

## ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE NO PROCESSO DE USINAGEM DE UNIÕES EM FERRO FUNDIDO MALEÁVEL PRETO

Sidnei José Palivoda

Universidade Federal de Santa Catarina, Rua São Borja, N664, Boa Vista, Joinville, SC,  
[Palivoda.sid@ig.com.br](mailto:Palivoda.sid@ig.com.br)

Lourival Boehs, Dr.Eng.

Universidade Federal de Santa Catarina, [Boehs@emc.ufsc.br](mailto:Boehs@emc.ufsc.br)

**Resumo:** *A usinagem é um dos mais importantes processos de fabricação da indústria mecânica. Embora pareça simples, é muito complexa sua otimização para se obter bons resultados de trabalho, pois são muitas as variáveis envolvidas. No caso específico da usinagem de uniões fundidas, existe uma grande dificuldade em controlar o processo devido o elevado número de peças com formas, tamanhos e proteções superficiais diferentes, onde para serem produzidas precisam ter suas específicas ferramentas de corte, dispositivos de fixação e alimentadores. Além disso, há um parque fabril variado, pois algumas máquinas de usinagem são comuns como tornos e centros de usinagem CNC, outras são de fabricação dedicada à conexões como as especiais multi-fuso ou máquinas transfer. Assim, desperdiça-se muito tempo e dinheiro com trocas de ferramentas e manutenções demoradas, além de um controle ineficiente das quantidades de ferramentas e dispositivos existentes na fábrica. Este trabalho faz uma análise do processo de usinagem nas conexões produzidas em Ferro Fundido Maleável Preto, considerando-se as causas de perda de produtividade, focando principalmente naquelas relacionadas a ferramentas e dispositivos de fixação, como as perdas por troca de ferramentas, vida reduzida e estoque de ferramentas e dispositivos de usinagem inadequados. Especial atenção é dedicada principalmente aos princípios da manufatura enxuta. Este trabalho diferencia-se dos demais especialmente porque a maioria dos estudos de casos envolvendo manufatura enxuta em usinagem, o foco sempre se concentra em montadoras ou empresas que trabalham com peças automotivas, onde suas demandas, variedades de peças e máquinas para produção são distintas em relação ao presente estudado. Portanto, acredita-se que atingindo os objetivos propostos de diminuir os tempos de paradas e melhorar os controles relacionados a ferramentas e acessórios, outras empresas que possuem um grande parque fabril, quantidade elevada de itens e demandas na usinagem, terão neste estudo como uma contribuição relevante para atingirem seus objetivos de ganhos de produtividade com menores custos e investimentos na fabricação de suas peças.*

**Palavras Chaves:** *Produtividade, Processo de Usinagem de Uniões, Lean Manufacturing*

# ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE NO PROCESSO DE USINAGEM DE UNIÕES EM FERRO FUNDIDO MALEÁVEL PRETO

Código do Resumo: 013002019

**Resumo.** *A produtividade é um dos fatores de maior importância no desempenho de uma empresa, pois influencia diretamente nos custos dos produtos e no dimensionamento adequado da fábrica relacionado à produção, pessoas e tempos de máquinas paradas. Este trabalho analisa o processo na usinagem das uniões em dois momentos distintos. No primeiro avalia a produtividade antes e no outro depois do estudo e realização de alterações de processo de usinagem, alterações essas focadas em ferramentas, dispositivos de fixação e alimentação das máquinas. O estudo procurou da melhor forma, aplicar a filosofia de trabalho o Lean Manufacturing ou Lean Thinking (Manufatura Enxuta), como suporte para aumentar o índice de produtividade no setor da empresa em questão. Os resultados alcançados foram considerados altamente positivos e importantes para a empresa envolvida na pesquisa.*

**Palavras Chaves:** *Produtividade, Processo de Usinagem de Uniões, Lean Manufacturing*

## 1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa foi realizada numa importante empresa brasileira, que atua com destaque no ramo de fundição e usinagem, onde se produz blocos de motores, cabeçotes e peças automotivas em geral além de conexões ou uniões fundidas para tubulações metálicas. O presente trabalho concentra-se no setor de usinagem de uniões fabricadas em ferro fundido maleável preto.

