, já que a máquina ficará parada em parte do *setup*.

Para evitar que isso aconteça, o momento de preparação de uma máquina para uma nova etapa de produção deve ser cuidadosamente planejado. Fatores que podem prolongar o tempo de *setup*, como indefinições em relação ao trabalho que o montador deve executar e outros imprevistos, devem ser minimizados sempre que possível. A adoção de algumas medidas simples pode gerar, a curto prazo, uma redução de até 75% no tempo do *setup* de uma máquina, enquanto que, no médio ou longo prazo, esse índice pode subir para quase 90%.

A primeira etapa de um planejamento eficiente de *setup* consiste em separar as atividades externas das atividades internas deste processo.

Como atividades externas entendem-se todas aquelas que podem ser feitas enquanto a máquina ainda está trabalhando em outro produto – ou seja, tarefas que podem ser realizadas sem a necessidade de se interromper a produção. Entre elas está a seleção das ferramentas, dos dispositivos a serem fixados e da matéria-prima que será utilizada na nova produção.

Já as atividades internas são aquelas que só podem ser executadas com a máquina parada, como a remoção e montagem de dispositivos. Para que os equipamentos só permaneçam parados durante o *setup* interno, todas as atividades externas devem ser executadas antecipadamente. Além disso, sempre que possível deve-se transferir as atividades internas para a condição de externas; esta estratégia também ajuda a otimizar o processo.

Uma das maneiras de identificar quais tarefas podem ser aprimoradas no processo de *setup* é investir na realização de testes contínuos, já que sempre há melhorias a fazer. Medir previamente as dimensões das ferramentas e dos materiais que serão usinados é uma das atividades que podem ajudar a reduzir o tempo de *setup*, pois dessa forma não haverá necessidade de se fazer ajustes no momento da montagem.

2.5.1 Ferramentas Preparadas

Muitas vezes, na hora de preparar a máquina para um novo produto, o operador seleciona uma ferramenta que não reúne as condições adequadas para aquela aplicação, tendo depois que interromper seu trabalho para ir ao almoxarifado buscar uma nova. Este imprevisto pode ser evitado se todas as ferramentas que serão utilizadas no processo de *setup* estiverem em boas condições.

Por ser um ponto crítico do processo de usinagem, o *setup* deve ser planejado com cautela para que todos os componentes e recursos necessários estejam prontos e em mãos no instante da montagem.

2.5.2 Estratégias para Otimização

Para fábricas que trabalham com centros de usinagem ou tornos – máquinas que permitem a armazenagem de inúmeras ferramentas por vez em seus magazines – uma boa dica é deixar programado na memória da máquina ferramentas reservas. Assim, se uma determinada peça requer o uso de 20 ferramentas diferentes para ficar pronta, a capacidade restante de suportes do magazine pode ser equipada com ferramentas reservas.

Se uma das ferramentas em operação estiver desgastada, pode ser rapidamente trocada pela ferramenta reserva, sem a necessidade de interromper a produção por muito tempo. Outro ponto importante a ser considerado é a programação da seqüência dos produtos a serem usinados. Esta deve ser definida por meio de grupos de afinidades, ou seja, as peças que possuem características comuns e que utilizam praticamente os mesmos dispositivos de máquina devem ser usinadas em seqüência, deixando as peças que têm características diferentes para serem usinadas depois, já que estas exigirão a troca de dispositivos.

2.5.3 Eliminando Ajustes

A necessidade de efetivar ajustes no equipamento é outro fator que pode atrasar o processo de *setup*. Por este motivo, a fábrica deve eliminar o maior número de ajustes

possível. Isso se faz re-projetando ferramentas e dispositivos usados para centralizá-las, o que permite reduzir o número de ajustes manuais que costumam consumir bastante tempo.

Uma solução é utilizar de ferramental fixo, que dispense ajustes manuais. Outra saída é utilizar um pino cilíndrico com um de seus furos diamantado. Este formato permite que os dois furos sejam encaixados ao mesmo tempo, ajuste que é difícil de ser feito quando os dois orifícios são apenas cilíndricos.

Deve-se pensar no *setup* também ao programar a seqüência de usinagem das peças. Agrupando peças por famílias de similaridade, é possível reduzir os ajustes na máquina de uma peça para outra. Nestes casos, ao invés de se trocar o dispositivo de fixação cada vez que uma nova peça entra em usinagem, é possível utilizar um dispositivo-base, onde apenas as ferramentas devem ser trocadas. Isto facilita o trabalho, principalmente quando consideramos que os dispositivos são componentes pesados que muitas vezes exigem o uso de pontes rolantes ou sistemas tipo guindaste para serem trocados e transportados.

A propósito, quando a remoção de um dispositivo é necessária, a utilização de dois carrinhos também pode otimizar este processo. Neste caso, um carrinho ou empilhadeira remove primeiro o dispositivo antigo, transporta-o até o estoque, e só então retorna com o novo dispositivo para a máquina. Uma solução seria a utilização de um carrinho extra – enquanto o primeiro retira e transporta o dispositivo que não mais será utilizado, um segundo carrinho traz o item novo para ser posicionado, ganhando tempo de produção.

Estas são algumas medidas simples, mas que juntas, podem reduzir drasticamente os tempos de *setup* e aumentar os índices de produtividade de sua fábrica.

2.6 OBJETIVOS DA PRODUÇÃO

Slack (1999) coloca que qualquer organização que deseje ser bem sucedida a longo prazo deve contribuir com a função produção, pois essa é vital para a empresa. Para que seja possível essa contribuição deve-se ter em mente que é preciso conhecer os cinco “objetivos básicos de desempenho”, para que se possa obter uma vantagem baseada na produção.

- Fazer certo as coisas: Isto é não cometer erros. Se a produção for bem sucedida em proporcionar isso, estará dando uma vantagem de qualidade para a empresa.
- Fazer as coisas com rapidez: Minimizar o tempo entre o consumidor solicitar os bens e serviços e recebê-los. Com isso a empresa assegura a vantagem da rapidez.
- Fazer as coisas em tempo: Manter a entrega assumida com seus consumidores. Com isso proporciona aos consumidores a confiabilidade.
- Mudar o que faz: Estar em condições de mudar ou de adaptar as atividades de produção para enfrentar circunstâncias inesperadas. Isso confere à empresa flexibilidade.
- Fazer o mais barato possível: Produzir bens a custo que possibilite fixar preços apropriados ao mercado e ainda permitir retorno para a organização.

A fim de se alcançar esses objetivos de produção, podem ser utilizadas diversas técnicas e ferramentas, como por exemplo a Manufatura Enxuta, Kanban, Kaizen Jidoka, Manutenção Produtiva Total (TPM) e Troca Rápida de Ferramentas (TRF) e etc.

Algumas destas técnicas não são aplicadas por muitas empresas, mas naquelas que aplicam foram alcançados excelentes resultados com investimentos relativamente baixos. Não é obrigatório que as empresas adotem essas técnicas, mas no atual cenário de alta competitividade, principalmente em relação à qualidade e custos de produção em que vivem as empresas do setor metal mecânico, é fundamental que haja um esforço para aplicação dessas técnicas, as quais podem trazer inúmeros benefícios como, por exemplo, gestão mais eficiente dos recursos e atividades que envolvem a usinagem de peças, além de maior eficiência de produção.

2.7 LAYOUT

O layout é um importante instrumento para alavancar a competitividade, é através da disposição do ambiente que pode-se agilizar ou atrapalhar a execução dos trabalhos.

A implantação do layout compreende uma sequência lógica de estratégias para melhorar o desempenho da organização. Segundo Krajewski e Ritzman (1999), os

planejadores de arranjo físico estão sempre em busca de alternativas com materiais, produtos, processos, informações e pessoas, para difundirem melhor os processos de trabalho e alcançar desempenho ótimo da organização.

2.8 5S

Concebido por Kaoru Ishikawa em 1950 (IPEM-SP, 2006), após a 2ª Guerra Mundial o 5S é um método de gestão da qualidade com raízes japonesas.

Estávamos em uma época que o país precisava se estruturar e melhorar a produção para competir no mercado, pois neste período as fabricas se encontravam em total desorganização. Essa metodologia de trabalho que busca promover a disciplina na empresa através da consciência e responsabilidade de todos de forma a tornar o ambiente de trabalho agradável, seguro e produtivo.

O importante de ser lembrado ao se implantarem os 5S é que a simples tradução de seus termos para o português desperdiça muito de seu significado, já que o sistema de escrita japonês é diferente do nosso. É devido a isso que colocamos a palavra *senso* antes de cada S: indica que o termo transcende a simples tradução. (AFA ADMINISTRAÇÃO, 2008)

Cada *senso* visa a delinear técnicas eficientes e eficazes voltadas à redução de custos, otimização de recursos materiais, tecnológicos e humanos e combate de desperdícios (GOMIERO, 2007).

