

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA

CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

GUILHERME TANAKA NUNES

ISABELA EGGERS JORGE

**APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO *LEAN MANUFACTURING* EM  
AMBIENTES CARACTERÍSTICOS DE PRODUÇÃO SOB  
ENCOMENDA NO SEGMENTO DE PAPEL E CELULOSE NA REGIÃO  
DE ARAUCÁRIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2014

GUILHERME TANAKA NUNES  
ISABELA EGGERS JORGE

**APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO *LEAN MANUFACTURING* EM  
AMBIENTES CARACTERÍSTICOS DE PRODUÇÃO SOB  
ENCOMENDA NO SEGMENTO DE PAPEL E CELULOSE NA REGIÃO  
DE ARAUCÁRIA**

Proposta de Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. M. Eng. Tiago Rodrigues Weller

CURITIBA

2014

## TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a Proposta de Projeto de Pesquisa “APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO *LEAN MANUFACTURING* EM AMBIENTES CARACTERÍSTICOS DE PRODUÇÃO SOB ENCOMENDA NO SEGMENTO DE PAPEL E CELULOSE NA REGIÃO DE ARAUCÁRIA”, realizada pelos alunos Guilherme Tanaka Nunes e Isabela Eggers Jorge, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Mestre em Engenharia Tiago Rodrigues Weller  
Damec, UTFPR  
Orientador

Prof. Mestre em Engenharia Osvaldo Verussa Junior  
Damec, UTFPR  
Avaliador

Prof. Mestre em Engenharia Edmar Hinckel  
Damec, UTFPR  
Avaliador

Curitiba, 05 de Dezembro de 2014

*“Whatever an executive thinks the losses of poor quality are, they are actually six times greater.”* Taiichi Ohno – Vice presidente executivo da Toyota Motors Corporation.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo estudar e identificar as principais dificuldades encontradas em produção sob encomenda - e, através da aplicação da ferramenta PULSE de gestão visual (proveniente dos princípios *Lean*), proporcionar melhorias ao processo, visando à eliminação de desperdícios. Para isso será realizado um estudo de caso numa indústria de fabricação e recuperação de equipamentos utilizados no ramo de papel, celulose e energia, característico de sistema produtivo sob encomenda, onde há ampla variedade de produtos, com baixo volume de produção. Nesses sistemas produtivos, cada produto é diferente de outro, atendendo a especificação de cada cliente e, portanto, estabelecendo um grau de complexidade de produtos e processos produtivos bastante distintos. Esse dinamismo da produção acarreta numa dificuldade para estas empresas em aplicar ferramentas que auxiliam nos processos de produção, pois estas geralmente se baseiam em indústrias com produção do tipo seriada. Muitas destas ferramentas são baseadas nos conceitos *Lean Manufacturing* (Produção Enxuta), criado a partir do sistema Toyota de Produção, o qual visa a redução ou eliminação das atividades que não agregam valor nos processos. Dentre as diversas ferramentas, o gerenciamento visual permite a fácil visualização do *status* das atividades em andamento além de proporcionar o acompanhamento da produção conforme suas prioridades e assim facilitando a tomada de decisões. Para este trabalho propõem-se a utilização da ferramenta PULSE de gestão visual, a qual visa a redução do *lead time* dos trabalhos e o aumento da eficiência no desenvolvimento e entregas dos produtos. Para atingir os objetivos propostos pelo trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica, em caráter descritivo, onde foram estudados o processo e informações da empresa (documentos internos), descrevendo as dificuldades encontradas, bem como as soluções propostas. O resultado foi a redução do *lead time* dos trabalhos, a diminuição das horas de trabalho e dos tempos de entrega.

**Palavras-chave:** Produção sob encomenda. Produção Enxuta. *Lean Manufacturing*.

## ABSTRACT

The objective of this coursework is studying and identifying the main difficulties of the make to order production - and, through the application of a visual management tool called PULSE (Lean principles), providing process improvements by aiming the waste elimination. A case study of a manufacturing and remanufacturing plant of a pulp, paper and energy industry will be performed, taking into account that it is a make to order production with a wide variety of products and low volume manufacturing. In this production system, every product is different and meet different specifications. Therefore, there is a high complexity level of distinct products and production processes. The consequence of this dynamic production is the difficulty for these companies to apply tools that support the production process, because, in general, they are organized based on mass assembly lines. Many of these tools are based on Lean manufacturing concepts, created from the Toyota Production System that addresses the reduction or elimination of activities that do not add value to processes. Among the variety of tools, the visual management allows an easy status analysis of the on going tasks. Besides that, it provides the production monitoring according to the priorities, making the decision process easier. For this coursework, it is proposed the PULSE tool of visual management that aims the lead-time reduction and the improvement of the efficiency of the product development and delivery. In order to accomplish the objectives proposed by this coursework, a research was performed, with a descriptive approach, in which processes and internal company data were analyzed, describing the hurdles and the proposed solutions. The result was the lead time reduction, the decrease of work hours and delivery times.

**Keywords:** Make to Order. Lean Manufacturing.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Esquema simplificado de sistemas produtivos.....	21
Figura 2: Tipos de processos em operações de manufatura .....	24
Figura 3: Determinação das tipologias de produção através da entrada da ordem do cliente no fluxo. ....	29
Figura 4: Diagrama de fluxo da aplicação dos princípios <i>Lean</i> .....	36
Figura 5: Exemplo do quadro PULSE .....	42
Figura 6: Agenda a ser seguida em reuniões PULSE.....	43
Figura 7: Gráfico de Gantt para andamento de trabalho.....	49
Figura 9: Gráfico de Gantt para centros de trabalho .....	49
Figura 10: Impacto dos produtos “core business” no faturamento da empresa (Jan-Jun 2014). ....	59
Figura 11: Etapas de desenvolvimento do projeto .....	60
Figura 12: Ilustração do patio de madeira de uma fábrica de celulose.....	64
Figura 13: Ilustração do disco do picador de cavacos e seus componentes. ....	65
Figura 14: Detalhe do corte da madeira pela faca do disco do picador .....	65
Figura 15: Desenho esquemático de um alimentador de alta pressão .....	66
Figura 16: Desenho esquemático do funcionamento de um alimentador .....	67
Figura 17: Ilustração da aplicação de uma rosca transportadora num silo. ....	68
Figura 18: Rosca transportadora.....	68
Figura 19: Digestor de uma fábrica de celulose .....	69
Figura 20: Separador de topo.....	70
Figura 21: Indicação da tela e da rosca no separador de topo .....	70
Figura 22: Componentes e montagem de uma rosca plug de alimentação de cavaco .....	71

