

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

**PRÁTICAS ENXUTAS APLICADAS PARA APRIMORAR O DESEMPENHO DO
PROCESSO DE CORTE A LASER EM UMA EMPRESA DO SETOR METAL-
MECÂNICO**

**PRACTICES TO IMPROVE LEAN PRIMED PERFORMANCE OF LASER
CUTTING PROCESS IN A COMPANY OF METAL-MECHANICAL INDUSTRY
RESUMO**

Deivis Zismann, Vilmar Bueno Silva, Eliane Garlet, Lucas Almeida Dos Santos e Leoni Pentado
Godoy

RESUMO

As organizações buscam, constantemente, minimizar as ineficiências nos processos produtivos, com o propósito de reduzir custos e aumentar sua rentabilidade para que possam garantir sua sobrevivência no atual cenário econômico. Para isso, faz-se necessário buscar métodos e técnicas que auxiliam na obtenção de melhores resultados. Minimizar desperdícios e promover a qualidade total dos produtos tornou-se uma das principais metas das organizações. Neste trabalho apresenta-se o conceito de *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta), que está focado na eliminação dos desperdícios. O método utilizado para elaboração deste trabalho foi a pesquisa-ação, tendo como objetivo principal a aplicação de práticas enxutas para aprimoramento do desempenho do processo de corte a laser para uma indústria do setor metal-mecânico. Os resultados obtidos mostram que a identificação das principais fontes de desperdícios e a busca constante por sua eliminação, trouxeram vantagens produtivas para a organização, através da redução dos tempos de processos das máquinas minimização dos custos de produção. Com isso, a empresa passou a produzir mais, além de aperfeiçoar seus processos no uso correto dos recursos disponíveis.

Palavras-chave: Processos produtivos, Manufatura enxuta, Corte a laser

ABSTRACT

Organizations constantly seek to minimize inefficiencies in production processes, in order to reduce costs and increase profitability so they can ensure their survival in the current economic scenario. For this, it is necessary to seek methods and techniques that aid in getting better results. Minimize waste and promote overall product quality has become one of the main goals of the organizations. This paper introduces the concept of *Lean Manufacturing* (Lean Manufacturing), which is focused on eliminating waste. The method used for the preparation of this study was action research, having as main objective the implementation of lean practices to improve process performance laser cutting for metal-mechanical industry sector. The results show that the identification of the main sources of waste and the constant search for their disposal, brought productivity advantages for the organization, by reducing process times of the machines minimization of production costs. With this, the company started to produce more, besides improving their processes in the correct use of available resources.

Keywords: Production processes, Lean manufacturing, Laser Cutting

1. INTRODUÇÃO

As empresas, ao buscarem melhores condições de competitividade, necessitam eliminar os desperdícios, o que resulta na sustentabilidade e continuidade das mesmas no cenário atual. Indiferentemente do sistema de produção, a busca pela melhoria contínua dos processos produtivos, bem como a eliminação dos desperdícios, devem estar inseridas em qualquer tipo de empresa, fazendo parte de seus processos produtivos.

Nesse sentido, Donadel *et al* (2007), evidenciam a utilização de práticas oriundas do pensamento enxuto do Sistema Toyota de Produção (STP), também conhecido por filosofia *lean*, *lean thinking*, manufatura enxuta, entre outros, que são aplicadas com o intuito de obter melhorias nos ativos (maquinários), processos, produtos e redução de custos operacionais.

A tecnologia de corte, através da utilização de laser, usada na empresa, representa uma grande importância no processo global de fabricação. Esse processo de transformação, que está inserido no setor de Corte e Estamparia tem grande expressividade, levando em consideração o volume de unidades a serem produzidas e o grau de precisão no processo de manufatura. A empresa estudada, especificamente no processo de corte a laser tem uma grande fonte de desperdícios que impactam negativamente na produtividade e no resultado final da organização.

Diante do exposto, o presente estudo realizado numa empresa de grande porte da região Noroeste do Rio Grande do Sul atuante no ramo metal-mecânico, configura-se num estudo de caso tendo a seguinte problemática de pesquisa: *como a empresa se utiliza das práticas enxutas na obtenção de melhores resultados em seu processo de corte a laser?*

Em consonância com a problemática apresentada, o principal objetivo deste estudo é utilizar as práticas de manufaturas enxutas para aprimorar o desempenho do processo de corte a laser na empresa pesquisada, uma vez que se faz necessário, diagnosticar a atual situação do processo de corte a laser, definir e utilizar os métodos para aprimorar a gestão dos processos na empresa, bem como implantar um plano de ação para que sejam avaliados os novos resultados.

Assim, o desenvolvimento deste trabalho justifica-se pelo fato que, a empresa estudada possui um baixo rendimento operacional oriundo de várias fontes de desperdícios no processo de corte a laser, que por sua vez, está afetando diretamente na produtividade e nos custos de produção.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Com o intuito de identificar as questões relativas ao tema da pesquisa, o referencial teórico torna-se importante para o delineamento e encaminhamento do trabalho.

2.1 A Função Produção

A função produção na organização representa a reunião de recursos destinados à produção de seus bens e serviços. Qualquer organização possui uma função produção porque produz algum tipo de bem e/ou serviço Slack, Chambers E Johnston (2009). Os mesmos autores ainda defendem que a função produção é central para a organização porque produz os bens e serviços que são a razão de sua existência, mas não é a única nem, necessariamente, a mais importante.

Apontam também, que todas as organizações possuem outras funções com suas responsabilidades específicas como: a função marketing, a função contábil-financeira e a função desenvolvimento de produtos/serviços. Destacando-se as funções de apoio que

suprem a função produção, tais como: a função recursos humanos, a função compras e a função engenharia/suporte técnico.

Em um sentido mais simplificado, Martins e Laugeni (2001), elucidam que a função produção é entendida como o conjunto de atividades que levam à transformação de um bem tangível em outro com maior utilidade, acompanha o homem desde sua origem. Nesse sentido, Shingo (1996), aponta que a produção é uma rede de processos e operações. Um processo é compreendido como o fluxo de materiais no tempo e no espaço e é efetivado através de uma série de operações, que são as ações que executam essas transformações, transformando matérias-primas em produtos.

2.2. Modelo de Transformação

A produção é uma rede de processos e operações. Um processo é compreendido como o fluxo de materiais no tempo e no espaço e é efetivado através de uma série de operações Shingo (1996). Assim, Gaither e Franzier (1999) argumentam que o coração de um sistema de produção é o subsistema de transformação, onde trabalhadores, matérias-primas e máquinas são utilizados para transformar insumos em produtos e serviços.

A Figura 1 demonstra um modelo de transformação que é utilizado para descrever a natureza de qualquer produção.