Trata-se de um processo educacional que muitas vezes é introduzido como base para outros instrumentos de gestão. Os objetivos são transformar o ambiente das organizações e a atitude das pessoas, melhorando a qualidade de vida dos funcionários, diminuindo desperdícios, reduzindo custos e aumentando a produtividade das instituições (IPEM-SP, 2006)

A partir desta denominação surgiram então os 5“S” que são representados da seguinte forma:

SEIRI= senso de seleção, utilização, descarte, arrumação;

SEITON= senso de ordenação, organização, sistematização;

SEISOH= senso de limpeza, zelo;

SEIKETSU= senso de saúde, higiene, asseio;

SHITSUKE= senso de autodisciplina, educação, ordem mantida, comprometimento.

Segundo Kaoru Ishikawa, as empresas devem começar a reestruturar-se a partir da uma varredura, e os princípios do Programa 5 “S”, encaixam-se perfeitamente nesta etapa, pois além de ocasionarem a inicialização de mudança comportamental, organizam literalmente toda a empresa.

A implementação do Programa 5 “S” teoricamente parece de fácil execução, pois trabalha tópicos de convivência diária dos funcionários de uma empresa como: tomar banho todos os dias, deixar o local de trabalho o mais limpo e organizado possível, ter em mãos somente o que é de uso necessário, além de outros, o que na maioria das vezes podem ser caracterizados como paradigmas a um padrão correto. Baseado nestes fatos nota-se que a complexidade do programa é muito maior, envolvendo uma grande mudança de comportamento, força de vontade constante e dedicação.

Definição: Podemos caracterizar os 5 sentidos da seguinte maneira:

Senso de Utilização: Em sentido restrito, para facilitar as primeiras ações, refere-se ao descarte dos objetos e dados que não são úteis ao fim desejado. Em sentido amplo refere-se à eliminação de tarefas desnecessárias; excesso de burocracia e desperdícios de recursos em geral.

Senso de Ordenação: Refere-se à disposição sistemática dos objetos e dados, bem como a uma excelente comunicação visual que facilite o acesso rápido aos mesmos, além de facilitar o fluxo das pessoas;

Senso de Limpeza: Cada pessoa deve limpar a sua própria área de trabalho e, sobretudo, ser conscientizada para as vantagens de não sujar;

Senso de Saúde: Refere-se à preocupação com a própria saúde nos níveis físico, mental e emocional;

Senso de Autodisciplina: Quando, sem a necessidade de estrito controle externo, a pessoa segue os padrões técnicos, éticos e morais da organização onde trabalha, ter-se-á atingido esse senso” (SILVA, 1994, p. 15, apud VIVAN; FRIES; ZANOTELLI, 1998, p. 4).

Este programa é uma das metodologias mais recomendadas para introdução de um sistema de qualidade, pois atua principalmente na eliminação de desperdícios, comuns ao povo brasileiro; alteração de mentalidade; interação patrão/empregado/cliente e estimula a

reflexão sobre a necessidade da qualidade de produtos, serviços e principalmente, qualidade de vida.

2.9 GERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS

Consultando o site Usinagem on line a reciclagem de metal duro utilizado nas ferramentas de corte começa a ganhar mais destaque no cenário mundial neste momento em que o mundo busca cada vez mais alternativas para reduzir o impacto ambiental, através da redução da extração de minerais da natureza e destinação ambientalmente correta. Além disso, pelo crescente valor econômico que a sucata de metal duro alcançou nos últimos anos. (BRAGA, 2005)

De acordo com o portal CIMM as empresas adeptas a esse procedimento também inibem o comércio ilegal de pastilhas de metal duro usadas, que são compradas como sucata e após recuperação grosseira, vendidas como material legítimo e novo. Com o aumento dos preços do tungstênio e o temor gerado por possíveis novas ações de controle de exportação por parte do governo Chinês, os fabricantes resolveram investir também nesse campo, até como garantia de sobrevivência no mercado.

Hoje, uma ferramenta de metal duro, pode conter cerca de 20% de material reciclado em sua composição, sem prejuízo de suas características, como resistência mecânica ou ao desgaste. Já um inserto de metal duro usado contém 97% do metal duro original. (USINAGEM ON LINE)

Com a utilização de metal duro reciclado é possível reduzir o consumo de energia em cerca de 75%, com uma diminuição aproximada de 40% das emissões de dióxido de carbono. (USINAGEM ON LINE)

A reciclagem de sucata é alta em vários países, ficando em torno de 35 a 40%, como média global. Uma empresa que investe no uso de matéria-prima reciclada é a Sandvik, que desde a década de 90 mantém um amplo programa de reciclagem de ferramentas de metal duro em âmbito global. Resultado deste programa, hoje, cerca de 40% do tungstênio utilizado na fabricação das suas ferramentas são originados de material reciclado. (USINAGEM ON LINE)

As empresas em geral possuem metodologias diferentes para cada atividade que envolve o gerenciamento de ferramentas de usinagem, contudo a maior parte delas obtém

resultados muito bons. Isto acontece porque a maneira como cada empresa procede para cada atividade depende do tipo de produto que a empresa fabrica, tamanho dos lotes de fabricação, tipos de leiaute empregados no chão de fábrica, qual software de gestão a empresa utiliza, entre outros fatores.

Durante muito tempo o destino mais provável para as ferramentas de metal duro usadas eram as caçambas de cavaco. Sob a ótica atual da sustentabilidade, um desperdício absurdo de recursos naturais não renováveis, pois são compostas de materiais de alto valor, como cobalto, níquel, tântalo e, especialmente, tungstênio.

Atualmente essa prática não foi totalmente eliminada, mas são desenvolvidas muitas ações de coleta dessas ferramentas para que as sucatas de metal duro sejam depositadas em recipientes adequados, armazenadas e destinadas à reciclagem. Senão para preservar os recursos naturais do planeta, pelo crescente valor econômico que a sucata de metal duro alcançou nos últimos anos. Seguindo as leis da oferta e procura, o preço dobrou nos dois anos anteriores à crise internacional.

2.10 POKA YOKE - DISPOSITIVOS À PROVA DE ERROS

O conceito do Poka Yoke foi tratado inicialmente por Shingo (1992), verificando que as características de controle em um determinado produto eram conduzidas através de três técnicas baseadas em inspeção: inspeção por julgamento, inspeção informativa e inspeção na fonte.

Na inspeção por julgamento, os produtos com defeito são separados dos produtos bons após o processamento, em geral através de amostragem, revelando alguns defeitos antes da entrega, mas não diminuindo o índice de defeitos verificados.

Na inspeção informativa, dá-se o passo seguinte, ou seja, investigam-se estatisticamente as causas dos defeitos e essas informações são transmitidas aos processos apropriados a fim de serem tomadas medidas para reduzir os defeitos. No entanto, com

muita frequência, essas informações demoram a chegar na origem do problema, o que faz com que os defeitos continuem a ser produzidos.

Um dispositivo Poka Yoke dentro da manufatura tem como funções básicas a paralisação de um sistema produtivo (máquina, linha, equipamento etc.); o controle de características pré-estabelecidas do produto e/ou processo e a sinalização quando da detecção de anormalidades. Tais funções básicas são utilizadas para prevenir um defeito, impedindo a sua ocorrência ou detectando-o após o seu evento, podendo, assim, serem classificadas como (Moura & Banzato, 1996) Função Reguladora ou Mecanismos de Detecção.

Os dispositivos PokaYoke tem como principais objetivos dentro de um sistema de manufatura:

a) método de controle: são métodos que, na ocorrência de anormalidades, paralisam o equipamento ou interrompem a operação, evitando, assim, a ocorrência ou reincidência de defeitos;

b) método de alerta: são métodos que, na ocorrência de anormalidades, ativam sinais luminosos ou sonoros de alerta, indicando a necessidade de providências sem, contudo, paralisar o equipamento ou interromper a operação;

c) métodos de posicionamento: elaboração de dispositivos que permitem a condução da operação somente quando do posicionamento correto do conjunto de elementos nela envolvidos, impedindo fisicamente que o conjunto seja montado de forma inadequada;

d) métodos de contato: estão baseados na liberação da condução de uma operação a partir do contato de sistemas de sensores que indicam condição adequada para operação;

e) métodos de contagem: por meio da contagem de elementos, verificam as características de conformidade do conjunto, alertando no caso de detecção de anormalidades e impedindo a continuidade da operação;

f) métodos de comparação: utilizando dispositivos que possibilitem comparação de grandezas físicas (temperatura, pressão, torque etc.), impedem a continuidade da operação quando da detecção de anormalidades.

2.11 TREINAMENTOS

A necessidade de rever as políticas e ações de capacitação de profissionais e treinamentos, surge à medida que as empresas se tornam mais competitivas e atuantes, auxiliando na sobrevivência e no crescimento da organização.

Treinamento é um processo de assimilação cultural a curto prazo, que objetiva repassar ou reciclar conhecimentos, habilidades ou atitudes relacionadas diretamente a execução de tarefas ou à sua otimização no trabalho. (MARRAS, 2009, p. 145).

Com essa realidade a aplicação de treinamentos deve ser utilizado pelas empresas tem a intenção de desenvolver pessoas, além de desenvolver habilidades, ampliar e reciclar as já existentes.