Figura 23: Esboço de uma rosca plug de alimentação com indicação da cota a ser medida com calibrador. ....	72
Figura 24: Ilustração do funcionamento dos rolos compressores .....	73
Figura 25: Implantação do primeiro quadro de gestão visual.....	79
Figura 26: Aplicação e teste da nova metodologia proposta.....	82
Figura 27: Foto da atual reunião PULSE.....	84
Figura 28: Foto da aplicação do sequenciamento de propriedades de projetos, determinandos a partir da matriz GUT.....	87
Figura 29: Quadro PULSE implementado .....	88
Figura 30: Quadro carga máquina.....	94



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Percentual de produtos entregues em atraso por mês em 2013 .....	19
Quadro 2: Características, vantagens e limitações por sistema produtivo.....	27
Quadro 3: Indústrias de bens de capital sob encomenda. ....	52
Quadro 4: Efeitos do volume-variedade no planejamento e controle.....	53
Quadro 5: Aplicabilidade das Ferramentas <i>Lean</i> em empresas MTO. ....	56
Quadro 6: Impacto dos equipamentos <i>Core</i> no faturamento da empresa no período de janeiro á junho de 2014 .....	76
Quadro 7: Elaboração da matriz GUT para priorização dos projetos no quadro PULSE.....	86
Quadro 8: Comparação entre escopos de alimentadores de baixa pressão .....	92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução da receita bruta total, de 1996 a 2005. ....	20
Tabela 2: Atribuição de notas para avaliação dos problemas na matriz GUT. ....	51
Tabela 3: Exemplo de elaboração da matriz GUT. ....	51
Tabela 4: Estimativa de custos para o presente trabalho .....	96

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Índice de entrega de todos os pedidos entre junho de 2013 e junho de 2014 (análise acumulativa).....	74
Gráfico 2 – Comparação dos índices de entrega total entre junho de 2013 e junho de 2014 (análise acumulativa).....	75
Gráfico 3: Percentual de impacto dos equipamentos <i>Core</i> no faturamento da empresa.....	76
Gráfico 4: Média de horas gastas por equipamento entre janeiro de 2013 e junho de 2014.....	77
Gráfico 5: Comparação da média de horas gastas por equipamentos <i>core business</i> entre os períodos de janeiro a junho de 2013 e 2014.....	78
Gráfico 6: Índice de entrega dos pedidos após implantação do quadro PULSE.....	89
Gráfico 7: Média de horas gastas por equipamento <i>core business</i> antes e após a aplicação do quadro pulse, durante o ano de 2014. ....	90
Gráfico 8: Média de horas gastas por equipamento <i>core business</i> após a aplicação do quadro pulse, em comparação com a média de janeiro de 2013 à junho de 2014. ....	90
Gráfico 9: Comparação no total de horas gastas entre dois alimentadores de escopo semelhantes. ....	93

## LISTA DE SIGLAS

ABDIB	Associação Brasileira da Infraestrutura e Indústrias de Base
APICS	American Production and Inventory Control
ATO	Assembly to Order (Montagem Sob Encomenda)
BKE	Bens de Capital Sob Encomenda
CPM	Critical Path Method
ETO	<i>Engineer to Order</i> (Engenharia Sob Encomenda)
FIFO	First In, First Out
HSE	<i>Health, Safety and Environment</i> (Saúde, Segurança e Meio Ambiente)
JIT	Just-In-Time
KPI	Key Performance Indicator
LIFO	Last In, First Out
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
MPT	Manutenção Produtiva Total
MRP	Planejamento das Necessidades de Materiais
MTO	<i>Make to Order</i> (Produção Sob Encomenda)
MTS	<i>Make to Stock</i> (Produção Para Estoque)
NAV	<i>Non-value adding</i> (Não Agrega Valor)
OP	Ordem de Produção
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PERT	Program Evaluation and Review Technique
STP	Sistema Toyota de Produção
TRF	Troca rápida de ferramenta
WIP	Work in Process

## SUMÁRIO

1.1	CONTEXTO DO TEMA	16
1.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	16
1.3	OBJETIVOS	17
1.3.1	Objetivos Específicos	17
1.4	JUSTIFICATIVA	18
2.1	SISTEMAS PRODUTIVOS	21
2.1.1	Tipologia de produção	28
2.2	PRODUÇÃO EMPURRADA	30
2.3	PRODUÇÃO PUXADA	31
2.4	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	31
2.5	<i>LEAN MANUFACTURING</i>	32
2.5.1	Tipos de desperdício	33
2.5.2	Princípios do <i>Lean Manufacturing</i>	35
2.5.3	Dificuldades na implementação do <i>Lean</i>	37
2.5.4	Ferramentas do <i>Lean</i>	37
2.5.4.1	Manutenção produtiva total (MPT)	38
2.5.4.2	Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)	38
2.5.4.3	<i>Kanban</i>	38
2.5.4.4	<i>Kaizen</i>	39
2.5.4.5	Troca rápida de ferramenta (TRF)	39
2.5.4.6	5S	39
2.5.4.7	Gerenciamento Visual	39
2.6	FERRAMENTAS DE GESTÃO VISUAL	40
2.6.1	PULSE	41
2.7	CONTROLE E PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO	44
2.7.1	Carregamento da produção	45
2.7.2	Sequenciamento da produção	46
2.7.3	Programação da produção	47
2.7.3.1	Programação puxada e empurrada	47
2.7.3.2	Gráfico de Gantt	48
2.7.3.3	<i>MS Project</i>	50
2.7.3.4	Matriz GUT	50
2.8	PRODUÇÃO SOB ENCOMENDA E O PCP	51

2.9 APLICABILIDADE DO <i>LEAN</i> NUMA INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO SOB ENCOMENDA	55
3.1 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA	57
3.2 JUSTIFICATIVA DA METODOLOGIA	57
3.3 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	59
3.4 ESTUDO DE CASO	60
3.4.1 Histórico e perfil da empresa estudada	61
3.4.2 Setor produtivo	62
3.4.3 Descrição dos equipamentos core business	62
3.4.3.1 Disco picador de cavacos	63
3.4.3.2 Alimentadores de alta pressão	66
3.4.3.3 Alimentadores de baixa pressão	67
3.4.3.4 Roscas em geral	67
3.4.3.5 Rosca Plug	71
3.4.3.6 Rolos compressores	72
4.1 IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA	78
4.1.1 Situação inicial	78
4.1.2 Apresentação da nova metodologia	79
4.1.3 Etapas de implantação	80
4.1.4 Definições importantes	83
6.1 ESTIMATIVA DE CUSTOS DAS HORAS INVESTIDAS NA ELABORAÇÃO DO TRABALHO	96
6.2 CUSTO DE MATERIAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO	96
6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	97

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de produção enxuta, ou conceito *Lean Manufacturing*, nasceu a partir do sistema *Toyota* de produção no período pós Segunda Guerra Mundial e hoje tem sido utilizado em diversas empresas como parte de sua estratégia para reduzir os desperdícios e melhorar a produtividade e o valor criado para os clientes.