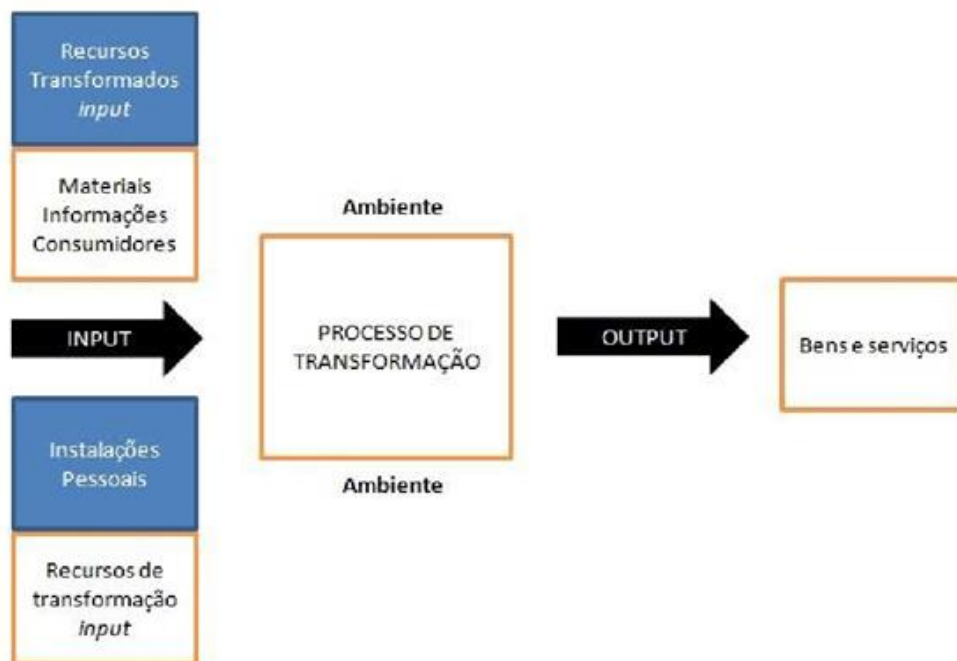


Figura 1. Processo de produção *input* - transformação - *output*
 Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston, 2009, p.9.

Um conjunto de *inputs* para qualquer processo produtivo segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), são os recursos transformados. Esses são os recursos que são tratados, transformados ou convertidos de alguma forma. São, geralmente, um composto de: materiais - operações que processam materiais podem transformar suas propriedades físicas (forma ou composição); informações - operações que processam informações podem transformar suas propriedades; consumidores - operações que processam consumidores podem alterar suas propriedades físicas de forma similar aos processadores de materiais.

Os autores supracitados colocam que o outro conjunto de *inputs* agrupa os recursos de transformação. Estes são os recursos que agem sobre os recursos transformados. Existem dois

tipos de recursos de transformação que formam as "pedras fundamentais" de todas as operações: instalações - prédios, equipamentos, terreno e tecnologia dos processos de produção e funcionários - aqueles que operam, mantêm, planejam e administram a produção.

2.3. Processo de corte a laser

O nome Laser é uma sigla formada pelas letras iniciais das palavras *Light amplification by stimulated emission of radiation* que, em português, quer dizer: amplificação da luz por emissão estimulada da radiação. O laser é um sistema que produz um feixe de luz concentrado, obtido por excitação dos elétrons de determinados átomos, utilizando um veículo ativo que pode ser sólido (o rubi) ou um líquido (o dióxido de carbono sob pressão). Este feixe de luz produz intensa energia na forma de calor (BARTZ, FIGUEREDO, SILVA, 2011).

Segundo Gaspar (2009), a incidência de feixe de laser sobre um ponto de uma peça é capaz de fundir e vaporiza até mesmo o material em volta deste ponto. Desse modo, é possível furar e cortar, praticamente, qualquer material independente de sua resistência mecânica.

Os equipamentos de corte a laser mais comum na indústria consistem em mesas móveis, com capacidade de movimentações segundo os eixos x, y e z. Os eixos x e y determinam as coordenadas de corte, enquanto o eixo z serve para corrigir a altura do ponto focal em relação à superfície das peças. Quem realiza este controle simultâneo de vários eixos, através de uma lista de movimentos escrita num código específico é o CNC das iniciais de *Computer Numeric Control* que, em português, quer dizer: controle numérico computadorizado (GASPAR, 2009).

Segundo Gaspar (2009), as coordenadas de deslocamento geralmente são comandadas por um sistema CAD (*Computer Aided Design*), em português, desenho assistido por computador. Os materiais a serem cortados, geralmente, possuem forma de chapa ou tubos.

2.4. Administração da Produção

A administração da produção trata da maneira pela qual as organizações produzem bens e serviços Slack, Chambers e Johnston (2009). Para Gaither e Frazier (1999), a administração da produção e operações é a administração do sistema produção de uma organização, que transforma os insumos nos produtos e serviços da organização.

Administrar a produção, em outras palavras, é a atividade de gerenciar recursos destinados à produção e disponibilização de bens e serviços, sendo que sua função é a parte da organização responsável por esta atividade. Desta forma, a administração da produção significa gerenciar processos. (SLACK, CHAMBERS E JOHNSTON, 2009).

No que tange as decisões tomadas pela administração, as mesmas partem dos gerentes de operações que administram tomando decisões a respeito de todas as atividades dos sistemas de produção Gaither e Frazier (1999), que de acordo com os autores Slack, Chambers e Johnston (2009), possuem como principais atividades da administração as seguintes: entendimento dos objetivos estratégicos da produção; desenvolvimento de uma estratégia de produção para a organização; projeto dos produtos, serviços e processos de produção; planejamento e controle da produção; melhoria do desempenho da produção e responsabilidades amplas dos gerentes de produção.

Ademais, as organizações devem utilizar os recursos disponíveis de forma eficaz na

produção de bens e serviços, buscando a satisfação de seus clientes e o aumento da lucratividade organizacional. Nesse sentido, Paranhos (2007), enfatiza que o sistema de produção é a parte mais importante do grupo de atividades de uma empresa que, por esse motivo, deve ser administrada para utilizar eficientemente os recursos disponíveis e atingir o objetivo a que se propõem.

Estrategicamente, para a organização ser bem sucedida, precisa mensurar seus resultados com base nos objetivos traçados, uma vez que tal sucesso depende, também, do desempenho dos três papéis da função produção dentro da empresa, que são: implementação da estratégia empresarial, apoio para a estratégia empresarial e impulsionamento da estratégia empresarial, (SLACK, CHAMBERS E JOHNSTON, 2009).