Para Chiavenato (2008) o treinamento é um processo de curto prazo aplicado de maneira sistemática e organizada através do qual as pessoas aprendem conhecimentos, habilidades e competências em função de objetivos definidos. O treinamento envolve a transmissão de conhecimentos específicos relativos ao trabalho, atitudes frente aspectos da organização, da tarefa e do ambiente e desenvolvimento de habilidades e competências.

2.12 CONTROLE DE PRODUÇÃO

É através do controle da produção que é verificado o cumprimento das metas referentes a que produzir, quanto e para quando produzir. Ele atua comparando a rotina entre o que está determinado a se produzir nas ordens de fabricação e o que realmente esta sendo produzido na pratica. Quando se detecta divergências entre o programado e o produzido solicita providencias e acompanha o cumprimento destas.

Pitkowski (1987, p. 76) expõe que o Controle da Produção é a verificação de que a fabricação cumpre o que determina o programa de produtividade, com relação a:

- Produto especificado;
- Quantidade solicitada;
- Prazo previsto.

O controle de produção acompanha, avalia e regula as atividades produtivas, para mantê-las dentro do que foi planejado e assegurar que atinjam os objetivos pretendidos. Depois de elaborado o Plano de Produção, emitidas as ordens e liberados os recursos, todos os órgãos produtivos de assessorias passam a funcionar integradamente, mas ele precisa ser controlado, para que se assegure que aquilo que foi planejado está sendo executado e que os objetivos estão sendo alcançados. Trata-se de garantir a eficiência e a eficácia do sistema (CHIAVENATO, 1990, p. 84).

Compete a atividade de controlar a produção acompanhar, monitorar, verificar e avaliar continuamente as atividades produtivas da empresa e sua correlação com os outros fatores tais como: os prazos de entrega, compras, excesso ou escassez de matérias-primas, logística e estoques dos produtos acabados ou semi acabados, reposição para os produtos defeituosos entre outros fatores. Tudo isto torna o controle da produção a fase do PPCP que mais se relaciona com os outros setores da empresa.

De maneira geral, existem três grupos de recursos necessários ao atendimento de um programa de produção: máquinas, mão-de-obra e materiais. O PCP através da programação da produção, antes de liberar as ordens, verifica a disponibilidade destes recursos e, uma vez identificada a existência dos mesmos, libera as ordens para os setores produtivos.

Para Tubino (2000) é a partir desse ponto que o programa emitido é acompanhado e controlado pelo PCP através das seguintes funções:

- Coleta e registro de dados sobre o estágio das atividades programadas;
- Comparação entre o programado e o executado;
- Identificação dos desvios;
- Busca de ações corretivas;
- Emissão de novas diretrizes com base nas ações corretivas;
- Fornecimento de informações
- produtivas aos demais setores da empresa (finanças, engenharia, marketing, recursos humanos, etc);
- Preparação de relatórios de análise de desempenho do sistema produtivo

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para Lakatos e Marconi (2001) a metodologia é a explicação minuciosa, detalhada, rigorosa e exata de toda ação desenvolvida no método (caminho) do trabalho de pesquisa. É a explicação do tipo de pesquisa, dos instrumentos utilizados, do tempo previsto, das formas de tabulação e tratamento dos dados, enfim, de tudo aquilo que se utilizou no trabalho de pesquisa

3.1 PROPOSTA DE INVESTIGAÇÃO

A proposta dessa investigação será realizar um estudo que, através de levantamento de dados, comprove que há aumento da produtividade e redução de perdas e desperdícios por meio da implantação de metodologias e ferramentas organizacionais no processo de usinagem do Braço da Caçamba L580 e no setor que a operação se realiza.

3.2 REVISÃO DO TIPO DE PESQUISA

De acordo com Gil (1999) a pesquisa tem por definição o processo formal e sistemático de desenvolvimento do processo científico, e seu objetivo é obter as respostas para as propostas de investigação empregando métodos científicos.

Para que seja possível investigar o aumento de produtividade e redução de perdas diante da aplicação de ferramentas metodológicas optou-se por uma pesquisa qualitativa, pois de acordo com Shaw (1999) a pesquisa qualitativa proporciona ao pesquisador a compreensão de um tema de investigação a partir da perspectiva dos atores envolvidos com o estudo.

A importância desse estudo é dado por Petigrew (1992) que enfatiza o uso desta pesquisa quando se pretende estudar o fenômeno de forma contextualizada e aprofundada.

Será utilizado o método do estudo de Caso que é um método qualitativo que consiste, geralmente, em uma forma de aprofundar uma unidade individual. Ele serve para

responder questionamentos que o pesquisador não tem muito controle sobre o fenômeno estudado.

Conforme Yin (2001) o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que compreende um método que abrange tudo em abordagens específicas de coletas e análise de dados.

Este método é útil quando o fenômeno a ser estudado é amplo e complexo e não pode ser estudado fora do contexto onde ocorre naturalmente. Ele é um estudo empírico que busca determinar ou testar uma teoria, e tem como uma das fontes de informações mais importantes, as entrevistas. Através delas o entrevistado vai expressar sua opinião sobre determinado assunto, utilizando suas próprias interpretações.

3.3 CARACTERÍSTICAS METODOLÓGICAS DO ESTUDO

Lakatos e Marconi (1990) colocam que toda a pesquisa implica no levantamento de dados de variadas fontes, onde o primeiro passo é a pesquisa documental (fontes primárias) e pesquisa bibliográfica (fontes secundárias). A pesquisa documental ou de fonte primária é coleta de dados que está restrita a documentos que serão obtidos dentro da empresa em relação à redução de tempos de Setup e pesquisa bibliográfica.

Para o levantamento das práticas de melhoria e seus resultados foram registrados a situação inicial e final da área de Usinagem do braço da Braço da Caçamba L580, de acordo com a aplicação dessas metodologias e ferramentas organizacionais. As ações propostas foram elaboradas por uma equipe de melhoria contínua que ficava responsável por pesquisar soluções adequadas ao processo e aos resultados que desejavam obter.

Ainda com Lakatos e Marconi (1990) fazem parte da pesquisa bibliográfica ou de fontes secundárias abrange toda fonte bibliografia publicada em relação ao tema de estudo seja livros, pesquisas monografias e dissertações. Para Manzo (1971:32 apud Lakatos e Marconi 1990) a pesquisa bibliográfica “oferece meios para definir, resolver, não somente problemas já conhecidos, como também explorar novas áreas onde os problemas não se

crystalizaram suficientemente”. Não se trata de repetição do que já foi dito, mas sim uma investigação sob um novo enfoque ou abordagem (Lakatos e Marconi 1990).

Vergara (2000) nos atenta a questão dos procedimentos técnicos de investigação, chamando a atenção para a pesquisa bibliográfica que procura explicar o problema por meio de materiais já constituídos, seja estes livros ou artigos científicos.

A pesquisa visa avaliar o antes e depois da aplicação das metodologias e ferramentas organizacionais e seus impactos na qualidade do trabalho e do ambiente.

Os resultados sobre os tempos de usinagem foram coletados na mandriladora Speedram (figura 13), o equipamento utilizado no setor de usinagem e é uma máquina de perfuração/fresagem de coluna móvel, com fuso horizontal dentro do qual desliza uma barra perfuradora (eixo W). O fuso e a barra perfuradora estão contidos no êmbolo (ou árvore) que por sua vez está contida dentro do cabeçote que se move verticalmente (eixo Y) nas guias da coluna. A coluna é firmemente presa em sua parte inferior ao carrinho horizontal que desliza horizontalmente (eixo X) nas guias de base.

O operador possui seu local de trabalho no estrado localizado na lateral do cabeçote e pode ser fixado a este cabeçote ou pode ser independente. No estrado está o painel. É possível organizar o painel como um painel pendente.

O transportador de cavacos está localizado entre a base e o plano de trabalho ou a mesa rotatória. O tanque de resfriamento pode se localizar próximo a este último.

Suas dimensões são de vinte e dois metros no eixo X (comprimento), cinco metros no eixo Y (altura) e aproximadamente um metro e meio no eixo Z (profundidade). Com estas dimensões, esta máquina pode suportar o peso das peças que precisa produzir, realizando com excelência as operações de usinagem.