Embora os princípios criados para minimizar os desperdícios com o conceito da produção enxuta possam ser úteis em praticamente qualquer situação, as ferramentas utilizadas na metodologia tornam-se reclusas a um determinado tipo de processo, nos quais ocorre a repetibilidade tanto dos processos quanto dos componentes (ARAYA, 2012).

No entanto, empresas com alta variação no processo têm dificuldades na aplicação dos conceitos e ferramentas da produção enxuta. Essa variação pode ocorrer, principalmente, em três diferentes casos: a variação nos produtos (processo não é repetitivo), a variação no processo (variação nas etapas ou ordem de fabricação) e a variação nos tempos de ciclos para cada processo (ARAYA, 2012).

Isto ocorre, por exemplo, nas empresas que fabricam produtos sob encomenda e possuem um ambiente produtivo caracterizado por uma elevada variedade e baixo volume de produtos. Essas empresas, por não possuírem processos repetitivos, apresentam dificuldades na utilização dos conceitos e técnicas da Produção enxuta em seus ambientes produtivos (LANDER; LIKER, 2007).

Mesmo entendendo que as empresas que trabalham com produção sob encomenda enfrentem desafios quanto à aplicação de conceitos e técnicas *Lean*, acredita-se que é possível implementá-las nesses ambientes resultando em ganhos para as empresas.

Este estudo pretende avaliar a aplicabilidade e vantagens do emprego da ferramenta de gestão visual, proveniente dos conceitos *Lean Manufacturing* em uma empresa que trabalha com produção sob encomenda.

## 1.1 CONTEXTO DO TEMA

As grandes empresas do ramo metal mecânico utilizam processos em massa ou em série, e, cada vez mais, devido às exigências do mercado buscam melhorar sua eficiência através da produção enxuta, melhorando a qualidade de seus produtos ao passo que reduzem os custos de seus processos.

Atualmente, apesar do conceito *Lean* ser amplamente utilizado em indústrias de produção em série, nos deparamos com uma carência de informações quanto à aplicabilidade destes conceitos para as indústrias com a produção não seriada.

Este trabalho tem como motivação o desafio de estudar o material disponível sobre o conceito *Lean* para uma produção sob encomenda e, além disso, verificar a aplicabilidade dessas ferramentas neste ambiente de fabricação.

## 1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A indústria de bens de capital já possui uma pauta de produtos bastante ampla, mas a indústria de bens de capital sob encomenda é ainda mais diversificada. Cada produto é feito de acordo com especificações solicitadas pelo cliente, como, por exemplo, em fábricas de usinagem ou empresas de fabricação ou recuperação de equipamentos. Sendo assim, cada produto é diferente de outro, estabelecendo um grau de complexidade de produtos e processos produtivos bastante distintos.

Para se manterem competitivas no mercado, as empresas procuram cada vez mais trabalhar de forma enxuta. No entanto, empresas que lidam com uma gama diferente de produtos e *lead times*<sup>1</sup> longos têm dificuldades na aplicação de ferramentas que auxiliam nos processos de produção, pois estas geralmente se baseiam em indústrias com produção do tipo seriada. Alguns autores, como Rother e Shook (1998) julgam a aplicação de certas ferramentas, como por exemplo o mapeamento do fluxo de valor (MFV), em processos de manufatura com alta

---

<sup>1</sup> *Lead time* é definido como o tempo de permanência do produto na fábrica



variação dos produtos com um volume baixo de produção uma tarefa quase impossível.

Além da escassez de informações disponíveis, também é preciso lidar com a dificuldade na aplicação dos conceitos da produção enxuta nos ambientes onde a produção não é contínua. Na maioria dos casos, o emprego das ferramentas *Lean* só é possível quando feitas adequações às mesmas. Para isso, muitas vezes é necessário um estudo aprofundado do processo, de forma que a ferramenta modificada seja aplicável e útil ao sistema produtivo.

### 1.3 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é estudar e identificar as principais dificuldades encontradas em uma empresa de fabricação e recuperação sob encomenda, de equipamentos utilizados no ramo de papel, celulose e energia e, através da aplicação de uma ferramenta do *Lean Manufacturing*, proporcionar melhorias ao processo, visando a eliminação de desperdícios.

#### 1.3.1 Objetivos Específicos

Para se alcançar o objetivo geral deste trabalho, foram determinados os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar os maiores tipos de perdas no sistema de produção sob encomenda;
- Identificar possíveis ferramentas de gestão visual aplicáveis;
- Avaliar adaptações necessárias para o emprego da ferramenta escolhida no sistema de produção sob encomenda;
- Implantar o método escolhido e adaptado;
- Avaliar os impactos no emprego dos conceitos da produção enxuta;
- Avaliar a eliminação de desperdícios;

- Avaliar a redução do *lead time* dos trabalhos e o aumento da eficiência no desenvolvimento e entregas dos produtos.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

A entrada de pedidos urgentes em empresas de fabricação de bens de capital sob encomenda, ocorre com bastante frequência. Estes pedidos, quando priorizados, interferem na programação da produção ocasionando a sobrecarga dos recursos. O carregamento acima da capacidade também prejudica o controle e planejamento da produção ocasionando a perda da sequência de operações. Na maioria das vezes ocorre como consequência o aumento da quantidade de horas extras para suprir as demandas urgentes em busca da retomada do controle da produção.

Outro ponto a destacar é que, em meio à fabricação de pedidos de urgência, com prazos apertados, os gestores não conseguem visualizar os *status* das ordens, bem como acompanhar os problemas decorrentes no chão de fábrica.

Em acompanhamento a uma empresa de fabricação e recuperação de equipamentos para as indústrias de celulose, papel e energia (produção sob encomenda), verificou-se que os prazos de entrega de alguns produtos não estão sendo cumpridos, muitas vezes em virtude dos fatores acima citados. No Quadro 1 abaixo pode-se observar o percentual de entregas atrasadas ao longo do ano de 2013 da empresa em análise.

Mês/2013	Entregas com atraso (%)
Janeiro	27%
Fevereiro	50%
Março	23%
Abril	20%
Maio	19%
Junho	13%
Julho	18%
Agosto	18%
Setembro	13%
Outubro	9%
Novembro	19%
Dezembro	3%

**Quadro 1: Percentual de produtos entregues em atraso por mês em 2013**

Fonte: Autoria Própria

O prazo de entrega é um fator determinante nestes casos, pois caso ocorram atrasos na entrega do serviço contratado, a empresa terá de arcar com multas que representam uma percentagem do valor contratado (dependendo dos casos a multa pode impactar fortemente no lucro do serviço). Similarmente, caso a performance prometida não seja atendida, outras penalidades também poderão ser impostas. Neste caso, conforme o observado, acredita-se que através dos conceitos da produção enxuta poderiam ocorrer melhorias na produção e os cronogramas poderiam ser atendidos no prazo.