Quanto aos objetivos, atrelados ao desempenho da produção, Martins e Laugeni (1999), apontam que em toda empresa, existe o objetivo de produzir um produto/serviço final que tenha valor para o consumidor e a estratégia competitiva global da empresa está intimamente relacionada à estratégia manufatureira, precisando monitorar cinco premissas básicas, afim de satisfazer os consumidores: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo.

2.5. Manufatura Enxuta

O termo produção enxuta(manufatura enxuta ou *lean manufacturing*), ficou conhecido como sinônimo das práticas pioneiras da Toyota (Sistema Toyota de produção) e começou a se tornar um respeitável modelo da gestão da produção. A manufatura enxuta apresenta como pressuposto o aumento da produtividade, isto é, fazer mais com menos recursos e suprimir fontes de desperdícios ao longo da cadeia de valor (SHAH & WARD, 2003).

Para os autores Womack e Jones (2004), os mesmos destacam que no período subsequente às duas guerras mundiais, inúmeras iniciativas foram fomentadas pelo governo japonês na tentativa de perpetuar a atividade econômica no país. Neste sentido, uma das formas utilizadas foi o protecionismo contra a entrada de alguns tipos de produtos, como automóveis, que podiam ser produzidos no Japão. Houve ainda um fortalecimento das forças sindicais para amparar os trabalhadores e garantir que eles não perderiam seus empregos.

Nesse contexto, para Slack, Chambers e Johnston (2009), a filosofia enxuta de gerenciar operações é fundamentada em fazer bem as coisas simples, e fazê-las cada vez melhor e, acima de tudo, em eliminar todos os desperdícios em cada passo do processo, uma vez que o princípio chave das operações enxutas é relativamente claro e fácil de entender - significa mover-se na direção de eliminar todos os desperdícios de modo a desenvolver uma operação que é mais rápida, mais confiável, produz produtos e serviços de alta qualidade e, acima de tudo, opera com custo baixo.

Os autores supracitados, ainda defendem que existem sete tipos de desperdícios, descritos no modelo Toyota de produção, que podem ser aplicados em vários tipos de operações diferentes, tanto de serviço, como manufatura, formando então, a base da filosofia enxuta. São eles: superprodução, tempo de espera, transporte, processo, estoque, movimentação e produtos defeituosos.

De forma mais ampla, o termo enxuta pode ser visto como uma filosofia de gestão de operações. Dentro desta filosofia, existe uma coleção de várias ferramentas e técnicas que tanto implementam como apóiam a filosofia enxuta Slack, Chambers e Johnston (2009). Uma delas é o GPT – Gestão de Posto de Trabalho, que segundo Guimarães e Roses (2012), trata-se da análise do posto de trabalho para a implementação de melhorias para assim ampliar sua capacidade a fim de aperfeiçoar a utilização dos recursos da empresa para atingir a meta das

organizações.

O GPT, segundo Klippel e Oliveira (2004), consiste em incrementar a utilização dos ativos (equipamentos, instalações e pessoal) nas organizações, visando à otimização dos mesmos aumentando assim, a sua capacidade e a flexibilidade da produção, sendo que para Antunes (2003), é possível otimizar os recursos sem a realização de investimentos adicionais em temas de capital, aumentando a capacidade e flexibilidade da produção.

Outra ferramenta utilizada como apoio à filosofia enxuta tem-se o IROG - Índice de Rendimento Operacional Global, que na concepção de Nakajima (1988), deve ser considerado como um indicador operacional e pode ser aplicado em diversos níveis dentro de um sistema de manufatura, que na concepção de Pacheco, Antunes e Lacerda (2003), o IROG pode ser usado como benchmarking para medir o nível de desempenho de um sistema produtivo de forma global, ou seja, o IROG é medido inicialmente e comparado com um IROG futuro após o sistema ter passado por um programa de melhorias ou então comparado com o desempenho de outros sistemas semelhantes.

Ademais, a eficiência dos equipamentos depende diretamente das perdas, essas que acabam influenciando diretamente o processo produtivo e dividiu estas perdas em seis Nakajima *apud* Netz (2012), conforme Figura2:

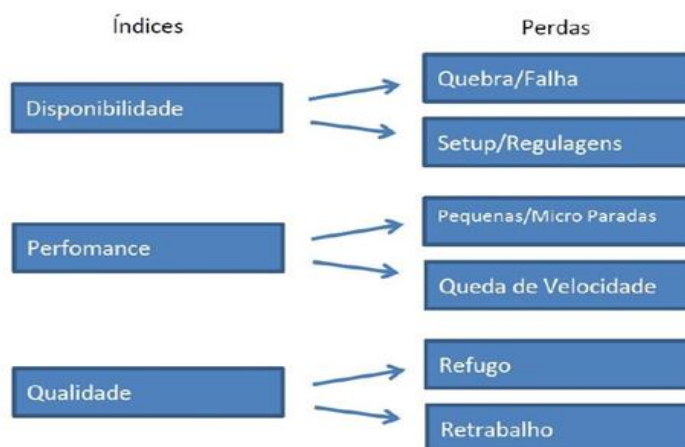


Figura 2 - Índices de eficiência

Fonte: Adaptado de Nakajima *apud* Netz (2012)

Sobre os três índices que constam na Figura 2 podem-se descrever segundo Andrade e Scherer *apud* Netz (2012):

- Disponibilidade: a disponibilidade de um equipamento é a relação em que o equipamento deveria estar disponível para produção e o tempo que ele efetivamente está produzindo;
- Performance: considera as pequenas paradas e a velocidade do equipamento constituindo-se em um indicador que mostra se a máquina está trabalhando na velocidade especificada;
- Qualidade: refletem a quantidade de peças que atendem os requisitos frente ao total de peças produzidas.

A visão dos três índices fornece um panorama completo sobre a realidade da máquina estudada. A partir disso, tem-se o cálculo do IROG que é feito considerando outros dois aspectos que segundo Nakajima *apud* Pacheco, Antunes e Lacerda (2003), são eles:

Se o posto de trabalho é um recurso gargalo: neste caso, o indicador IROG é denominado de TEEP, ou seja, Produtividade Efetiva Total do Equipamento (*Total Effective Equipment Productivity*). O tempo que deve ser considerado é o tempo total - no caso

dos recursos críticos gargalos. Isto se explica pelo fato de que, sendo o posto de trabalho um gargalo, todo o tempo disponível deve ser utilizado na produção.

Se o posto de trabalho é um recurso não gargalo: neste caso, o indicador IROG é denominado de OEE, ou seja, índice de eficiência global (*Overall Equipment Efficiency*). O tempo considerado deve ser o tempo disponível obtido pela diferença entre o tempo total e o tempo das paradas programadas. Este índice indica a eficiência do equipamento durante o tempo de operação programado.