Um grupo de profissionais da empresa tinha a percepção que o processo de usinagem de uniões não estava adequado, pois havia muito investimento de tempo, principalmente, em trocas de ferramentas e preparações de máquinas. Com base nesta constatação este trabalho apresenta uma análise no processo de usinagem de uniões produzidas em Ferro Fundido Maleável Preto, onde se procurou determinar e melhorar o índice de produtividade, identificando e alterando as causas mais relevantes que afetam negativamente tal índice. O foco principal concentrou-se naquelas relacionadas às ferramentas de usinagem e dispositivos de fixação das peças e alimentação das máquinas. Na determinação das alterações, utilizou-se da filosofia *Lean Manufacturing* para determinação das principais causas e soluções das perdas de produtividade no processo.

Acredita-se que o resultado deste trabalho é de grande importância, pois normalmente quando se faz pesquisas sobre usinagem, ganho de produtividade ou trocas de ferramentas principalmente utilizando a filosofia *Lean Manufacturing*, os estudos geralmente se concentram em peças automotivas ou de acessórios especiais que possuem uma demanda muito inferior àquela proposta a ser estudada neste trabalho que no caso são conexões em Ferro Fundido Maleável Preto.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO/REFERENCIAL TEÓRICO

Braga (2000) afirma que a principal forma de avaliar o desempenho dos processos produtivos é através de uma análise da relação entre o volume produzido e os recursos necessários à produção chamada de **produtividade**. Segundo Harmon e Peterson (1997) e Plute (1998) a preparação de máquinas (*setup*) e a falta de um gerenciamento de ferramentas adequado são 2 dos principais motivos de perda de produtividade em usinagem. Os mesmos autores colocam que existem três

tipos de operações de *setup*: *mainline*, *offline* e *desnecessário*. Operações de *setup offline* ou fora de linha são aquelas que poderiam ser realizadas antes de se parar a máquina. As operações de *setup mainline* ou em linha principal são executadas enquanto a máquina está parada entre a produção do item anterior e a do próximo. Nishida (2005) afirma que ter um *setup* rápido é um dos passos fundamentais para nivelar a produção. Possibilita-se assim, trabalhar em pequenos lotes e diminuir os estoques, aumentar a flexibilidade e atender mais rapidamente a demanda dos clientes seguindo assim os conceitos da filosofia *Lean Manufacturing*. Neste contexto do *setup*, o gerenciamento de ferramentas tem grande importância, pois na medida em que este é realizado, haverá uma redução no tempo de máquina parada, custos relativos a inventário e aumenta a confiança da produção na área de ferramentas, Plute (1998). Anumolu e Shewchuk (2000) apresentam dados que enfatizam tal situação.

Boogert (1994), aponta que no gerenciamento de ferramentas é preciso levar em conta os seguintes aspectos: (a) **Planejamento Técnico** - objetiva selecionar as ferramentas de corte que possibilitam um processo mais econômico e que atendam as necessidades para a qualidade do produto; (b) **Planejamento Estratégico** - as decisões estratégicas negociam a possibilidade de expandir ou reduzir a capacidade dos recursos, a fim de definir a ferramenta correta para cada máquina; (c) **Planejamento Logístico** - o planejamento logístico possibilita a distribuição da ferramenta no local correto e no prazo determinado além de gerenciar recursos existentes.

Womack e Jones (2002), colocam que *Lean Thinking* (Mentalidade Enxuta) é um termo cunhado para denominar uma filosofia de negócios baseada no Sistema Toyota de Produção que olha com detalhe para as atividades básicas envolvidas no negócio e identifica o que é o desperdício e o que é o valor a partir da ótica dos clientes e usuários. Os resultados obtidos geralmente implicam em um aumento da capacidade de oferecer os produtos que os clientes querem, na hora que eles querem, nos preços que eles estão dispostos a pagar, com custos menores, qualidade superior, "*lead times*" curtos, garantindo assim uma maior rentabilidade ao negócio. O *Lean Thinking* vem sendo aplicado, com grandes resultados na eliminação de desperdícios, nos mais diferentes ambientes das organizações.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Materiais

As uniões, foco deste estudo, são produzidas em ferro fundido maleável preto, com diversos acabamentos de superfície e em conformidade com normas nacionais e internacionais.