Além disso, é pertinente ressaltar que diversas são as empresas que adotam portfólios de produção voltados à produção sob encomenda. Um trabalho apresentado pela Associação Brasileira da Infraestrutura e Indústrias de base (Abdib, 2008) indica que o crescimento da receita da indústria de bens de capital sob encomenda (BKE) no Brasil, em dez anos (1996 – 2005), foi significativo e até superior ao da média da indústria de transformação, como pode ser visto na Tabela 1 abaixo.

Vale ainda destacar que este crescimento, de 2004 à 2005, foi superior ao crescimento das indústrias de material de transporte e metalúrgica que estão entre as que obtiveram, nos anos anteriores, os melhores desempenhos entre todos os segmentos da indústria de transformação brasileira.

Tabela 1: Evolução da receita bruta total, de 1996 a 2005.

Em bilhões de reais de 2006.

Ano / Indústria	1996	2000	2003	2004	2005	Var (%) de 1996 a 2005
BKE	19,81	23,16	28,68	40,53	45,20	128
Indústria de Transformação	810,16	1054,55	1329,38	1517,67	1507,88	86
Metalúrgica	70,14	95,41	130,31	167,73	168,27	140
Mecânica	52,71	68,39	79,69	95,53	93,70	78
Materiais Elétricos	50,56	70,93	64,64	82,97	84,14	66
Materiais de Transporte	94,58	113,38	153,26	190,37	199,95	111

Fonte: Abdid, 2008.

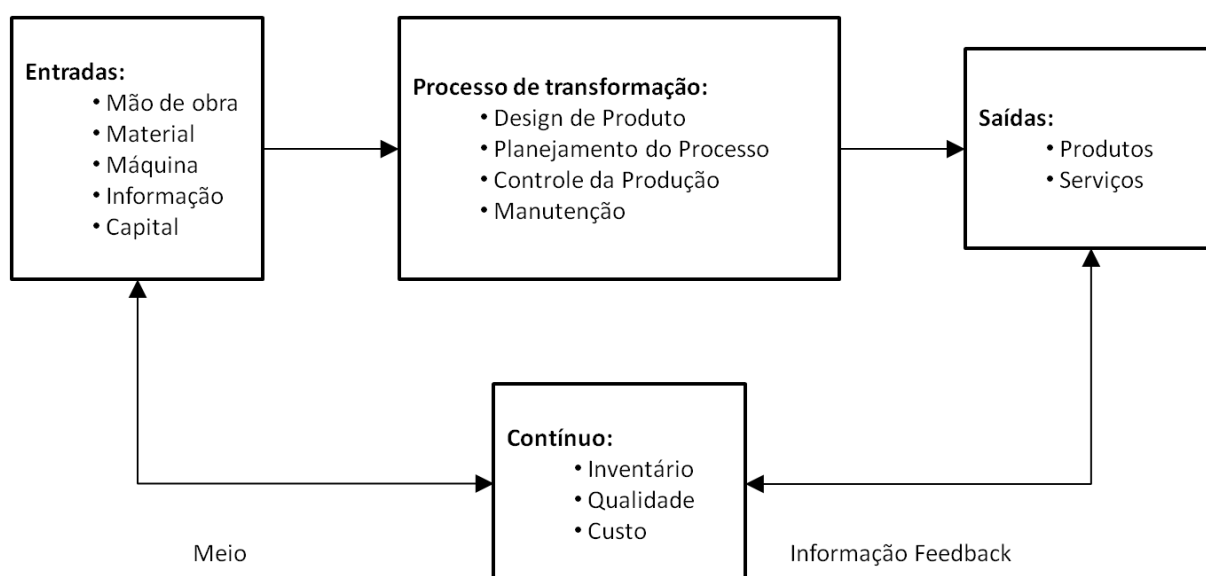
Em função do exposto acima, a aplicação dos princípios do *lean manufacturing* em ambientes característicos de produção sob encomenda, é fundamental para o aumento da produtividade, aliado ao alto padrão de qualidade, mantendo essas empresas competitivas no mercado.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 SISTEMAS PRODUTIVOS

A função da produção numa organização consiste na etapa onde ocorre a transformação de uma gama de entradas em um requisito final, ou seja, o produto. A produção é definida como um processo de adição de valores, onde ocorre a conversão, passo a passo, de um material para outro, seja através de um processo químico ou mecânico. Em cada uma das etapas do processo, será acrescentado valor ao produto final.

De acordo com Kumar e Suresh (2009), o sistema produtivo de uma organização é a parte na qual se produz os produtos desta organização. É a atividade que, através de um sistema pré-definido, utiliza de uma combinação controlada de recursos e transformações, para agregar valor ao produto, de acordo com a política da administração. Na Figura 1 abaixo, pode-se observar um esquema simplificado de um sistema produtivo.



**Figura 1: Esquema simplificado de sistemas produtivos**

Fonte: Adaptado de Kumar e Suresh, 2009.

De acordo com Kumar e Suresh (2009) os sistemas produtivos apresentam as seguintes características:

- A produção é uma atividade organizada, portanto todo sistema produtivo tem um objetivo;
- O sistema transforma as várias entradas em produtos para o consumidor;
- A produção não opera isolada do resto da organização;
- O *feedback* sobre as atividades na saída do produto é essencial para controlar e melhorar a performance do sistema.

Tubino (2009) salienta que os sistemas produtivos podem estar voltados tanto para a geração de bens quanto de serviços. Quando um produto fabricado é tangível, como a fabricação de um carro, diz-se que o sistema de produção é uma manufatura de bens. Já os sistemas de prestação de serviços se caracterizam, em geral, por um produto intangível, algo que pode ser apenas sentido.

Tanto a manufatura de bens como a de prestação de serviços são similares quanto ao aspecto de transformar insumos em produtos úteis aos clientes através de um sistema de produção. Porém existem algumas diferenças entre essas atividades. Podemos citar, por exemplo, que a manufatura de bens está voltada para o produto, enquanto a de prestação de serviços é orientada para o processo. Considerando isso e sabendo que os produtos fabricados por prestação de serviços são intangíveis, estes não podem ser previamente executados ou estocados como os bens. Outra grande diferença é que os serviços envolvem maior contato com o cliente, ao contrário do que ocorre na manufatura de bens, onde a fabricação ocorre longe dos olhos do cliente. Sendo assim, o planejamento da produção deverá considerar quanto tempo os clientes estão dispostos por estes serviços bem como a qualificação da sua mão de obra.

Apesar das grandes diferenças, ressalta Tubino (2009), na prática, a maioria das empresas se situa entre os dois extremos, produzindo simultaneamente bens e serviços, como mostra a tendência mundial, de considerar os sistemas produtivos como um pacote destes dois.

Através da classificação dos sistemas de produção, principalmente em função do fluxo do produto, é possível discriminar grupos de técnicas e outras ferramentas gerenciais em função do particular tipo de sistema (MOREIRA, 1998).

Para Moreira (1998) os sistemas produtivos podem ser classificados de duas maneiras: Classificação Cruzada de Schroeder e a Classificação Tradicional.