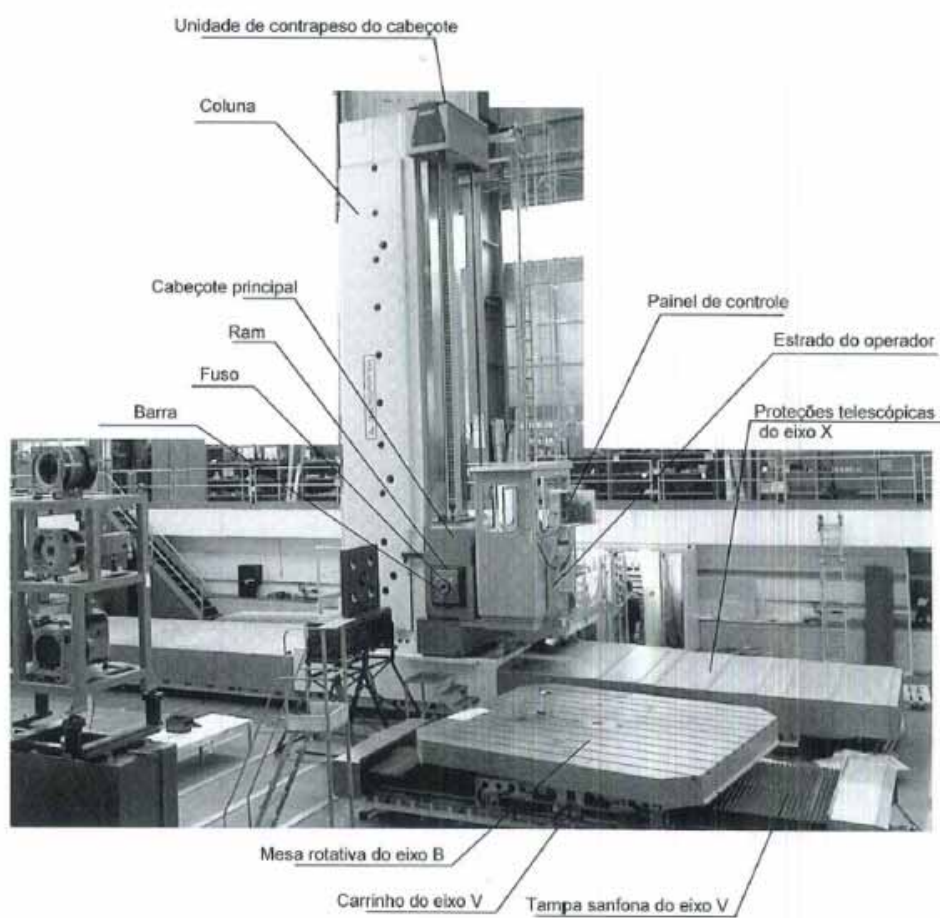
O foco principal deste trabalho é a redução do tempo de setup, melhorias e tomadas de tempo foi o Braço da Pá carregadeira L580 na mandriladora CNC PAMA Speedram 3000.

Durante a operação de mandrilamento, era realizada a usinagem do Braço da pá carregadeira L580, que pertence a um equipamento com características robustas de trabalho com uma carga de tombamento: 18.000 kg, capacidade da caçamba: 5,0 m³, peso operacional: 24.580 kg e potência do motor: 200 kW / 272 CV que tem sua aplicação voltada à mineração.

Para a coleta dos dados foram implantados formulários de controle de produção e a partir dos dados coletados gerados gráficos e planilhas, que serão apresentados nos resultados e comentários.

O antes e depois foram realizados com o auxílio de fotografias retiradas durante o processo de melhoria e a manutenção dos resultados foi feita através de treinamentos e capacitação dos funcionários.

Figura 13 - Mandriladora CNC PAMA Speedram 3000



4. RESULTADOS E COMENTÁRIOS

4.1 CONTROLE DOS TEMPOS DE USINAGEM NA LIEBHERR BRASIL

Afim de controlar os tempos empregados no processo de usinagem, a empresa Liebherr Brasil GMO Ltda implantou o formulário de registro dos tempos de usinagem.

No formulário de Controle de Produção (Figura 14), o preenchimento ser feito colocando o turno do trabalho, plano da peça, nome da peça e para qual máquina esta está destinada e identificar as operações de *Setup*, Usinagem e Retrabalho, identificando o tempo decorrido de cada operação, bem como as paradas ocorridas nesse intervalo de tempo, dividindo essas paradas em Operacionais, Programadas e de Manutenção.

Figura 14 - Formulário para Controle da Produção: Usinagem - PAMA

LIEBHERR BRASIL		Formulário de Controle da Produção Usinagem - PAMA									
Data	___/___/___	Turno		RG							
Plano	Máquina	Peça	Nº Máquina	Op. [S / U / R]	Fase [A/B/C]	Início	Término	Parada	Início	Término	

1 - CURSOS E TREINAMENTO	8 - AS. INSPEÇÃO QUALIDADE	15 - REFEIÇÃO	22 - MANUTENÇÃO ELÉTRICA
2 - AUDITORIA	9 - FALTA DE INSTRUMENTO	16 - FALHA OPERACIONAL	23 - MANUTENÇÃO MECÂNICA
3 - PREVENTIVA	10 - TRANSPORTE	17 - LIMPEZA E CONSERVAÇÃO	24 - OPERADOR DESLOCADO
4 - REUNIÃO GERAL	11 - SOLDA	18 - MOTIVO PESSOAL	25 - FALTA ÓLEO / REFRIG.
5 - INVENTÁRIO	12 - FALTA DE PROCESSO	19 - AJUSTES OP. MÁQUA	26 - FALTA DE AR COMPR.
6 - BOM DIA	13 - ALTERAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO	20 - REUNIÃO OPERACIONAL	
7 - CAFÉ	14 - FERRAMENTAL	21 - FALTA DE ENERGIA	

Observações: _____

O levantamento desses dados torna possíveis ações de identificação e melhoria de processo. Com esse preenchimento passa-se a ter conhecimento de informações importantes como os motivos das paradas operacionais, além do início e término de cada

operação e se torna possível obter a produtividade de cada turno e de cada funcionário, fornecendo assim os tempos totais, tempo exato de cada peça e de cada máquina, operação de *Setup*, usinagem e retrabalho. Este controle facilita a análise e estudo dos tempos de fabricação das peças produzidas na PAMA, de modo a identificar as perdas que ocorrem, conforme observamos na planilha eletrônica na Figura 15.

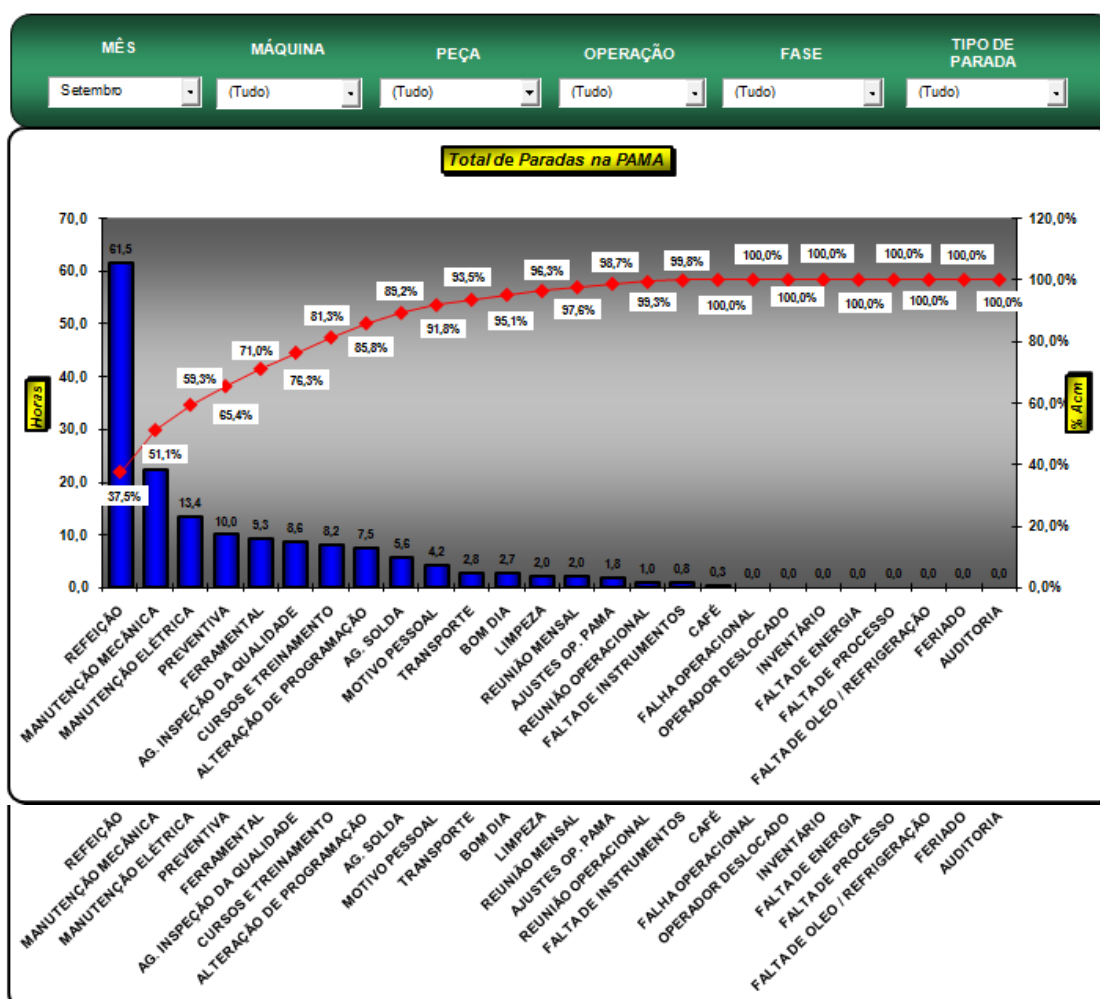
Figura 15 – Planilha Eletrônica do controle de Produção