A pesquisa foi realizada na Unidade Fabril de Conexões, em máquinas tipo: Centro de Usinagem e Tornos CNC além de Máquinas Multi-fuso. As uniões são as peças de maior valor agregado ao produto dentre as conexões, pois são formadas por um conjunto de peças. São classificadas principalmente pelo diâmetro da rosca, medida em polegada, variando de 1/4" a 6".

#### 3.2 – Métodos

Analisou-se, principalmente, a influência das perdas de produtividade relacionadas às paradas de máquina devido, a ferramentas e dispositivos de usinagem, como *setup*, ajustes, trocas de ferramentas e dispositivos de fixação e de alimentação.

A produtividade foi determinada com base no seguinte índice:

$$\text{Índice de Produtividade} = H \times h_{\text{disp}} \times 100 / h_{\text{trab}} \times t \quad \text{Equação (3.1)}$$

Na equação 3.1 tem-se as seguintes variáveis referentes aos meses analisados inicialmente: **H** = número de homens que trabalharam no setor; **h<sub>disp</sub>** = horas disponíveis de trabalho mensais; **h<sub>trab</sub>** = horas realmente trabalhadas; **t** = peso em toneladas de peças produzidas pelo setor; **100** = fator de correção para melhor visualização do índice de produtividade.

Este índice foi escolhido porque, segundo Maynard (5), “a característica mais significativa que um sistema deve possuir é a obtenção de resultados consistentes”. Estes são obtidos para o caso específico de usinagem de uniões, com auxílio da equação (3.1).

Na primeira etapa do estudo foram determinadas as causas de paradas em todas as máquinas de usinagem do setor em questão, durante 3 meses consecutivos: julho, agosto e setembro de 2005.

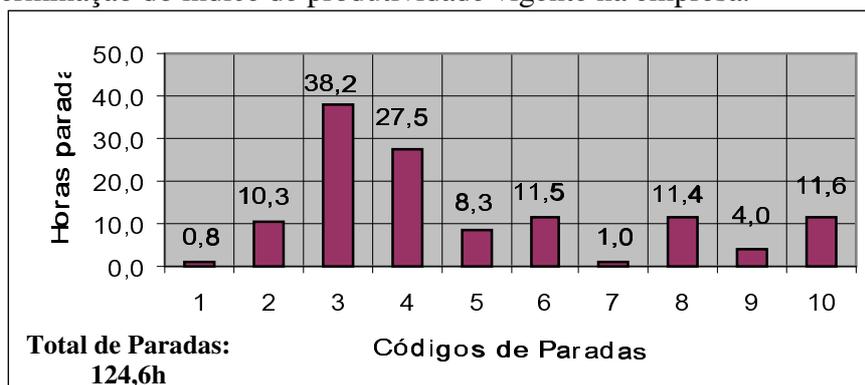
Conforme Gil (1999), um estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de um conjunto de objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado. Marconi (1999) afirma ainda que a coleta de dados é a etapa em que se inicia a aplicação dos instrumentos elaborados e das técnicas selecionadas para a execução da pesquisa.

Para facilitar a coleta de dados, os motivos das paradas de máquina foram identificados numericamente, de 1 a 10, da seguinte forma: **1 – Ajuste da calha** – parada referente à ajustes na calha de alimentação das peças; **2 - Ajuste de ferramenta** – é ocasionado quando a ferramenta de corte, insertos, fresas e cabeçotes, saem das dimensões pré-ajustadas pelos preparadores de máquina; **3 – Troca de ferramenta** – É determinado quando a vida da ferramenta chega ao fim; **4 – Preparação de Máquina** – Quando há a troca de peça a ser usinada na máquina; **5 – Manutenção Elétrica** – é ocasionada por problemas de acionamentos elétricos; **6 – Manutenção Mecânica** – problemas hidráulicos ou manutenção preventiva da máquina; **7 – Falta de Peças** – problema na programação das peças no setor para ser usinada; **8 – Falta de operador** – operador não está no local para operar a máquina; **9 – Limpeza** – Ocasionalada quando um operador deixa a máquina limpa para troca de turno; **10 – Diversos** – parada por qualquer outro motivo, não descrito acima.

Para cada um desses motivos foi determinada a média geral das várias máquinas e a partir daí calculado o índice de produtividade inicial. Na etapa seguinte procurou-se encontrar soluções para minimizar os tempos de paradas das máquinas, principalmente para as mais críticas. Neste caso utilizou-se a filosofia *Lean Manufacturing*, visando sempre os menores desperdícios. Depois de implantadas as soluções, avaliou-se os resultados do projeto, comparando o índice de produtividade anterior (situação inicial vigente na fábrica) à nova realidade, após a introdução de melhorias.