A Classificação Cruzada de Schroeder considera duas dimensões. De um lado, a dimensão tipo de fluxo de produto. De outro, a dimensão tipo de atendimento ao consumidor, onde existem duas classes: sistemas orientados para estoque e sistemas orientados para a encomenda.

Nos sistemas orientados para estoque o produto é fabricado e estocado antes da demanda efetiva do consumidor. O atendimento é rápido e a baixo custo, mas a flexibilidade de escolha do consumidor é reduzida. Já nos sistemas orientados para a encomenda, as operações são ligadas a um cliente em particular, discutindo-se preço e prazo de entrega. Pela classificação Cruzada de Schroeder, pode-se dizer que, por exemplo, em uma ferramentaria, o sistema de fabricação é orientado para a encomenda. Assim, para a confecção de uma ferramenta de corte, o cliente apresenta sua necessidade e a partir daí são discutidos questões como custos e prazos. Dessa forma, a ferramentaria procura adequar as necessidades do cliente com as condições da ferramentaria, alocando seus recursos necessários e disponíveis.

Já na Classificação Tradicional, os sistemas de produção são agrupados em três grandes categorias:

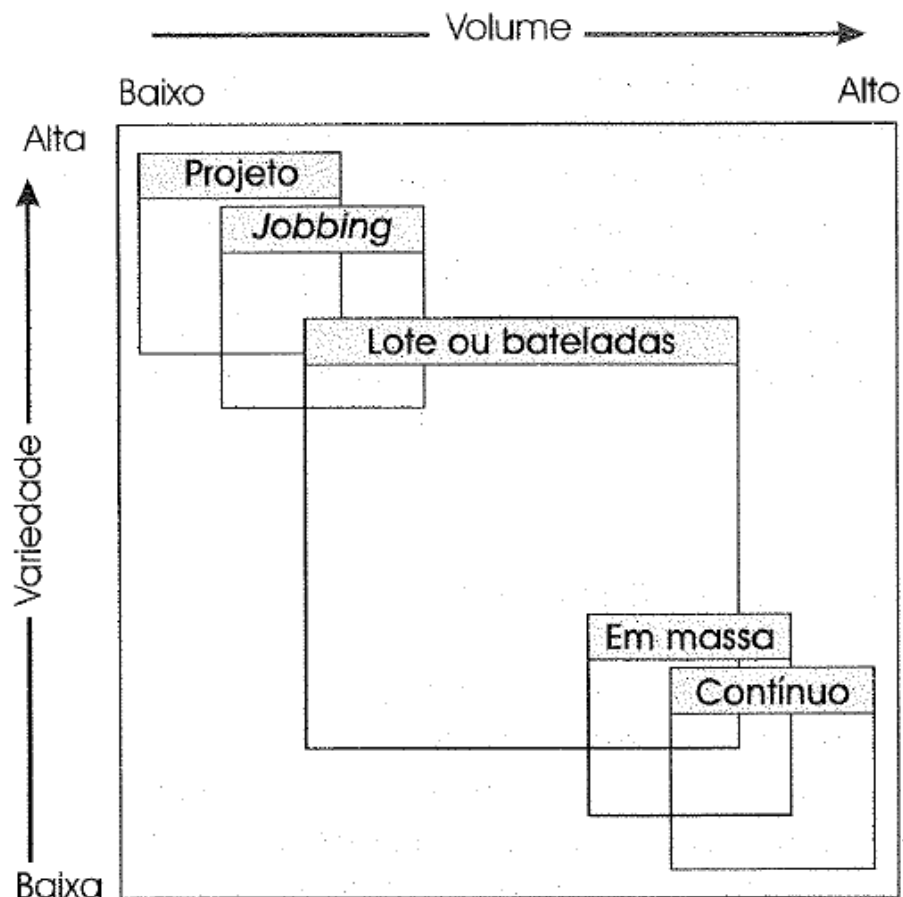
- 1) Sistemas de produção contínua ou de fluxo em linha; apresentam sequência linear de fluxo e trabalham com produtos padronizados.
  - produção contínua propriamente dita: é o caso das indústrias de processo, este tipo de produção tende a ter um alto grau de automatização e a produzir produtos altamente padronizados;
  - produção em massa: linhas de montagem em larga escala de pouco produtos com grau de diferenciação relativamente pequeno.
  
- 2) Sistemas de produção intermitente (fluxo intermitente)
  - por lotes: ao término da fabricação de um produto outros produtos tomam seu lugar nas máquinas, de maneira que o primeiro produto só voltará a ser fabricado depois de algum tempo
  - por encomenda: o cliente apresenta seu próprio projeto do produto, devendo ser seguidas essas especificações na fabricação.

- 3) Sistemas de produção de grandes projetos sem repetição: produto único, não há rigorosamente um fluxo do produto, existe uma sequência predeterminada de atividades que deve ser seguida, com pouca ou nenhuma repetitividade.

Já Slack (2007) prefere diferenciar estas categorias tradicionais em:

- 1) Processos de projetos;
- 2) Processos de *Jobbing* (por encomenda);
- 3) Processos em lotes;
- 4) Processos de produção em Massa;
- 5) Processos contínuos.

A Figura 2 abaixo faz uma comparação entre os sistemas, mostrando a variação entre o volume de produção e o grau de variação do produto final.



**Figura 2: Tipos de processos em operações de manufatura**  
**Fonte: Slack (2007)**



Nota-se que o baixo volume e a alta variedade são característicos do processo por projeto. Na visão do autor, neste processo os produtos são bastante específicos, onde o tempo para fazer o produto ou serviço, assim como o tempo de intervalo entre a conclusão dos produtos, é geralmente longo. Cada atividade demanda requisitos únicos de tecnologia, processos e maquinário numa certa sequência. Além disso, as atividades envolvidas na execução do produto podem ser incertas, sofrendo até mesmo alterações durante o próprio processo de produção. O autor ressalta ainda que a essência de processos de projetos é que cada trabalho tem início e fim bem definidos, o intervalo de tempo das atividades é relativamente longo e os recursos são provavelmente originados de forma especial para cada um dos produtos.

Os processos de *jobbing* também lidam com alta variedade e baixo volume de produção. Diferentemente do processo, onde por projeto com cada recurso é dedicado especialmente ao produto, neste tipo de sistema cada produto deve compartilhar os recursos com diversos outros. Kumar e Suresh (2009) ressaltam ainda que a produção por encomenda compreende em máquinas com objetivos gerais alocadas de diferentes departamentos. Moreira (1998) explica que esse tipo diferencia-se bastante dos demais tipos de produção, pois, na verdade, cada projeto é um produto único, não havendo assim um fluxo do produto. Nesse caso, tem-se uma sequência de tarefas ao longo do tempo, geralmente de longa duração, com pouca ou até nenhuma repetitividade.