CONTROLE DA PRODUÇÃO - LIEBHERR PAMA									
Mês		Máquina		Peça		Fase		Operação	
Março		(Tudo)		(Tudo)		(Tudo)		(Tudo)	
Dia	UTILIZAÇÃO			PARADAS OPERACIONAIS			MO	TEMPO TOTAL [horas]	
	Meta	Real	Farol	Meta	Real	Farol			
1	85.0%	85.5%	●	17.7%	13.1%	●	MG9000405	11.17	
2	86.0%	80.6%	●	17.7%	19.4%	●	MO0030430	8.07	
3	86.0%	83.3%	●	17.7%	16.7%	●	MO0030429	7.75	
4	86.0%	87.5%	●	17.7%	12.5%	●	MCC002095	17.50	
5	86.0%	88.9%	●	17.7%	11.1%	●	MO0030110	7.00	
6	86.0%	72.7%	●	17.7%	21.2%	●	MO0030709	4.00	
7	86.0%	84.7%	●	17.7%	15.3%	●	MO0030707	2.50	
8	86.0%	87.5%	●	17.7%	12.5%	●	MG9000100	8.00	
9	86.0%	79.2%	●	17.7%	20.8%	●	MO1001375	10.33	
10	86.0%	83.9%	●	17.7%	5.6%	●	MO0027544	48.42	
11	86.0%	73.0%	●	17.7%	13.9%	●	MO0027541	13.67	
12	86.0%	81.3%	●	17.7%	16.0%	●	MO0029504	4.57	
13	86.0%	87.5%	●	17.7%	11.1%	●	MO0027517	19.58	
14	86.0%	74.3%	●	17.7%	25.7%	●	MO0030433	5.17	
15	86.0%	83.0%	●	17.7%	17.0%	●	MO0027513	19.50	
16	86.0%	86.1%	●	17.7%	13.9%	●	MO0029509	1.50	
17	86.0%	84.9%	●	17.7%	15.2%	●	MO1000200	1.42	
18	86.0%	84.0%	●	17.7%	16.0%	●	MO0027534	25.17	
19	86.0%	82.0%	●	17.7%	15.8%	●	MO0030708	5.50	
20	86.0%	86.5%	●	17.7%	13.6%	●	MO0030706	4.17	
21	86.0%	82.6%	●	17.7%	17.4%	●	MO1000205	1.50	
22	86.0%	73.6%	●	17.7%	22.2%	●	MO0030705	6.67	
23	86.0%	82.1%	●	17.7%	17.9%	●	MO1002482	3.00	
24	86.0%	86.6%	●	17.7%	13.2%	●	MO0030107	3.67	
25	86.0%	73.6%	●	17.7%	26.4%	●	MO0024257	4.67	
26	86.0%	79.9%	●	17.7%	20.1%	●	MO1000278	4.25	
27	86.0%	74.3%	●	17.7%	25.7%	●	MO1000210	1.42	
28	86.0%	84.0%	●	17.7%	11.1%	●	MO0027598	41.00	
29	86.0%	81.0%	●	17.7%	13.4%	●	MO0024251	9.50	
30	86.0%	100.0%	●	17.7%	0.0%	●	MO0027710	5.33	
31	86.0%	100.0%	●	17.7%	0.0%	●	MO0027701	4.08	

TOTAL DE PEÇAS PRODUZIDAS	TEMPO [hrs]
54	486.73
	9,01

A partir dos dados alimentados na planilha eletrônica acima, obtêm-se o total de paradas no equipamento utilizado, a mandriladora PAMA conforme vemos na Figura 16.

Figura 16 – Gráfico gerado a partir da planilha eletrônica

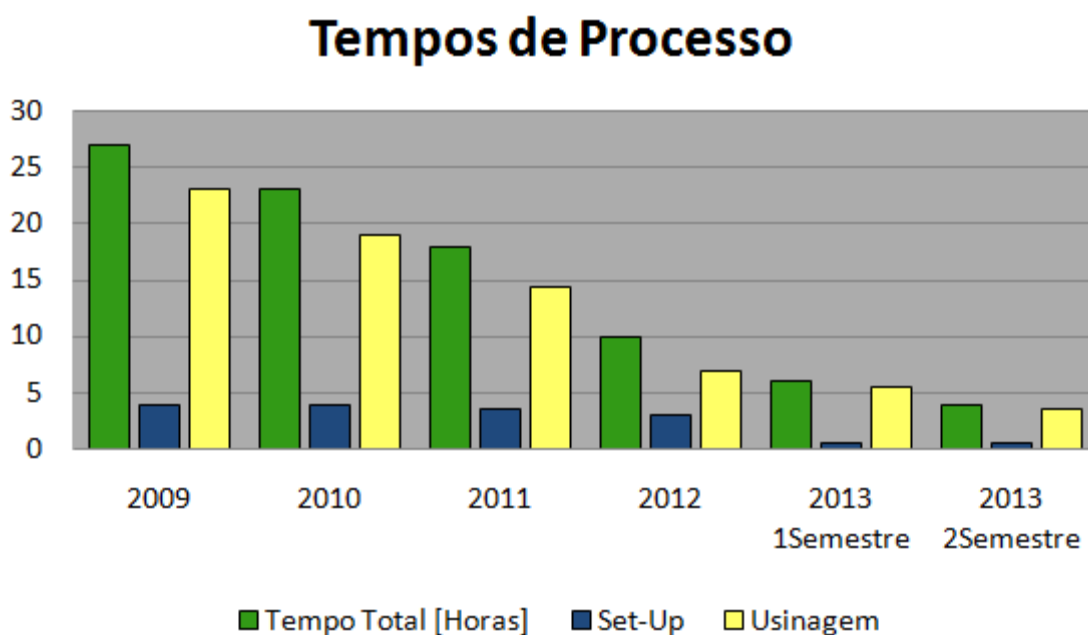


Foram constatadas, inicialmente perdas principalmente nos tempos de Setup de máquina que duravam cerca de 4 horas no total. O Setup é o tempo decorrido para a troca (ferramenta, programa, equipamento) de um processo em execução até a inicialização do próximo processo (Gráfico 02) com a implantação de melhorias há uma redução do tempo de usinagem do Braço L-580.

O início do setup se dá pelo processo de localizar e referenciar o Braço L-580 a partir de uma superfície já previamente usinada, e dela com o auxílio de apoios e mancais garante-se a geometria da peça. A cada fase da usinagem onde outra face deva ser usinagem esse processo se repete.

Na análise desse a equipe de melhorias identificou a possibilidade de redução do tempo de setup além de uma maior garantia da geometria. A medida feita para diminuir o tempo de setup foi a adoção de um dispositivo de usinagem que atua também como dispositivo a prova de erros (PokaYoke).

Gráfico 1 - Tempos de Produção



Abaixo vê-se na figura 17 o braço antes da utilização do dispositivo.

Figura 17 -:Braço Antes do Dispositivo

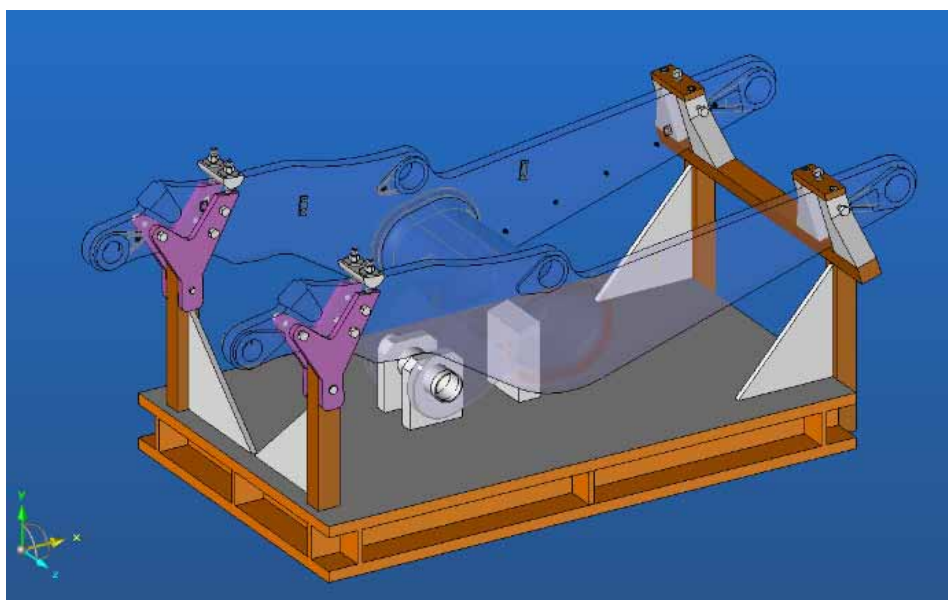


As figuras 18 e 19 mostram o dispositivo em sua imagem real e imagem modelada.

Figura 18 - Braço fixo no dispositivo de usinagem



Figura 19 - Modelagem 3D da peça fixa no dispositivo



O dispositivo não possui somente a função de auxílio na redução do setup isso na verdade torna-se consequência. O dispositivo garante a geometria da peça, que por possuir usinagem tida como complexa, além da facilidade de movimentação durante o processo.