#### 4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A figura 4.1 apresenta os resultados médios do levantamento inicial das paradas de máquinas, utilizado na determinação do índice de produtividade vigente na empresa.



**Figura 4.1 – Tempos de Máquina Parada – Motivos Identificados na Etapa inicial**

Portanto, de acordo com a filosofia *Lean*, onde um dos passos mais importantes é identificar as principais perdas, pode-se afirmar que neste caso as alterações devido a ferramentas e dispositivos de usinagem são de fundamental importância para o aumento da produtividade no setor, pois estão entre os principais motivos das paradas das máquinas.

Para os meses de acompanhamento, os demais dados necessários ao cálculo do índice de produtividade inicial, de acordo com informações da empresa, são apresentados na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1 – Dados Necessários para o Cálculo do Índice de Produtividade Inicial**

|                                      | jul/05 | ago/05 | set/05 | Média        |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------------|
| <b>Pessoas lotadas no setor</b>      | 38,0   | 38,0   | 38,0   | <b>38,0</b>  |
| <b>Horas disponíveis em 3 turnos</b> | 530,8  | 565,7  | 520,2  | <b>538,9</b> |
| <b>Média de horas paradas</b>        | 140,1  | 129,6  | 104,2  | <b>124,6</b> |
| <b>Média de horas trabalhadas</b>    | 390,7  | 436,1  | 415,9  | <b>414,2</b> |
| <b>Toneladas produzidas no setor</b> | 194,4  | 148,3  | 157,3  | <b>166,7</b> |

Com base nos dados apresentados e utilizando a equação 3.1, obtem-se um **índice de produtividade de 29,6 Hxhdisp/ htrab x ton.**

#### **4.1– Modificações Introduzidas nos Processos de Usinagem**

As modificações foram introduzidas nas seguintes ferramentas e dispositivos de usinagem:

**Cabeçotes de Troca Rápida** - nas máquinas multi-fuso concluiu-se que havia muita perda de tempo ao colocar os cabeçotes de usinagem com elevado (12kg) nessas máquinas. Projetou-se e se colocou em uso outro cabeçote, com tamanho e peso menor, de fácil acesso nas ferramentas. Desta forma o tempo de troca diminuiu aproximadamente 80%.

**Cobertura TiN nos Machos de Rosca** – A operação de rosqueamento era a última na usinagem da peça, portanto, a operação “gargalo”. Os machos que produziam a rosca possuíam apenas um tratamento de oxidação na superfície semelhante a cementação, decidiu-se então, colocar uma cobertura TiN nos machos de rosca com o objetivo de aumentar a velocidade de corte da ferramenta em 10%. Sendo assim, o tempo de usinagem total da peça foi reduzido, aumentando o número de peças fabricadas e também a vida dos machos de rosca, diminuindo também os tempos de parada das máquinas. Estes machos foram colocados para usinar em todas as máquinas multi-fuso e diferentes bitolas de peças produzidas.

**Troca de Insertos para Aumento de Vida** - na figura 5.1 pode-se observar que a troca de ferramentas é o item que mais consome tempo nas paradas, principalmente, nas máquinas multi-fuso. Para melhorar este quesito houve a troca de classes de materiais e a utilização de diferentes tipos de revestimentos nas ferramentas.