Nesse sentido, o cálculo da eficiência global é então definido pelos seguintes índices de eficiência, conforme equação demonstrada pela Figura 3:

$$\mu_{\text{Global}} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3$$

Figura 3 - Equação IROG.

Fonte: Adaptado Nakajima *apud* Pacheco, Antunes e Lacerda, 2003, p.6.

Onde:

- μ_{global} : eficiência global;
- μ_1 : Índice de Tempo Operacional - ITO - tempo em que o equipamento ficou disponível, excluindo as paradas não programadas;
- μ_2 : Índice de Performance Operacional - IPO - mede o desempenho operacional do recurso, sendo calculado em função do tempo disponível e redução da velocidade do mesmo, operação em vazio e paradas momentâneas;
- μ_3 : Índice de Produtos Aprovados - IPA. - mede a quantidade de peças produzidas, sendo calculado em função do tempo de operação real, excluindo-se o tempo gasto com refugos ou retrabalhos.

De forma sistemática, o cálculo do IROG pode ser representada conforme a Figura 4.

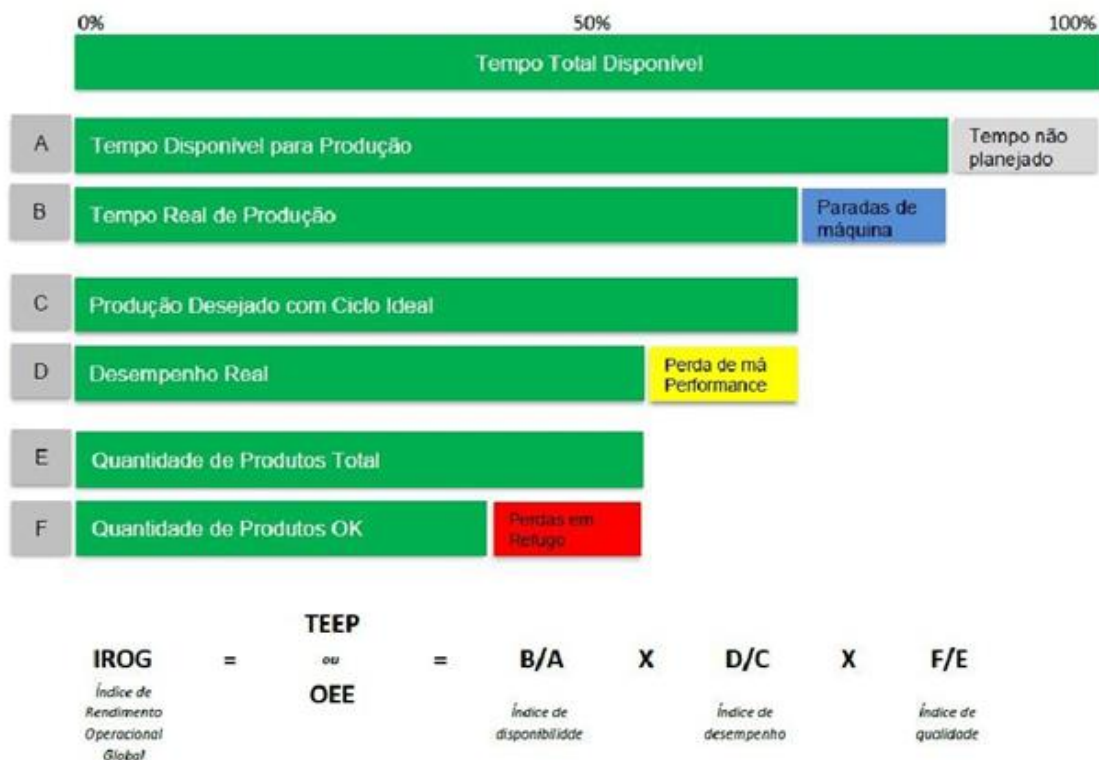


Figura 4 - Sistemática do cálculo do IROG

Fonte: Adaptado de Santos e Santos *apud* Netz, 2012, p.48.

Nesse sentido, leva-se em conta o cálculo, através da equação de IROG, que tem como premissa básica os postos de trabalhado, onde leva-se em consideração o recurso e se representa um gargalo ou não gargalo.

3. METODOLOGIA

Metodologicamente, o presente artigo trata-se de uma pesquisa-ação realizada numa empresa do ramo metal mecânico da Região Noroeste do Rio Grande do Sul, onde objetivou-se utilizar as práticas de manufaturas enxutas para apra aprimorar o desempenho do processo de corte a laser na empresa pesquisada.

O método utilizado é a da pesquisa-ação que consiste em uma pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de caráter cooperativo ou participativo (CAUCHICK, 2012).

Inicialmente, diagnosticou-se o cenário antigo do processo de corte alaser levando em consideração o seu desempenho operacional. Desta forma, realizou-se um levantamento de tempos com o intuito de comparar tempos reais (tempos de corte na máquina) com os tempos teóricos (tempos de sistema), a fim de, observar a existência de uma discordância.

Como forma de complementaridade, utilizou-se da literatura pertinente a área pesquisada sobre *Lean Manufacturing* que está estreitamente ligada à identificação e eliminação dos desperdícios, onde também foram revisadas literaturas relacionadas com a administração da produção, sua função, estratégias e objetivos a fim de se obter um bom embasamento teórico.

Assim, utilizou-se o método GPT, como forma introdutória do pensamento enxuto no processo de corte a laser, envolvendo os recursos humanos disponíveis como gerente da produção, coordenadores, programador, operadores e técnicos de processo. Para isso, realizaram-se treinamentos com objetivo de mostrar o funcionamento e importância do novo método para todos os envolvidos com o processo, passando, logo após, a ser utilizado pela empresa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A empresa pesquisada é atuante do ramo metal mecânico, possuindo 260 colaboradores e atuando em todo mercado nacional. A organização classifica-se atuante no setor secundário, utilizando-se dos produtos provindos do setor primário, que é o segmento da economia que produz matéria-prima e as transforma, podendo ser utilizadas em outros negócios, ou seja, a mesma produz bens tangíveis, em sua maior parte são fabricados por máquinas que recebem matéria-prima e as transformam em produtos acabados, dentro de padrões pré-definidos.

Os processos desenvolvidos pela organização em foco são repetitivos, em massa, e são empregados na produção de grande escala, onde se utilizam máquinas de última tecnologia, como as de corte a laser, solda robotizada, viradeiras CNC's, prensas hidráulicas, sistemas de pintura a pó, centros de usinagem vertical e horizontal, tornos CNC's, entre outros equipamentos.