4.2 MEDIDAS TOMADAS PARA A REDUÇÃO DOS TEMPOS DE FABRICAÇÃO

Foi realizado um trabalho com o objetivo de reduzir os tempos de fabricação, este trabalho foi focado na elaboração e padronização dos Programas CNC's da PAMA, dos Processos de Usinagem e da Lista de Ferramentas de cada peça de cada uma das máquinas, incluindo a que é objeto do nosso estudo a L580.

Cada uma dessas máquinas possui uma lista de peças que são usinadas na mandriladora CNC PAMA, como por exemplo: Braço da Caçamba, Caçamba, Carro Inferior, Longarinas, Plataforma, Monobloco, Guia de Corrente, Elevação de Cabine, Peça Central, Carro Dianteiro, Carro Traseiro, etc.

Cada uma dessas peças possui um programa CNC, um processo de usinagem e uma lista de ferramentas que são utilizadas na sua usinagem, como as variáveis do processo são muitos, uma planilha chamada "Follow up de Estabilização de Processos" foi elaborada para que seja acompanhada a execução desse trabalho.

Foi identificada a necessidade de e elaborar 25 programas, processos e listas de ferramentas, após a conclusão desta etapa seriam ministrados treinamentos com todos os colaboradores da PAMA para integrá-los no trabalho que foi feito e padronizar os processos de usinagem criados. A próxima etapa seria a realização de uma auditoria a fim de se certificar se o procedimento atendia as necessidades de controle e se o operador estava apto a realizá-la.

Pela planilha "Follow up de Estabilização de Processos" (Figura 20) foi possível identificar que seriam realizados 200 treinamentos e 200 auditorias, ou seja, um treinamento e uma auditoria de cada colaborador para cada peça.

Figura 20 - Follow-up de Estabilização de Processos



Foi criado um padrão para o programa CNC, o qual possuía um cabeçalho que indicava o desenho e o código da peça, os quais devem seguir os mesmos valores indicados na ficha de fabricação da peça, obedecendo a suas revisões, a data da última atualização do programa, bem como quem atualizou e o motivo da atualização e o número dessa revisão (Figura 21).

Figura 21 - Exemplo de Cabeçalho de um Programa

```

;-----
;MÁQUINA: 9350
;PEÇA: PLATAFORMA FASE1
;DESENHO: 411 8200 00 210
;CÓDIGO DO DESENHO: 9016070
;-----
;REVISÃO 0
;DATA:25/03/2010
;RESPONSÁVEL: JOÃO BOSCO
;MOTIVO: LIBERAÇÃO INICIAL
;-----
;-----
;CABEÇOTE: COVER
;FERRAMENTA: FRESA 208mm - HIGH FEED - SECO
;-----
;-----
;*****
;USINAGEM DA COROA
;*****
N10 L140(1)
N20 L106(38)

N30 S500 F5600

N40 G90 G505 G17 G64

```

O processo de fabricação deve conter, assim como o programa, os dados de cada peça, número de desenho e código que não podem ser diferentes dos contidos na ficha de fabricação da peça e devem conter todas as informações necessárias para o operador da mandriladora e o ajudante de produção realizarem as operações de fixação, centragem e usinagem da peça da forma correta e no menor tempo possível.

Assim sendo, na elaboração do procedimento, eram tiradas todas as medidas dos elementos de fixação utilizados, fotos de cada detalhe e era conversado com cada operador para encontrar a melhor forma de fixar a peça e usiná-la, registrando cada ferramenta utilizada e seus parâmetros de usinagem, observa-se um procedimento na figura 21.

Figura 22 - Exemplo de Processo de Usinagem

LIEBHERR BRASIL <small>DATA DA EMISSÃO: 03/06/10</small>	Fixação, Centragem e Usinagem do Braço R 944C	INSTRUÇÃO
		ITT – 10.39
		Rev.0
ELABORADO POR	APROVADO POR	DATA
<i>Luan Henrique</i>	<i>Carlos Ribeiro</i>	<i>03/06/10</i>
Descrição das alterações		
<i>Rev.0</i>	<i>Emissão do documento</i>	

1. DESCRIÇÃO:

- BRAÇO R-944.C, 2.10M (PESO 1027.KG)
- DESENHO – B 103 545 0000 00 002
- CÓDIGO – 10358289

2. OBJETIVO:

- Esta instrução consiste em elaborar um trabalho de melhoria constante no processo de usinagem, visando sempre um melhor desempenho e objetivando ainda, redução de custos e horas de fabricação, sendo passível de modificações.

3. SISTEMÁTICA:

- Os braços que forem liberados para usinagem na Mandriladora CNC, deverão seguir este processo de fabricação, conforme segue as instruções abaixo.

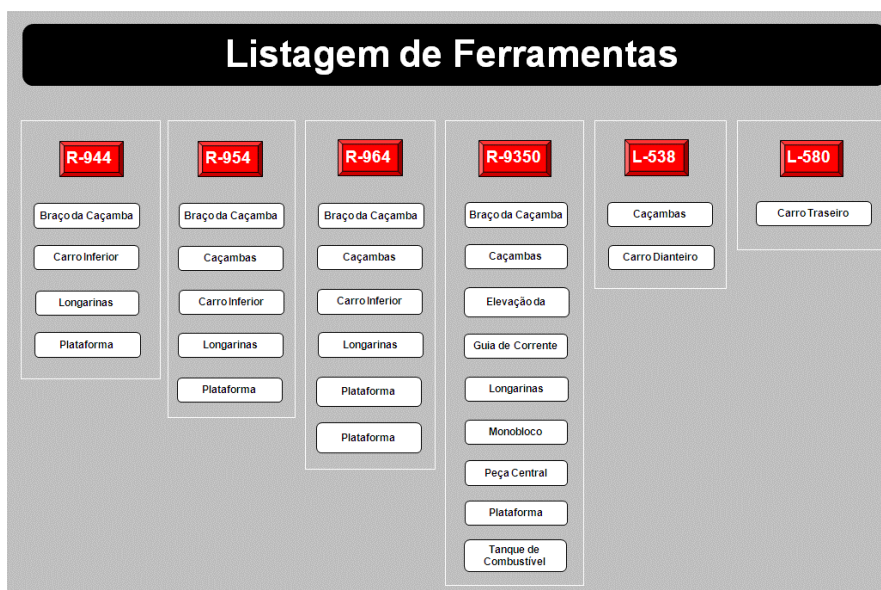
4. FIXAÇÃO E CENTRAGEM: (FORA DA MAQUINA)

- Colocar o braço no centro da mesa de fixação, observando os lugares de fixação dos prisioneiros, centrando a peça pela linha tracejada da caldeiraria. É de extrema importância manter a distância do centro do diâmetro até a mesa, (Y) calçando a peça se for necessário.
Alinhar em (X) pela borda da mesa de fixação, dividindo o centro.

A Lista de Ferramentas (Figura 23) deve conter todos os detalhes das ferramentas utilizadas para cada operação de cada peça a usinar na PAMA. E além de servir de guia para os operadores, ela facilitou o trabalho dos ferramenteiros, pois assim que a programação das peças que seriam usinadas era passada pelo PCP, essa programação é passada antecipadamente para o ferramenteiro que, consulta a lista de ferramentas deixa-as preparadas nos seus devidos parâmetros da próxima peça a ser usinada.

Esta ação facilitou muito o trabalho do ferramenteiro e reduziu consideravelmente o tempo de paradas operacionais para a ferramentaria.

Figura 23 – Lista de Ferramentas



4.3 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

Uma das ações de melhoria no setor durante o processo foi a seleção e coleta das pastilhas utilizadas na usinagem. Não havia forma definida para esse descarte, sendo geralmente feita de maneira inadequada e em locais inapropriados, como caçambas de sucate e tambores comuns de descarte.

Atualmente esse descarte é feito da maneira que observamos na Figura 23 em caixas identificadas e próprias para esse destino, que são periodicamente recolhidas pelo fabricante de pastilhas para reciclagem e reaproveitamento do material nobre utilizado.

Figura 24 – Caixa de coleta de pastilhas usadas



Um exemplo é a reciclagem de metal duro (pastilhas) e aço rápido (Brocas e machos), que antes estavam sempre foram descartados como sucata normal. Este material tem alto valor comercial devido a sua composição, (tungstênio) e não poderiam ser descartado de maneira desordenada.

O tungstênio é matéria prima na fabricação de metal duro, e sua reciclagem visa minimizar a utilização dos recursos naturais globais. Devido a sua escassez na natureza, ninguém pode prever exatamente quando ele vai acabar por isso, a importância de se reciclar. O material reciclado, comparado ao material virgem reduz o consumo de energia em até 35%, e reduz em 40% a emissão de CO₂. Visando a preservação do meio ambiente e a sustentabilidade, iniciamos em 2010 este trabalho, realizando a coleta dos resíduos de metal duro do nosso setor, e separando os para descarte. A empresa Seco Tools, certificada ISO 14000, vai nos ajudar nesse trabalho, mantendo as caixas coletoras e comprando esse material, sempre atendendo a legislação ambiental vigente, através de certificados que estabeleçam um programa de reciclagem para resíduos de forma abrangente e distinta, contribuindo assim, com a preservação do planeta.