O processo por lote pode ser baseado em uma gama mais ampla de níveis de volume e variedade do que ambos os processos citados anteriormente. De acordo com Kumar e Suresh (2009), a produção por lotes é definida pela APICS (*American Production and Inventory Control*) como: “uma forma de manufatura na qual o trabalho passa em lotes por departamentos funcionais e cada lote deverá ter um próprio sequenciamento.” É caracterizada pela manufatura de um número limitado de produtos em certos intervalos e mantido como estoque até a venda.

Processos de produção em massa são os que produzem bens em alto volume e com pouca variedade. As atividades em um processo de produção em massa são essencialmente repetitivas e amplamente previsíveis (SLACK, 2007). Kumar e Suresh (2009) descrevem a produção em massa como um sistema justificado para um grande volume de produção, com máquinas dispostas em um

layout de linha ou produto. Tanto o produto quanto o processo são padronizados, assim, todas as saídas percorrem o mesmo caminho.

No processo de produção contínua, as instalações são organizadas de acordo com a sequência de operações que favorecem o produto, a partir da primeira etapa de operação até o produto acabado. As peças devem seguir pelo processo através da movimentação de matérias, tais como, transportadores, esteiras e entre outros. Normalmente a produção opera por longos períodos de tempo, as vezes sendo produzidos num fluxo interrupto.

No Quadro 2 a seguir são comparadas as características, vantagens e limitações de desses processos, com exceção do processo por projeto.

Sistema produtivo	Características	Vantagens	Limitações
<b>Por Encomenda</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Alta variedade de produtos</li> <li>Baixo volume</li> <li>Utilização de máquinas e instalações de uso geral</li> <li>Operadores altamente qualificados, que podem assumir cada trabalho como um desafio por causa da singularidade.</li> <li>Estoque alto de materiais, ferramentas e peças.</li> <li>Dificuldade gerencial no planejamento e no controle (deve ser detalhado para atender todos requisitos do produto, bem como suas prioridades e a capacidade de cada setor)</li> <li>Alto custo</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Viabilidade de grande variedade de produtos.</li> <li>Operadores mais qualificados e competentes no decorrer das atividades.</li> <li>O potencial de cada operador pode ser utilizado.</li> <li>Campo potencial para métodos criativos e ideias inovadoras.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Alto custo devido à constante mudança de set ups.</li> <li>Maior custos de estoque.</li> <li>Complicado planejamento da produção.</li> <li>Requer maiores espaços.</li> </ol>
<b>Por Lote</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Ciclo baixo de produção.</li> <li>Máquinas e instalações flexíveis.</li> <li>Necessária mudança de configuração para a produção do próximo lote.</li> <li>Tempo de ciclo e custos são mais baixos do que em comparação com a produção por projetos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Melhor utilização de máquinas e instalações.</li> <li>Promove especialização profissional.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Manuseio de materiais é complexa por causa de fluxos irregulares e mais longos.</li> <li>Planejamento da produção é complexo.</li> </ol>
<b>Contínuo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>A planta é dedicada à aquele produto e não existe flexibilidade das máquinas.</li> <li>O manuseio de materiais é completamente automatizado.</li> <li>O processo segue etapas pré-definidas de operações.</li> <li>Materiais componentes não podem ser prontamente identificados como produto final.</li> <li>As funções de planejamento e agendamento são atividades rotineiras.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Padronização dos produtos e sequencia do processo.</li> <li>Maior taxa de produção, com o tempo de ciclo reduzido.</li> <li>Maior utilização da capacidade devido ao balanceamento de linha.</li> <li>Mão de obra não é necessária para a manipulação de material, uma vez que é completamente automático.</li> <li>Mão de obra com habilidades limitadas pode ser empregada na linha de produção.</li> <li>Custo unitário é menor devido ao alto volume de produção.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Não existe flexibilidade na fabricação de diferentes produtos.</li> <li>Investimento muito elevado para a criação de linhas de produção.</li> <li>Diferenciação de produtos é limitada.</li> </ol>
<b>em massa</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Padronização dos produtos e sequência do processo.</li> <li>Máquinas de operações específicas, com elevada capacidade de produção.</li> <li>Grande volume de produtos.</li> <li>Tempo de ciclo mais curto.</li> <li>Menor inventário de processo.</li> <li>Linhas de produção balanceadas.</li> <li>Fluxo de materiais, componentes e peças é contínuo.</li> <li>O planejamento e controle de produção são fáceis.</li> <li>Manuseio de materiais pode ser completamente automatizado.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Maior taxa de produção, com o tempo de ciclo reduzido.</li> <li>Maior utilização da capacidade devido ao balanceamento de linha.</li> <li>São necessários operadores menos qualificados.</li> <li>Baixo inventário durante o processo.</li> <li>Custo de produção por unidade é baixo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>A quebra de uma máquina irá parar toda uma linha de produção.</li> <li>Layout de linha precisa de grandes mudanças com as alterações no design do produto.</li> <li>Alto investimento em instalações de produção.</li> <li>O tempo de ciclo é determinado pela operação mais lenta.</li> </ol>

**Quadro 2: Características, vantagens e limitações por sistema produtivo.**

Fonte: Adaptado de Kumar e Suresh, 2009.

Vários são os critérios utilizados para se classificar os sistemas produtivos. Tubino (2009), por exemplo, discute ainda de maneira mais ampla as classificações dos sistemas de produção. Ele identifica o critério que serve de base para três delas pelo: grau de padronização, tipo de operação e natureza do produto.

Assim, coube ao referente trabalho analisar o tipo de classificação mais adequada ao estudo em questão.

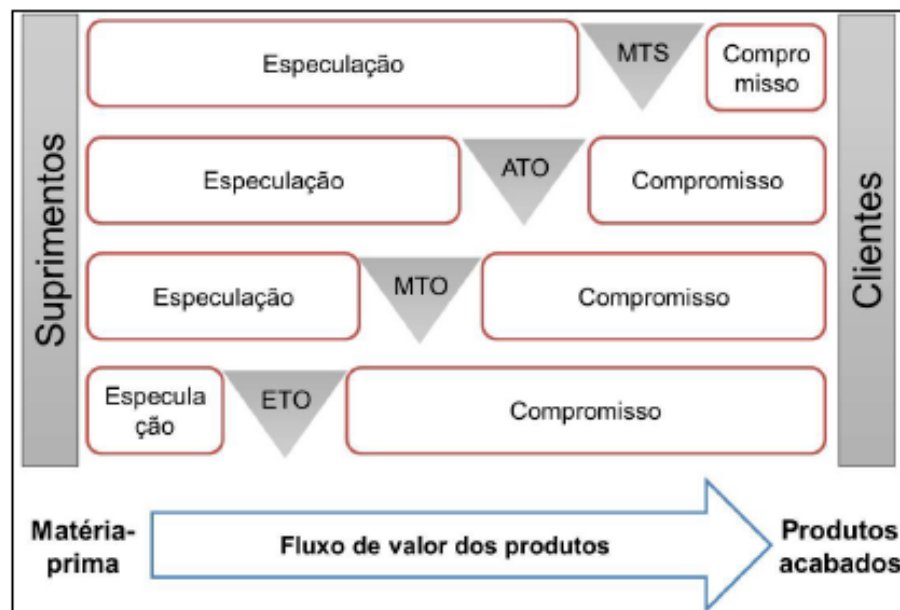
### **2.1.1 Tipologia de produção**

Em qualquer sistema produtivo existem dois grandes grupos de atividades: As que são realizadas antes da chegada da ordem do cliente e as que são realizadas após o recebimento da ordem.