Atualmente, a empresa está com sua manufatura geral dividida em três unidades, parte dos processos estão instalados na unidade denominada Matriz, outra de Filial 2, e ainda há outra unidade denominada de Fábrica Nova. A unidade atual, Matriz, será desativada após

a transferência geral de todos os setores para a unidade Fábrica Nova, exceto Filial 2.

O setor de Corte/Estamparia que envolve processos de corte a laser, guilhotina, estamparia e conformação também está dividido. Partes dos processos estão localizadas na unidade Matriz e partes já operando na unidade Fábrica Nova. O atual arranjo físico do processo de corte a laser, composto de três máquinas também possui divisão, duas máquinas operam na unidade Matriz e uma na Fábrica Nova, tendo como consequência à necessidade de deslocamento dos materiais entre as unidades.

4.1. Diagnóstico do processo de corte a laser: cenário antigo

O processo de corte a laser utiliza-se de planos de corte realizados pelos programadores. Estes planos de corte possuem um tempo, denominado de tempo teórico (tempos de sistema) dado em horas, minutos e segundos. O tempo teórico é obtido através de tabelas tecnológicas padrões, fornecidas pelo fabricante das máquinas, onde, dependendo do material, espessura, cabeçote de corte e gás a serem utilizados durante o processo de corte, os tempos são pré-determinados. Já o tempo prático (tempo real de operação na máquina) foi obtido através dos levantamentos das anotações realizados pelos operadores das máquinas.

As marcações foram realizadas anotando-se a hora do início e fim do corte para cada plano de corte durante um determinado período de dias.

Importante destacar neste ponto, que foi utilizado um tipo de amostra não probabilística por julgamento, que para Fonseca (2006), a amostra é determinada por ordem, o pesquisador, ou seja, não há uma aleatoriedade para a escolha de um elemento da população. Neste sentido, o mesmo autor alerta que não há forma de generalizar os resultados obtidos na amostra para o todo da população quando se opta por este método de amostragem.

A diferença encontrada entre o tempo teórico e o tempo prático atingiu uma média de 72% para a máquina Laser 01 e de 67% para a máquina Laser 02, em ambas as máquinas o tempo real foi superior ao teórico e estão demonstrados na Figura 5.

LEVANTAMENTO DE TEMPOS TEÓRICOS X PRÁTICOS									
Máquina Corte Laser Nº1					Máquina Corte Laser Nº2				
Amostra	Tempo Teórico	Tempo Efetivo/Prático	Diferença	%	Amostra	Tempo Teórico	Tempo Efetivo/Prático	Diferença	%
1	2:37:00	5:30:00	2:53:00	110	1	1:42:00	2:35:00	0:53:00	52
2	3:38:00	6:22:00	2:44:00	75	2	2:14:00	4:24:00	2:10:00	97
3	0:27:00	1:07:00	0:40:00	148	3	0:06:00	0:09:00	0:03:00	50
4	0:05:00	0:08:00	0:03:00	60	4	0:15:00	0:22:00	0:07:00	47
5	0:04:00	0:13:00	0:09:00	225	5	2:36:00	3:02:00	0:26:00	17
6	2:33:00	3:20:00	0:47:00	31	6	0:22:00	0:34:00	0:12:00	55
7	2:52:00	3:20:00	0:28:00	16	7	0:48:00	1:00:00	0:12:00	25
8	0:53:00	1:00:00	0:07:00	13	8	0:03:00	0:07:00	0:04:00	133
9	3:14:00	5:45:00	2:31:00	78	9	3:17:00	5:07:00	1:50:00	56
10	0:48:00	1:07:00	0:19:00	40	10	0:38:00	0:55:00	0:17:00	45
11	1:54:00	2:42:00	0:48:00	42	11	0:41:00	1:13:00	0:32:00	78
12	0:05:00	0:10:00	0:05:00	100	12	0:12:00	0:20:00	0:08:00	67
13	0:33:00	0:55:00	0:22:00	67	13	0:48:00	1:14:00	0:26:00	54
14	0:03:00	0:09:00	0:06:00	200	14	1:25:00	2:12:00	0:47:00	55
15	0:32:00	0:39:00	0:07:00	22	15	2:37:00	3:48:00	1:11:00	45
16	0:12:00	0:22:00	0:10:00	83	16	2:30:00	4:15:00	1:45:00	70
17	0:10:00	0:16:00	0:06:00	60	17	4:58:00	6:30:00	1:32:00	31
18	0:06:00	0:17:00	0:11:00	183	18	0:22:00	0:31:00	0:09:00	41
19	3:25:00	4:22:00	0:57:00	28	19	0:10:00	0:18:00	0:08:00	80
20	7:52:00	17:09:00	9:17:00	118	20	1:10:00	4:00:00	2:50:00	243
21	0:36:00	0:43:00	0:07:00	19	21	1:08:00	3:45:00	2:37:00	231
22	3:28:00	5:41:00	2:13:00	64	22	1:12:00	2:05:00	0:53:00	74
23	0:26:00	1:13:00	0:47:00	181	23	0:53:00	2:40:00	1:47:00	202
24	0:49:00	1:18:00	0:29:00	59	24	0:15:00	0:25:00	0:10:00	67
25	0:41:00	1:10:00	0:29:00	71	25	0:09:00	0:20:00	0:11:00	122
26	2:25:00	4:06:00	1:41:00	70	26	3:19:00	4:25:00	1:06:00	33
27	9:25:00	14:35:00	5:10:00	55	27	0:14:00	0:42:00	0:28:00	200
28	11:40:00	20:15:00	8:35:00	74	28	0:08:00	0:19:00	0:11:00	137
29	6:21:00	13:12:00	6:51:00	108	29	1:55:00	3:56:00	2:01:00	105
30	1:12:00	1:31:00	0:19:00	26	30	0:20:00	0:20:00	0:00:00	0
Total	69:06:00	118:37:00	49:31:00	72	Total	36:27:00	61:33:00	25:06:00	67

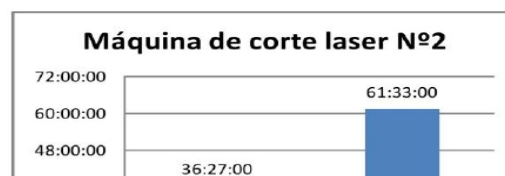
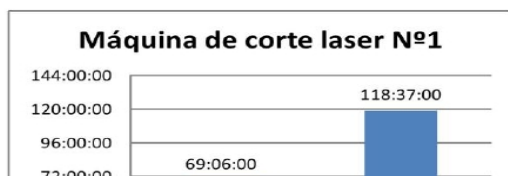


Figura 5. Comparativos dos tempos
Fonte: Dados da pesquisa

Os valores obtidos foram considerados pela empresa estudada como negativos, pois a situação normal considerada ideal é que o tempo real do processo seja o mais próximo possível do tempo teórico. Identificou-se, desta forma, um resultado indesejável e, diagnosticando a existência de um problema, denominado como ineficiência do processo de corte a laser.