Já o aço rápido, possui alto teor de cobalto e a empresa Escavameta é quem realiza a retirada e compra deste material. A sucata geral da empresa, cavaco e retalho de chapa, é vendida hoje a R\$ 0,60 kl. O valor abaixo corresponde a 6.5t de sucata normal.

Quadro 1 - Sucata

Sucata de metal duro, aço rápido e rebolo.						
QTD	MATERIAL	EMPRESA	DATA	R\$	TOTAL	NF
41 kl	Metal Duro	Escavameta	06/12/2011	28.00	1148.00	56838
53 kl	Aço Rápido	Escavameta	06/12/2011	3.50	185.50	56838
47 kl	Metal Duro	Seco Tools	08/10/2012	38.00	1786.00	92978
12 pç	Rebolo ø 80mm	Escavameta	07/11/2012	20.00	240.00	96181
7 pç	Rebolo ø 110mm	Escavameta	07/11/2012	25.00	175.00	96181
142 kl	Aço Rápido	Escavameta	07/11/2012	3.00	426.00	96181
					3960.50	

Antes, o óleo utilizado na Usinagem, era fornecido em tambores descartáveis de 200 lt (figura 24) que ocupavam muito espaço e obstruíam as passagens. Foi adotada a utilização de containers de 1000 lt retornáveis visando maior praticidade, logística e contribuição com meio ambiente (figura 25).

Figura 25 - Antes utilização de latões para descarte de óleo



Figura 26 - Utilização de bombonas retornáveis



4.4 MEDIDAS ORGANIZACIONAIS

Medidas organizacionais foram tomadas no setor para que servissem de base para melhorias mais complexas.

Uma área específica foi criada e destinada para dispositivos (figura 27), tal área foi criada para facilitar a localização e manuseio dos dispositivos melhorando assim o espaço físico, que dificultava muitas vezes a movimentação de peças e obstruíam as passagem pelos corredores (figura 26).

Figura 27 - Área antes das medidas organizacionais



Figura 28 - Criação da área para dispositivos



Os calços e componentes para fixação de peças foram destinados à um local de armazenagem, anterior a essa mudança eram colocados em qualquer lugar (figura 28), principalmente sob os pianos, o que causava desconforto entre os operadores que detinham autoridade sobre eles.

Foi então criado um local próprio para armazenar estes componentes, separando-os por cores e dividindo-os pelo número de máquinas existente (figura 29), eliminando a disputa pelos mesmos. Hoje, além de não estarem mais obstruindo as passagens estão alocados de maneira correta.

Figura 29 - Antes da medida organizacional



Figura 30 - Área organizada destinada aos componentes



Antes, a luva e o disco de 800 mm da russa ficavam sobre uma mesa na posição horizontal (figura 30), o que dificultava o seu manuseio com a talha. Agora eles têm local específico em um suporte na posição vertical, que facilita sua retirada (figura 31), eliminando a mesa que ocupava espaço e servia de depósito de materiais inutilizáveis.

Foram colocados armários na ferramentaria para melhorar a organização como vemos nas figuras 32, 33 e 34.

Figura 31 - Antes da Organização



Figura 32 - Depois da organização

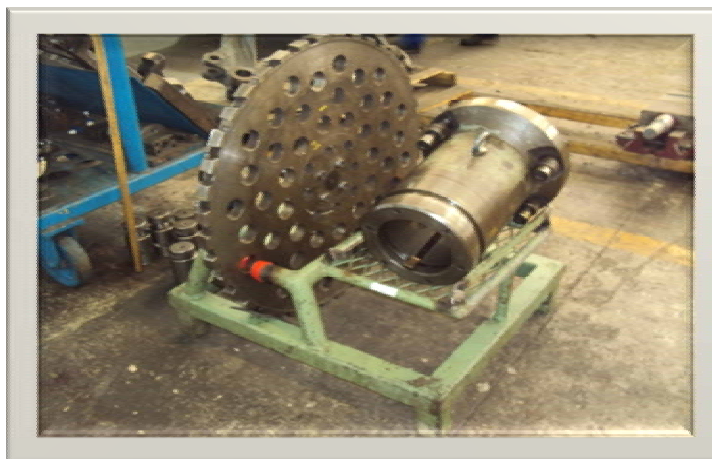


Figura 33 - Armários da Ferramentaria



Figura 34 - Armários da Ferramentaria



Figura 35 - Armários da Ferramentaria



Uma das maiores preocupações no setor de Usinagem era o arquivamento dos desenhos usados diariamente. Não havia lugar nem pessoa específica para cuidar de tantos desenhos, o que acabava colocando em risco a execução do trabalho, pois os desenhos são atualizados freqüentemente, o que torna necessário sua substituição. Então resolvemos separá-los por peças em suas respectivas máquinas (figura 35), solucionando definitivamente a procura e espera, deixando sempre a disposição na máquina, a última versão. Quando ocorre uma atualização, o operador confere a ficha e retira um novo desenho junto a programação que mantém arquivada e atualizada todas as versões.

Figura 36 - Pastas de desenho



Foi destinado um armário para controle das brocas, machos e acessórios com quantidade estipulada conforme demanda, que funciona da seguinte maneira: A quantidade estipulada é de cinco unidades de cada item. Na falta, deverá haver um registro de retirada ou quebra, caso contrario não será liberado novo item do estoque (figura 36 e 37)

Figura 37 - Armários de Brocas e machos - Antes



Figura 38 - Armário de brocas e machos – depois da organização



Todos os itens passaram a ser armazenados e identificados de maneira correta, visando sempre maior controle e aproveitamento, sendo que para cada item, existe um registro próprio de controle, onde se mede a vida, o consumo através de planilhas que estão disponibilizadas para acesso da supervisão sempre que julgar necessário.

Figura 39 - Incertos Organizados



Figura 40 - Armário Organizado e Identificado



Figura 41: Armários antes da organização



Figura 42 - Armário organizado



Devido ao grande número de machos utilizados em operações diversas e descartados em seguida, viu-se a necessidade de encontrar um parceiro para que pudéssemos reafiar esses machos (figura 42). Foi então criada uma parceria com a OSG Sul americana, que está desenvolvendo um excelente trabalho de reafiação e assistência técnica a um baixo custo.

Também temos em andamento, um trabalho de desenvolvimento com as empresas Walter, Kennametal, LMT_Fette, Dormmer e OSG_Sulamericana para desenvolvimento de machos, que possam ser utilizados nas CNC utilizando o fluido refrigerante da máquina, principalmente o M16 x 4. A operação de rosqueamento utilizando óleo mineral, além de ser prejudicial a máquina, ainda coloca em risco a mão de obra utilizada devido à condição de nosso produto.

Figura 43 - Ferramentas reafiadas



Foram alteradas, as posições das máquinas e armários no sentido de facilitar ao máximo o atendimento e a logística na entrega das ferramentas (figura 43), com planilhas de controle e atendimento nas máquinas (figura 44) .A melhoria no setor de ferramentaria ocorreu devido ao grande volume de ferramentas adquiridas nos últimos anos. Não havia mais condições de conviver com a atual situação. Tornou se então necessário, uma ação eficaz com apuração e controle de tudo, sendo necessária para isso a inclusão de novos armários para pastilhas que passaram a ser controlados pela ferramentaria com boletins diários de consumo que alimentam uma planilha de gastos por máquina e peça. Entre as principais modificações, podemos citar:

- Mudança do Layout das máquinas (presseter, afiadora, bancada);
- Criação de novas prateleiras para armazenagem de cones e cabeçotes;
- Armário para brocas e machos, insertos, acessórios com planilha para anotações das retiradas;
- Retirada da mesa, do computador e das pastas de desenhos.
- Fim do recebimento e entrega de ferramentas para outros setores;
- Trabalho em regime de turnos, para que sempre sejam anotadas as saídas de ferramentas,
- Armário exclusivo com as ferramentas utilizadas somente pelos ferramenteiros;
- Compra de equipamentos para suprir as necessidades encontradas diariamente.

Figura 44 - Armário da Ferramentaria



Figura 45 - Gestão Visual implantada



4.5 TREINAMENTOS

Todas as ações organizacionais e de melhoria devem ser acompanhadas de ações relacionadas à formação de pessoal. Os funcionários do setor foram capacitados com o objetivo de sustentar as ações propostas, com a mudança da realidade a aplicação de treinamentos desenvolve pessoas, além de ampliar e reciclar as existentes.

A carga horária dos treinamentos era de aproximadamente 5 horas cada, pelo período de 17/09/2012 a 20/09/12. Para a realização dos treinamentos os funcionários foram enviados a sala de treinamentos, juntamente com Instrutor Sr. Felipe varela inspetor de qualidade (figura 46).