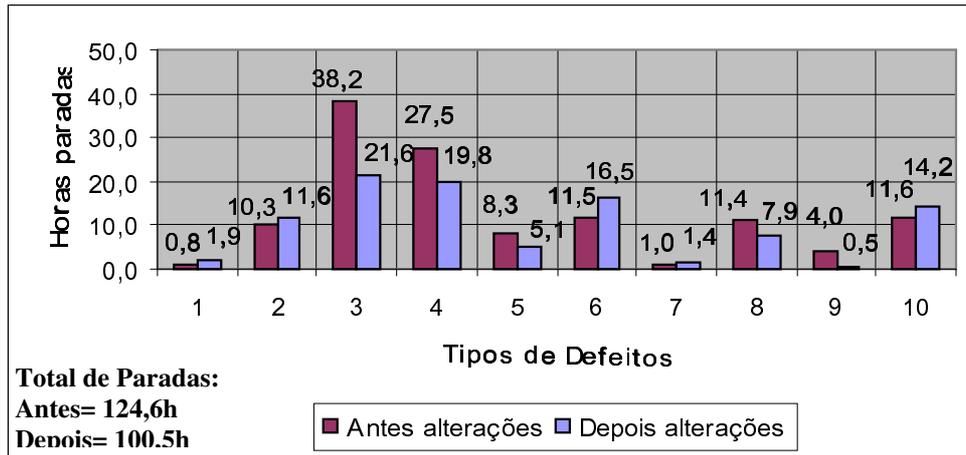
**Sistema de Alimentação da Máquina Multi-fuso** – Como os ajustes e trocas de ferramentas das máquinas multi-fuso são complexos e demorados, decidiu-se também melhorar o sistema de alimentação da máquina. Ganhos apreciáveis foram obtidos com as modificações introduzidas.

**Preparação de Máquinas (Setup)** – constatou-se que o tempo de uma troca completa (todos os cabeçotes, prendedores de peças e alimentadores) realizada por um preparador de ferramentas poderia chegar até a 5 horas de trabalho. As duas alterações citadas anteriormente contribuíram muito para a operação de *setup* das máquinas. Através da análise do *setup*, observou-se outra importante alteração que foi a padronização das operações e utilização de 2 preparadores de máquinas para fazer operação de *setup*, com isso o tempo de preparação de máquinas reduziu em até 70%. Esta alteração foi somada às anteriores realizadas nas ferramentas e dispositivos de fixação e alimentação que tiveram como objetivo a diminuição dos tempos de paradas das máquinas com conseqüente a melhoria do índice de produtividade.

#### **4.2 – Resultado das Alterações no Processo de Usinagem de Uniões**

Após concluída as alterações no processo de usinagem de uniões, analisou-se novamente as paradas de máquinas durante um período de três meses, sendo eles, abril, maio e junho de 2006, mantendo os mesmos critérios de avaliação do início do trabalho. Com esse acompanhamento posterior às alterações, pôde-se observar os resultados proporcionados pelas alterações no desempenho do processo de usinagem de uniões em Ferro Fundido Maleável Preto.

Fazendo-se uma média das paradas do setor como um todo, considerando todas as máquinas e comparando-as com os tempos de paradas anteriores, teve-se os seguintes resultados, figura 4.2:



**Figura 4.2 – Tempos de Paradas das Máquinas – comparação entre as duas etapas**

A figura 4.2 mostra claramente que as alterações de processo foram expressivas para a redução das paradas, principalmente nos itens 3 e 4, troca de ferramenta e preparação de máquina (*setup*).

Os meses de acompanhamento, após as alterações nos processos, tiveram as seguintes horas de trabalho disponíveis, pessoas no setor e tonelagem de peças produzidas, tabela 4.2.

**Tabela 4.2 – Tempo Disponível de Trabalho nos 3 Meses Após Alterações de Processo**

|                                      | abr/06 | mai/06 | jun/06 | Média        |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------------|
| <b>Pessoas lotadas no setor</b>      | 38,0   | 38,0   | 38,0   | <b>38,0</b>  |
| <b>Horas disponíveis em 3 turnos</b> | 462,5  | 542,9  | 520,2  | <b>508,5</b> |
| <b>Média de horas paradas</b>        | 92,6   | 103,7  | 105,1  | <b>100,5</b> |
| <b>Média de horas trabalhadas</b>    | 369,9  | 439,2  | 415,1  | <b>408,1</b> |
| <b>Toneladas produzidas no setor</b> | 178,8  | 206,0  | 224,4  | <b>203,1</b> |

Com estes resultados obtém-se um **índice de produtividade de 23,32 Hxhdisp/ htrab x ton.**

Portanto, a diferença entre o índice de produtividade anterior e posterior às alterações introduzidas nos processos é na verdade o ganho de produtividade resultante desse estudo de caso, tendo esta atingida o expressivo valor de **23,35 %**.

É importante destacar que com o aumento da produtividade tem-se um aumento na capacidade de produção, aliado ao fato que o maior volume de produção das peças gera um lucro maior para a empresa. No entanto esse lucro somente pode ser considerado caso todas as peças fabricadas sejam vendidas, pois, segundo o *Lean*, não adianta fabricar mais, sem demanda de venda e criar estoques.