4.2. Implantação de um novo método para gestão do processo de corte a laser

Com o diagnóstico da existência de um problema de ineficiência produtiva no processo de corte a laser, fez-se imperativa a intervenção na produção, a fim de melhorar a produtividade. A direção da organização, estrategicamente, montou uma equipe de trabalho com o intuito de direcionar atividades para que se possam atingir os objetivos de desempenho da produção.

Desta forma, buscou-se a realização de uma gestão mais focada, utilizando-se de técnicas e ferramentas para medir a real eficiência do processo e identificar as causas do problema para tomada de decisões em prol da melhoria no rendimento operacional. Assim, foi implantada no setor de Corte/Estamparia especificamente no processo de corte a laser a metodologia GPT (Gestão do Posto de Trabalho).

4.2.1. Implantação da Gestão do Posto de Trabalho (GPT)

Para a implantação do GPT fez-se necessário a realização de treinamentos onde todos os envolvidos no processo, entre eles os quais os gerentes de produção, o coordenador de produção, o programador, e, por fim, os operadores e técnicos de processo. O objetivo com o treinamento foi demonstrar o método GPT e a importância do trabalho proposto.

Foi necessária a criação e implementação de uma planilha denominada diário de bordo. Os diários de bordo foram dispostos nas máquinas de corte e serviram para a realização dos registros das paradas de máquina. Para a criação do modelo de diário de bordo utilizou-se como apoio a ferramenta da qualidade *brainstorming*, que segundo Briaes (2005), trata-se de uma técnica utilizada para estimular a equipe a encontrar uma grande quantidade de sugestões que dizem respeito ao problema.

O objetivo foi alcançar o maior número de ideias das possíveis causas do problema de paradas de máquina. As informações adquiridas nesta etapa foram dispostas no diário de bordo, facilitando os registros de acordo com a tipologia da parada de máquina por parte dos operadores. A Figura 6 demonstra as possíveis causas do problema da ineficiência produtiva no processo de corte a laser gerado pelo grupo *brainstorming*.

CÓD.	DESCRIÇÃO
101	ABASTECIMENTO DE MÁQUINA
102	REGULAGEM DO CABEÇOTE DE CORTE
103	TROCA DE CABEÇOTE
104	FALTA DE EMPILHADEIRA/PALETEIRA/PALETES
105	FALTA DE INSUMO (BICO, CERÂMICA, LENTES, GÁS)
106	FALTA DE ENERGIA
107	FALTA DE OPERADOR
108	FALTA DE PROGRAMA - PCP
109	REPROGRAMAÇÃO DE CORTE
110	LIBERAÇÃO CONTROLE QUALIDADE
111	LIMPEZA/ORGANIZAÇÃO DO AMBIENTE DE TRABALHO
112	MANUTENÇÃO CORRETIVA
113	MANUTENÇÃO PREVENTIVA
114	MEDIÇÃO - C E P
115	PEÇAS LEVANTADAS NA MÁQUINA
116	INTERVALO
117	REGULAGEM DE MÁQUINA (PARÂMETROS DE CORTE)
118	BANHEIRO
119	REUNIÃO
120	TROCA DE TURNO
121	ERRO NA MÁQUINA
122	CORTE MANUAL DE RETALHO
123	PEÇAS URGENTES
124	FALTA DE AR COMPRIMIDO
125	SETUP DE AMOSTRA
126	RETIRADA DAS GRELHAS

Figura 6 - Ideias geradas no *brainstorming*
Fonte: Dados da pesquisa

Durante a implantação e utilização dos diários de bordo, fez-se necessário um acompanhamento criterioso no chão de fábrica, a fim de se obter informações precisas.

4.3. Cálculo do IROG - Índice de Rendimento Operacional Global

Primeiramente, buscou-se verificar se o posto de trabalho era um recurso gargalo ou não. Esta informação foi obtida junto com o setor de PCP (Planejamento e Controle da Produção). A análise baseou-se na abordagem de capacidade *versus* demanda especificamente para o processo de corte a laser.

A informação recebida do setor de PCP foi a de que a capacidade do setor de corte a laser composto de três máquinas era de 129.600 minutos de corte para o mês de setembro levando em consideração 24 horas por dia e os 30 dias do mês. A demanda total de corte necessária para o mês de setembro era 135.654 minutos. Desta forma, foi identificada que a capacidade produtiva do setor de corte a laser era inferior à demanda necessária, identificou-se, desta forma, que o processo de corte a laser era um recurso gargalo.

Quando o posto de trabalho é um recurso gargalo, o indicador IROG é denominado de TEEP (Produtividade Efetiva Total do Equipamento, em sua sigla em inglês *Total Effective Equipment Productivity*). Nesta situação o tempo total deve ser considerado e os índices de rendimento operacional foram medidos separadamente para a máquina Laser 01 e Laser 02.