Segundo Pires (2004) existem quatro tipologias fundamentais de produção:

- Produção para Estoque (*Make to Stock – MTS*);
- Montagem sob Encomenda (*Assembly to Order – ATO*);
- Produção sob Encomenda (*Make to Order – MTO*); e
- Engenharia sob Encomenda (*Engineer to Order – ETO*).

Observa-se que cada tipologia é caracterizada pelo momento em que a ordem do cliente entra no fluxo, representada pelos triângulos da Figura 3 e, conseqüentemente, pelo grau de influência que o cliente tem sobre a especificação do produto e sobre o próprio fluxo de processos.



**Figura 3: Determinação das tipologias de produção através da entrada da ordem do cliente no fluxo.**  
**Fonte: Adaptado de Saia (2013)**

A Produção para Estoque (MTS) caracteriza-se pela produção de itens padronizado, baseados em previsões de vendas. Neste caso, nenhum item é customizado, pois o pedido é feito com base no estoque de produtos acabados. Pires (2004) ressalta que nesse caso a interferência dos clientes no ciclo produtivo é muito pequena ou inexistente. Os sistemas MTS têm como principal vantagem a rapidez na entrega. No entanto, os custos com estoques tendem a ser grandes e os clientes não tem como expressar diretamente suas necessidades com relação ao produto.

Na Montagem sob encomenda (ATO), os subconjuntos, grandes componentes e materiais diversos são armazenados até o recebimento dos pedidos dos clientes contendo as especificações dos produtos finais. Desta forma, a ordem do cliente chega à produção no processo de montagem, determinando a configuração de componentes que serão utilizados no produto final. A interação dos clientes com o projeto dos produtos é limitada. As entregas dos produtos tendem a ser de médio prazo e as incertezas da demanda (quanto ao mix e volume dos produtos) são gerenciadas pelo excesso no dimensionamento do estoque de subconjuntos e capacidade das áreas de montagem.

Na Produção sob Encomenda (MTO), geralmente, a produção só é executada após a venda do produto, ou seja, o processo de venda antecede o processo produção. O que vai ser produzido sob encomenda pode variar desde um

produto inédito, produzido de forma customizada, ou um produto escolhido entre um conjunto de opções (PIRES, 2004). Neste tipo de sistema, a interação com o cliente costuma a ser extensiva e o produto está sujeito a algumas modificações, mesmo durante a fase de produção. Os produtos geralmente não são únicos (um de cada tipo), porque usualmente os produtos são projetados a partir de especificações básicas. Os tempos de entrega tendem a ser de médio a longo prazo e as listas de materiais são usualmente únicas para cada produto;

A Engenharia sob Encomenda (ETO) é uma extensão da estratégia MTO, com o projeto do produto baseado quase que totalmente nas especificações do cliente (SAIA, 2009) A ordem dos principais processos de negócios nessa estratégia é bem parecida com o caso da MTO, apenas com a inclusão do processo “projetar produto” logo após o processo “vender” (PIRES, 2004). Os produtos são altamente customizados e o nível de interação com o cliente é muito grande. Elevados custos de fabricação são gerados pela dificuldade de padronização dos processos.

## 2.2 PRODUÇÃO EMPURRADA

De acordo com Womack e Jones (2003), “empurrar” significa que um processo produz alguma coisa independentemente das necessidades reais do processo seguinte (processo cliente). Como efeito, a programação fica pautada em previsões de demanda dos clientes. O fato de as programações mudarem constantemente e o comum desalinhamento da produção com a programação dificulta a consistência dessa forma de produção “empurrada” baseada em previsões.

Assim, em um ambiente de produção empurrada, as ações corretivas não são tomadas antes que o problema aconteça e o *WIP*<sup>2</sup> (*Work in Process*) esteja fora de controle.

---

<sup>2</sup>WIP = *Work in Process*, ou seja, o que está em execução num determinado ponto do processo.

## 2.3 PRODUÇÃO PUXADA

Segundo Tubino (2009), a produção puxada é um sistema em que cada etapa do processo deve produzir somente quando um processo posterior, ou cliente final solicite, tornando-se uma forma de controlar a produção entre os fluxos.

A produção puxada pode ser controlada/monitorada através de diversas ferramentas, seja por meio de cartões *Kanban*<sup>3</sup>, de sinalizações eletrônicas ou de monitoramento manual dos níveis de *WIP*. No entanto, em todos os sistemas de produção puxada, é assegurado que, não importando o que aconteça no chão de fábrica, os níveis pré-determinados de *WIP* não podem ser excedidos, pois, ao se estabelecer um nível máximo de *WIP*, os sistemas de produção puxada impõem uma forte ênfase no fluxo de materiais: se a produção para, a alimentação de materiais também para.

Este modelo de produção, introduzido primeiramente na indústria japonesa, foi baseado na habilidade de oferecer ao mercado produtos de qualidade, no tempo certo, com custos competitivos e em uma boa variedade. O sistema mostrou-se eficaz no controle da produção, o que facilitou a produção com custos baixos, contando com a alta produção, baixos estoques e pouco retrabalho.

Esse sistema promoveu uma alta qualidade externa por meio da implantação da qualidade interna, permitiu um bom nível de atendimento aos clientes por meio do fluxo de produção constante e previsível e também possibilitou um perfil flexível de resposta rápida às mudanças das demandas do mercado.

## 2.4 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Na década de 50, devido à restrições de mercado as indústrias japonesas não poderiam aplicar os conceitos de produção em massa, pois a demanda era de alta variedade de produtos e baixas quantidades. Portanto, não era possível reduzir

---

<sup>3</sup>*Kanban* é um termo de origem japonesa que significa cartão. Tornou-se um conceito relacionado com a utilização de cartões para indicar o andamento dos fluxos de produção em empresas de fabricação em série.

custos através da produção de lotes grandes. Nesse contexto, foi criado o Sistema Toyota de Produção que também é conhecido como Produção Enxuta (STEFANELLI, 2010). O método consiste em identificar e eliminar radicalmente os desperdícios. Para isso, a produção é organizada a partir da exclusão ou minimização das ações que não criam valor aos produtos, “e ao mesmo tempo, fazendo com que as ações que criam valor aos produtos sejam feitas de maneira mais eficaz e no momento que o cliente deseja.” (STEFANELLI, 2010). Segundo OHNO (1987), o trabalho da Toyota em relação ao Sistema Toyota de Produção é: “o que estamos fazendo é observar a linha do tempo desde o momento em que o cliente nos faz um pedido até o ponto em que recebemos o pagamento. E estamos reduzindo essa linha do tempo, removendo as perdas que não agregam valor”.