## 5. CONCLUSÕES

No processo de usinagem de uniões em Ferro Fundido Maleável Preto, deve-se ter uma atenção especial a respeito de ferramentas e dispositivos de fixação e alimentação, pois os tempos de máquinas paradas devido a esses quesitos influenciam muito na produtividade. O pensamento e as estratégias *Lean* de produção tem fundamental importância para o processo enxuto de usinagem, pois visam principalmente os menores estoques e identificação de desperdícios.

Os trabalhos que visam a redução dos tempos de parada das máquinas ou aumento da produção sempre devem ser considerados importantes, quaisquer que sejam as demandas das peças, mesmo que a linha de produção não esteja com sua capacidade máxima de utilização, muitas vezes reduzindo-se os tempos de parada e conseqüente aumento da produção, pode-se diminuir um turno de trabalho, economizando em energia, mão-de-obra e demais custos de produção.

O aumento em mais de 23% no índice de produtividade do setor em análise, representou um ganho expressivo, pois se teve como conseqüência um aumento da capacidade de produção em cada

máquina. Esta quantidade adicional de peças produzidas gera um maior fluxo de caixa para a empresa, sem a necessidade da compra de novos equipamentos ou aumento da mão-de-obra.

Diante destes importantes resultados e conclusões pode-se finalizar afirmando que o trabalho proposto atingiu plenamente os seus objetivos.

## 6. REFERÊNCIAS

ANUMOLU, BHARAT; SHEWCHUK, JOHN P. Design of a tooling database implementation for an existing facility. Industrial and Systems Engineering Department, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA 24061, USA, 2000.

BOOGERT, R. M. Tool Management in Computer Aided Process Planning. 1994.

BRAGA, CARLOS EDUARDO. Gestão da Produtividade, Sistema de Gestão e Vantagem Competitiva. Artigo publicado no site ([www.geranegocio.com.br](http://www.geranegocio.com.br)), 2000.

GIL, ANTÔNIO CARLOS. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. ed. – São Paulo: Atlas, 1999.

HARMON, ROY L.; PETERSON, LEROY D. Reinventando a fábrica: Conceitos Modernos de Produtividade Aplicados na Prática, Editora Campus. 1997.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. Técnicas de pesquisa. 4. ed. – São Paulo: Atlas. 1999.

MAYNARD, H. B. Manual de Engenharia de Produção; Técnicas de Medida do Trabalho; Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, Brasil. 1972.

NISHIDA, LANDO T. Como Determinar Metas para Tempo de Setup. Artigo publicado no site do Lean Institute Brasil ([www.lean.org.br](http://www.lean.org.br)), 2005.

PLUTE, M. Tool Management Strategies. Cincinnati: Hanser Gardner, 1998

WOMACK, JAMES; JONES, DANIEL. O que é e os 5 princípios básicos do Lean Thinking. Artigo retirado do site [www.lean.org.br](http://www.lean.org.br), 2002.

## 7. AGRADECIMENTOS

- A Deus por mais esta realização.
- Ao Prof. Lourival Boehs, pela orientação, motivação, colaboração e companheirismo;
- Ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de realização do trabalho.
- À Empresa Tupy Fundições e seus colaboradores, pela colaboração na realização deste trabalho;

## PRODUCTIVITY ANALYSIS IN THE UNION MACHINING PROCESS IN BLACK CAST IRON

**Sidnei Pereira, Eng.**

Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 476, Campus Universitário, Trindade 88040-900 - Florianópolis – SC. E-mail: [spereira@tupy.com.br](mailto:spereira@tupy.com.br)

**Lourival Boehs, Dr.Eng.**

Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 476, Campus Universitário, Trindade 88040-900 - Florianópolis – SC. E-mail: [boehs@emc.ufsc.br](mailto:boehs@emc.ufsc.br)

**Abstract:** *Productivity is one of the most important characteristics one company aims since it influences directly in costs and in the development of the lean numbers of production capacity, staff and machine inactivity. This study analyses the union machining process which focuses productivity profitability involving tools and feeding or fixing devices. It tried to solve productivity problems through Lean Manufacturing in order to obtain better conditions of the machines and devices related to produced parts and machine inactivity.*

**Keywords:** *Productivity, Union Machining Process, Lean manufacturing*