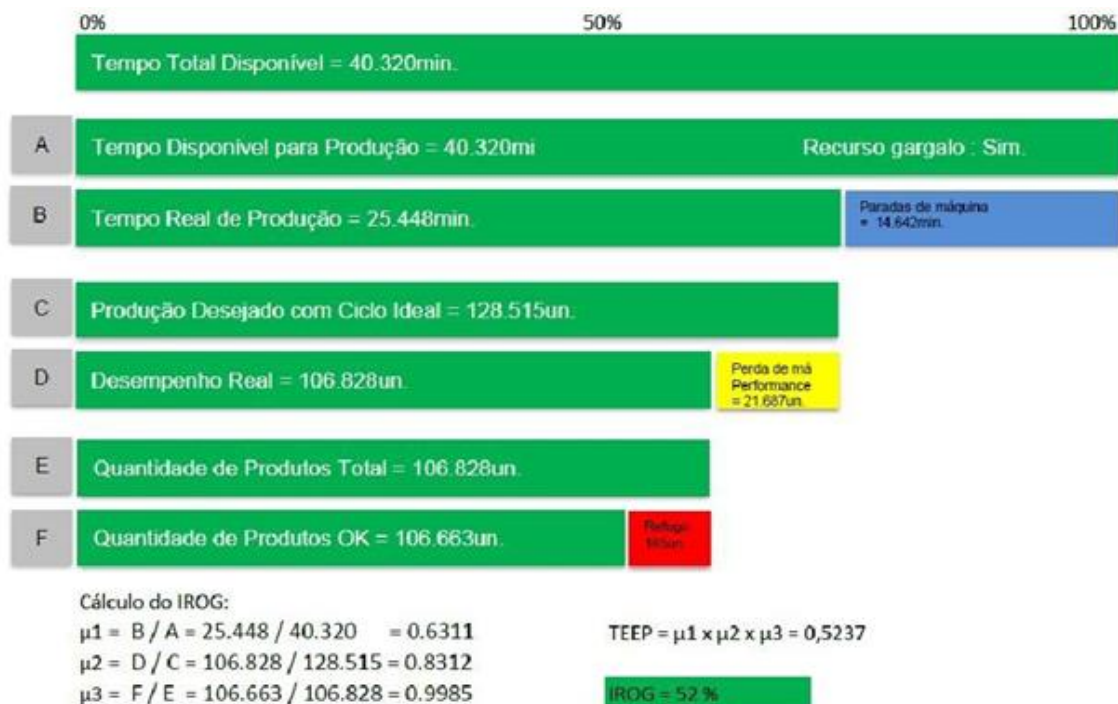


Figura 7. Sistemática e cálculo do IROG - Laser 01
Fonte: Dados da pesquisa

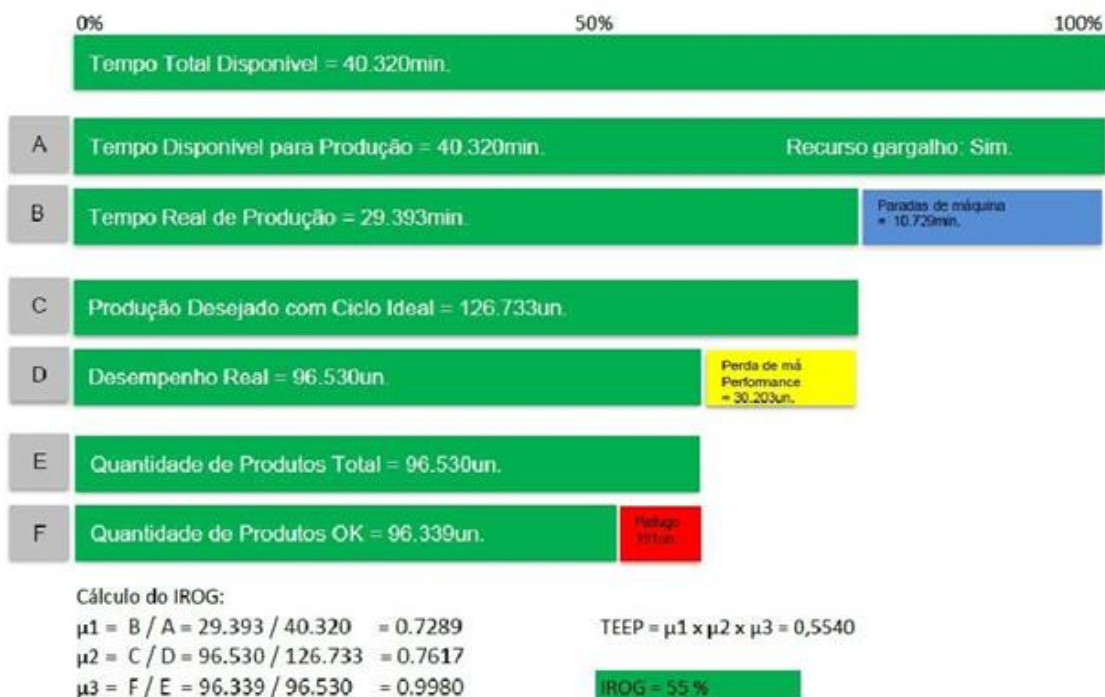


Figura 8. Sistemática e cálculo do IROG - Laser 02.
Fonte: Dados da pesquisa

Ao calcular o IROG, foi possível evidenciar o rendimento real de produção existente e confirmar o baixo rendimento operacional de cada equipamento. A empresa estudada considerou os índices de rendimento de 52% para a Laser 01 e de 55% para a Laser 02, resultados insatisfatórios, tendo como base um rendimento ideal esperado de 85%.

Os índices atingidos impactam diretamente o resultado econômico-financeiro da

empresa. No desenvolvimento dos custos dos produtos que possuem a necessidade de serem cortados a laser o tempo levando em consideração é o teórico. Portanto, se, durante o processo de corte na máquina o processo não está atingindo tempos pré-determinados, a diferença caracteriza-se por um desperdício.

Com base no índice de tempo operacional de cada máquina de corte a laser, relacionaram-se principais causas do problema de ineficiência produtiva relacionadas às paradas de máquina, onde ficou constatado que a máquina de corte Laser 01 demonstrou-se que 88,7% das paradas foram consequências de três fontes: falta de programa (planos de corte), erros de máquina e falta de insumos (bico, cerâmicas, lente ou gás), enquanto a máquina de corte Laser 02 demonstrou que o maior motivo de parada da máquina, representando 65,6% do total, foi a falta de programas.

Com base nas informações mensuráveis do baixo IROG e identificação das principais fontes de desperdícios das paradas de máquina e queda de *performance* do processo demonstrados através das análises de resultados, motivou-se a empresa estudada a buscar a realização de um planejamento de atividades para eliminação das principais causas dos desperdícios que estão impactando no resultado final da organização.

Nesse sentido, o levantamento dos dados e apuração dos problemas relacionados a produtividade da empresa, fez-se necessário um novo levantamento de dados com as máquinas já ajustadas, num período de 4 semanas, onde esperava-se uma melhora nos índices de rendimento, onde percebeu-se que a máquina Laser 01 obteve um novo índice de 73% de rendimento operacional, o que significou um ganho de 20% em produtividade quando comparado com o IROG anterior, de 53%. Já a máquina 02, o rendimento foi de 75%, o ganho no rendimento operacional foi quando comparado com o IROG 55% anterior foi também de 20%, conforme evolução do índice de rendimento operacional global demonstrada na Figura 9.