Figura 46 - Treinamento

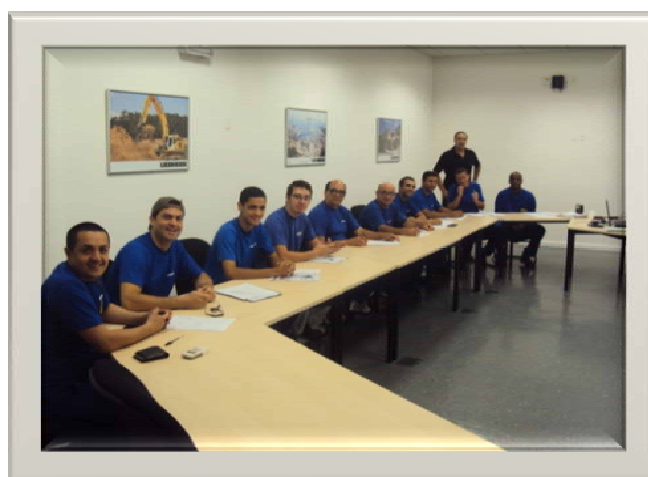


Figura 47 - Equipe durante treinamento



Figura 48 - Apostilas



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentado realizou um estudo que comprovou por meio da implantação de metodologias e ferramentas organizacionais houve aumento da produtividade e redução de perdas e desperdícios no processo de usinagem do Braço da Caçamba L580 e no setor que a operação se realiza.

O objetivo específico consistiu em descrever as metodologias e ferramentas aplicadas ao processo e ao ambiente, comparar o antes e depois da implantação destas ferramentas e apontar pontos fortes assim como os pontos fracos dessa implantação.

Comprovou-se que a utilização de metodologias de organização como 5s além da própria organização e limpeza da área contribuíram para que houvesse incremento na produtividade.

A utilização de medidas organizacionais internas simples como a organização e padronização dos procedimentos e a utilização de um dispositivo de usinagem que teve um grande impacto para a redução do tempo de setup, além de auxiliar na prevenção de erros decorrentes do processo como, por exemplo, erros dimensionais.

A padronização dos processos foi um grande passo dado, uma vez que visa reduzir a variabilidade dos processos de trabalho, sem prejudicar a sua flexibilidade. Isso significa que os produtos atenderam as expectativas dos clientes de forma regular e ao menor custo possível, além da economia de tempo gerada entre as operações.

A padronização foi aplicada como um todo no setor trazendo os maiores benefícios e criando uma cultura de padronização e foram obtidos resultados quantitativos e qualitativos, sendo qualitativamente:

- Consistência de qualidade;
- Utilização adequada dos recursos (equipamentos, materiais e pessoas);
- Uniformização da produção;
- Facilitação do treinamento das pessoas, melhorando seu nível técnico;
- Registros do conhecimento tecnológico;
- Salvaguarda do know-how da organização e
- facilitação da contratação ou venda de tecnologia.

E Quantitativamente:

- Aderência ao plano de entrega;
- Redução do consumo de materiais;
- Redução do desperdício;
- Padronização de componentes;
- Padronização dos equipamentos;
- Redução da variedade de produtos;
- Aumento da produtividade;
- Melhora da qualidade e
- Controle dos processos.

A gestão de resíduos demonstrou ter sido um grande passo no setor, a coleta de pastilhas e incertos utilizados para a reciclagem, assim como a coleta de óleo do processo em bombonas retornáveis contribui não somente com os aspectos organizacionais da área, como também com um processo sustentável.

A aplicação de ferramentas muito conhecidas se mostrou eficiente para promover a melhoria do setor e no processo, não foi necessário um grande investimento monetário para que isso acontecesse, porém é necessário salientar que não é possível realizar mudanças desse porte sem que haja o envolvimento dos funcionários para que a cultura se mantenha. É através de treinamentos e constantes capacitações que acontece o preparo e conscientização dos funcionários para a constante prática da melhoria contínua.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, B. F. (2008). **Análise de regressão e simulação na avaliação de tempos e custos em processos de usinagem pesada**. Dissertação (Mestrado em Ciência em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2008.

ALMEIDA, D. A. (2003). **Gerência da Produção**. Apostila, curso de especialização em qualidade e produtividade, programa de pós-graduação em engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá.

BATISTA, E. A.; COPINNI N. L. (2002). **Sistema especialista para otimizar processos de usinagem e aumentar os lucros**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (Enegep), Curitiba.

BOEHS, L.; BORTOLOTO, M. A.; GONÇALVES, M.A. (2002). **Gerenciamento de ferramentas de corte na teoria e na prática**. 2º Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (Conem), João Pessoa.

BRAGA, B. **O Desafio do desenvolvimento Sustentável**, 2º edição, São Paulo, PEARSON, 2005.

CATÁLOGO Leica, **3D Laser tracker**, Ref. U1 206e V.93, 1993. 8p

CATÁLOGO Leica, **Características Técnicas do Laser tracker**. (2006). 4p

CHIAVENATO, Idalberto. **Iniciação ao Planejamento e Controle de Produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990. 116p.

CHIAVENATO, I. Recursos Humanos: O capital humano das organizações. São Paulo: Atlas, 2008

DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. (1999). **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. São Paulo: Editora M. M.

FERRARESI, D. (1997). **Fundamentos de Usinagem dos Metais**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher.

FONSECA, E. C.; FERREIRA, J. R. (2006). **Avaliação dos Tempos Improdutivos na Usinagem Pesada**. Artigo apresentado como palestra técnica no congresso Usinagem 2006 em São Paulo. [S.n.].

GREENWOOD, T. A. (1993). **Rapid Contour Measurement of Composite Structures Utilizing a 3D Tracking Interferometer**. MR&D Optics Engineer, Boeing Commercial Airplane Group, Seattle, Washington. Practice Report, Leica, 8p

GUADAGNIM, J. L. (2008). **Análise dos indicadores de desempenho fabril no setor de usinagem pesada em empresa de produção sob encomenda**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008

HORCH, G. et al. (1993). **A mobile metrology unit for universal application**. Practice Report Leica, Audi Neckarsulm Germany, 8p

IVAN, A. M.; FRIES, D. ZANOTELLI, C. T. **Implementação de um processo de qualidade a partir da metodologia do programa 5"S"**. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 1, n. 7, 2º trimestre, 1998. Disponível em: <<http://www.ead.fea.usp.br/cad-pesq/arquivos/c7-Art1.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2008.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. **Operations Management: Strategy Analysis**. 5 ed. Addison-Wesley Longman, Inc, 1999.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1990.

MARRAS, J.P. **Administração de recursos humanos: do Operacional ao estratégico**. 13. ed., São Paulo. Saraiva, 2009.

MOURA, A.R.; BANZATO, J.M. **Poka-Yoke: a eliminação dos defeitos com o método à prova de falhas**. São Paulo: Iman, 1996.

MUNCH, K. H.; BAERTLEIN, H. (1994). **Dimensional Measuring Techniques in the Automotive Aircraft Industry**. Practice Report Leica, Leica AG CH-5035 Unterentfelden, Switzerland, 8p

NOVASKI, O. (1991). **Custo de Usinagem**. Campinas: Ed. UNICAMP, PP

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. (2002). **Administração da Produção**. São Paulo: Ed. Atlas, 2ª ed.

PAMA Journal. **Jornal mensal do fabricante Pama.**

PAMA, **Maintenance Manual.** Machining Center: Speedram 3000 + TH65. Italy, 2006

PAMA, **Operator Manual.** Machining Center: Speedram 3000 + TH65. Italy, 2006

REVISTA O MUNDO DA USINAGEM. São Paulo: Sandvik Coromant do Brasil

PETTIGREW, A.M. **The character and significance of strategy process research.** *Strategic Management Journal.* Chichester, Winter, 1992.

PITKOWSKI, Andre. **Planejamento Programação e Controle de Produção.** 4. ed. Mogi das Cruzes: O e M, 1987.120p.

PORTAL CIMM <www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/2066-conceito-de-reciclagem-da-coromant-beneficia-empresas-e-meio-ambiente> (Acessado em 15/04/2014)

PORTAL USINAGEM ON LINE <www.usinagemonline.com.br> (Acessado em 15/04/2014)

RIBEIRO, M. V. (2008). **Apostila, Máquina-Ferramentas. Tecnologia da Usinagem,** Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2008

STONE, J. A. et al. (1999). **Sources of Error In Absolute Distance Interferometry.** National Institute of Standards and Technology MD. Tese apresentada no Simpósio Internacional sobre Metrologia a Laser, Universidade Federal de Santa Catarina.

SLACK, Nigel et al. **Administração da Produção.** São Paulo. Atlas. 1999.

SLACK, Nigel *et al.* **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 2002.

SHINGO, S. **The Shingo Production Management System: improving process functions system** . Cambridge: Productivity Press:,1992.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 220p.

TURINO, E. C.; POSSOMAI, O. (2001). **Modelo para Gerenciamento de Estoques de Ferramentas de Corte.** Abepro, Santa Catarina, PP

VIEIRA, P. R. (2003). **A utilização de máquina opto-eletrônicas portáteis de longo alcance para medição tridimensional como fator de otimização fabril.** Dissertação (Pós-graduação em Administração de Empresas para Engenheiros). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2003

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001