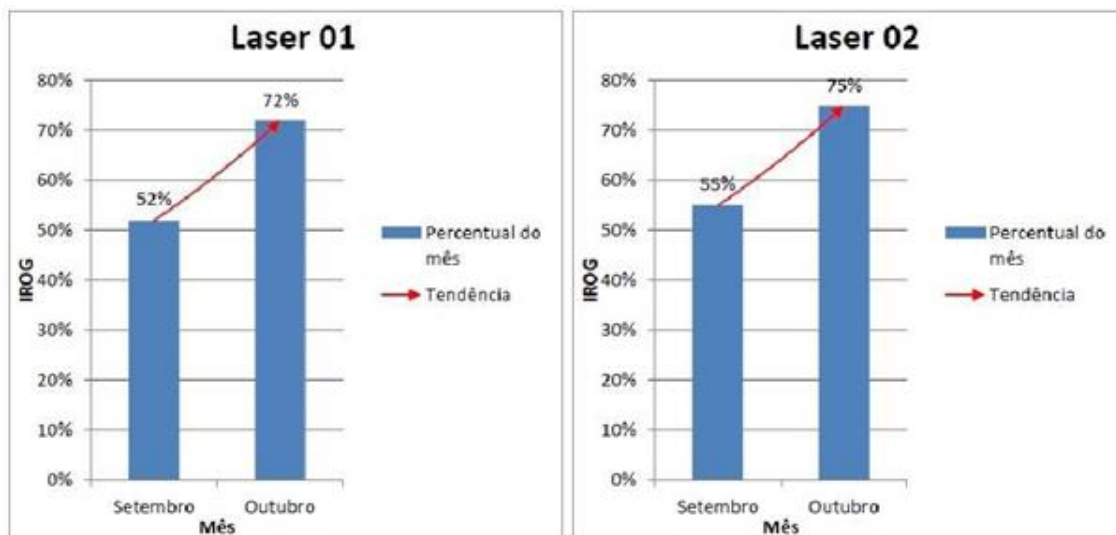


Figura 9 - Gráfico evolução do rendimento operacional - Laser 01 e Laser 02.

Fonte: Dados da pesquisa

O principal fator que influenciou na melhora do rendimento operacional para cada máquina foi a realização de ajustes relacionados à programação laser. Por falta de planos de corte, as máquinas permaneciam inoperantes, afetando consideravelmente o rendimento operacional. Ajustes administrativos e a realização de treinamentos desenvolvendo novos programadores de laser eliminaram as paradas de máquina influenciando o ganho de produtividade significativo.

4. CONCLUSÕES

O estudo das melhores práticas da administração da produção e manufaturas enxutas para as indústrias sejam elas de qualquer ramo, tem se mostrado uma boa alternativa frente às necessidades do mercado-alvo.

O presente estudo demonstrou que com o gerenciamento do posto de trabalho de forma mais eficiente, proporcionou ganhos significativos de produtividade e redução dos custos, pois a utilização das práticas enxutas e o uso de métodos e ferramentas foram uma alternativa que vieram ao encontro das necessidades da empresa pesquisada.

Com isso, percebeu-se que além do baixo investimento com a implantação das práticas enxutas, tais métodos vieram proporcionar à organização o aprimoramento do seu processo de corte a laser, bem como a identificação da eliminação de importantes fontes de desperdícios, demonstrando nos resultados uma melhoria significativa, no período de implantação, onde houve um aumento de produtividade de 20% para ambas as máquinas de corte, superando as expectativas da organização.

Com os resultados positivos, a metodologia vem sendo aprimorada e implantada pela empresa em outros postos de trabalho como no setor de soldagem e pintura, sendo que para esse estudo, não houve limitação, nem tão pouco recusas de acessibilidade aos procedimentos realizados pela organização, facilitando assim, o desempenho do trabalho proposto.

Por fim, o estudo realizado pode ser aplicado nas empresas que julgarem pertinentes às suas necessidades quanto à melhoria contínua nos seus processos de manufatura. A análise se justifica, pois busca melhores resultados nas organizações, pelo fato que prioriza a mudança cultural, buscando assim, métodos que eliminem os desperdícios, bem como reduza os custos operacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, J. A. V. **Em direção a uma teoria geral do processo na administração da produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e a teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero**. 1998. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

BARTZ, A. B.; SILVA, D. I. da; FIGUEREDO, T. W. de, SPOHR, C. B. **Processo de corte em máquinas laser**. In: Semana Internacional das Engenharias da Fabor, 2, Horizontina: Sief, 2011.

BRIALES, J. A. **Melhoria contínua através do Kaizen: estudo de caso na Daimlerchryler do Brasil**. 2005. Dissertação (Mestrado em Sistema de Gestão) - Universidade Federal de Fluminense, Niterói, 2005.

CAUCHICK, M. P. A.; et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2 ed. Elsevier: Rio de Janeiro, 2012.

DONADEL, C. M.; CANASSA, E. M.; RODRIGUEZ, C. M. T. **O uso da manutenção produtiva total (MPT) como ferramenta geradora de produtividade e agilidade para a logística enxuta**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXVII, 2007, Foz do Iguaçu: Enegep, 2007.

FONSECA, J. **Curso de estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção**. Trad. de J.C.B. dos Santos e P.G. Martins. São Paulo: Pioneira, 2001.

GASPAR, M.P. **A melhoria contínua em processos produtivos, com a utilização da tecnologia CNC, na indústria metalmeccânica - estudo de caso da máquina CNC de corte laser de tubos metálicos, na indústria Metalúrgia Golin**. 2009. Monografia (Tecnólogo em Produção) - Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo, 2009.

GUIMARÃES, M. A.; ROSES, C. F. M. Aplicação da gestão do posto de trabalho (GPT) em uma empresa eletro-eletrônica como ferramenta de definição de melhorias no processo produtivo. **Revista Intellectus**, Jaguariúna, v.21, n. 1, p. 104-120, abr. 2012

KLIPPEL, A. F.; OLIVEIRA, J. C.A. **Aumento da eficiência operacional através da abordagem de Gestão dos Postos de Trabalho (GPT): um estudo de caso na indústria de medicamentos**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXIV, 2004, Florianópolis: Enegep, 2004.

MARTINS, G.P.; LAUGENI, P. F. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 1999.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction to TPM: total productive maintenance**. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

NETZ, R. B. **Implantação de um sistema de gerenciamento da produção integrado em uma empresa do setor metalmeccânico para solução de problemas do sistema de gestão da produção**. 2012. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Faculdade Horizontina, Horizontina, 2012.

PACHECO, D. A. et al. Modelo de gerenciamento da capacidade produtiva : integrando teoria das restrições e o índice de rendimento operacional global (IROG). **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 806-826, jul./set. 2012.

PARANHOS, M., Filho. **Gestão da produção industrial**. 1. ed Curitiba: Ibpeex, 2007.

SANTOS, A. C. O.; SANTOS, M. J. **Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura - um estudo de caso**. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, out. 2007. 1 CD-ROM.

Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. **Journal of Operations Management**, 25, pp.785-805

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Trad. de E. de Shaan. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1996

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. Trad.

de F. de Oliveira, F. Alher e H.L. Corrêia. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WOMACK, J.; JONES, D. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** Trad. de P.M. Celeste e A.B. Rodrigues. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004