O Sistema Toyota de Produção possibilita a fabricação de uma variedade maior de produtos, evita a superprodução e busca a redução máxima de desperdícios.

De acordo com Saia (2013), a produção enxuta tem como objetivo atingir um ritmo de produção equivalente ao ritmo da demanda em que os clientes compram os produtos de um determinado fluxo de valor. Dessa forma, desperdícios são evitados.

Vale ressaltar que a Produção Enxuta propõe uma mudança cultural da organização, não apenas a aplicação de ferramentas.

## 2.5 LEAN MANUFACTURING

O termo “*Lean Production*” (Produção Enxuta) foi criado a partir do Sistema Toyota de Produção desenvolvido pelos japoneses da Toyota no período pós-Segunda Guerra Mundial. O grande foco da Produção Enxuta é a eliminação ou redução máxima de desperdícios no fluxo de valor dos produtos ou serviços (SAIA, 2013).

Qualquer atividade que absorva recursos como mão-de-obra e energia e não cria valor para o cliente final é considerada desperdício, de acordo com Womack e Jones (2003). Portanto, conforme expõem Saia (2013), pode-se classificar as atividades entre: atividades que agregam valor e atividades que não agregam valor. Acredita-se que as atividades que agregam valor representam apenas 5% do tempo



que é gasto em toda a cadeia produtiva. Todo o restante do tempo está concentrado em atividades que não agregam valor para o cliente final (SAIA, 2013). Por outro lado, o enfoque da Produção Enxuta é a redução ou a eliminação das atividades que não agregam valor (NAV), tais como os tempos de espera, os estoques, as movimentações e os tempos de troca. Como estes desperdícios representam uma grande parcela do *lead time* do produto pelo fluxo de valor (cerca de 95%), a redução destas atividades proporciona uma grande redução de *lead time* total (HINES e TAYLOR, 2000).

### 2.5.1 Tipos de desperdício

Os desperdícios perseguidos pela Produção Enxuta podem ser classificados em sete categorias. De acordo com Shingo (1996), estes desperdícios são:

- 1) Produção excessiva;
- 2) Defeitos;
- 3) Espera;
- 4) Transporte excessivo;
- 5) Processamento inadequado;
- 6) Estocagem desnecessária;
- 7) Movimentação excessiva;

A **produção excessiva**, ou superprodução é em grande parte resultado da produção empurrada e significa produzir mais rápido ou em maior quantidade que o necessário. Por este motivo, tende a aumentar estoques de produtos acabados na expedição e estoques entre processos, aumentando conseqüentemente o *lead time* (VON BUETNNER; MORSELLI, 2013). Na visão do cliente, ter produtos a pronta entrega, prontos em estoque, pode ser um grande benefício, no entanto, para o fornecedor, essa produção excessiva pode causar sobrecargas em máquinas, equipamentos e pessoas.

Essa produção excessiva pode ocorrer quando a produção é feita além da quantidade programada (também chamada de superprodução quantitativa) ou antes do momento programado (superprodução antecipada).

Segundo Corrêa e Giansesi (2001), a superprodução quantitativa ocorre geralmente por problemas e restrições do processo, como por exemplo, altos tempos de setup, incerteza na ocorrência de problemas de qualidade e confiabilidade dos equipamentos, falta de coordenação entre demanda e produção ou layout físico inadequado, fazendo com que o material percorra grandes distâncias e levando a formação de lotes para movimentação.

**Defeitos** são produtos que não atendem à especificação do cliente. De acordo com Von Buetnner e Morselli (2013) os defeitos têm efeito direto sobre o custo da empresa considerando que as peças defeituosas são eliminadas, retrabalhadas ou vendidas como sucata. Segundo Corrêa e Giansesi (2001), a produção, quando produz produtos defeituosos, está desperdiçando materiais, disponibilidade de equipamentos e mão de obra, movimentação e espaço físico. Além disso, caso os produtos defeituosos passem na inspeção de qualidade e cheguem ao consumidor final, o cliente pode devolver o lote produzido, resultando aumento de custos de transporte para o retorno a empresa e aumento do tempo de estocagem, além do prejuízo causado na relação entre cliente e a empresa (VON BUETNNER; MORSELLI, 2013).

Von Buetnner e Morselli (2013) descrevem o desperdício decorrente de **espera** como o emprego ineficiente do tempo na linha de produção. São longos períodos de inatividades de bens, pessoas e informações. Este tipo de desperdício ocorre, por exemplo, quando o lote posterior espera o término do lote em processo, um produto aguarda o processamento de outros produtos ou quando um operador espera junto à máquina para acompanhar o processamento do início ao fim. O estado ideal deve eliminar qualquer espera de peças no processo, resultando em um fluxo contínuo até o final do fluxo de valor.

**Transporte excessivo** refere-se ao deslocamento desnecessário de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados. Deve-se buscar a minimização do tempo gasto com essa atividade, uma vez que peças não são trabalhadas enquanto são transportadas, sem agregação de valor (VON BUETNNER; MORSELLI, 2013). O excesso de transporte ocorre pela necessidade de armazenamento de um volume alto de peças em estoque e pelas grandes distâncias entre equipamento ou arranjos físicos inadequados. Assim, na visão de Corrêa e Giansesi (2001), para reduzir esse desperdício, é importante que ocorra a redução do nível de estoques e seja elaborado um arranjo físico adequado. Os

problemas causados pelo transporte são a maior probabilidade de danos e deterioração com a maior distância percorrida, e o aumento do tempo de estocagem.

O **processamento inadequado** ocorre quando um processo é executado utilizando ferramentas ou procedimentos não apropriados, tornando o processo de difícil execução e mais suscetível a erros que causam defeitos no componente fabricado. Pode-se citar como exemplo o uso de máquinas robustas de baixa flexibilidade ao invés de inúmeras máquinas flexíveis para executar um processamento simples. Esse processamento inadequado pode levar à produção excessiva, que visa erroneamente recuperar o tempo de fabricação desperdiçado com o processamento inadequado, mas na verdade só aumenta o número de defeitos e desperdícios (VON BUETNNER; MORSELLI, 2013).

Na visão de Von Buetnner e Morselli (2013), a **estocagem** de produtos acabados ou em processamento tende a aumentar o espaço necessário de ocupação da planta e o tempo de permanência do produto na fábrica (*lead time*).

Já a **movimentação excessiva**, descrevem os autores, tem ligação com a ergonomia da produção, pois se refere ao excesso de movimentação dos operadores movendo ou armazenando peças. Processos em que operadores precisam esticar-se, curvar-se, fazer força excessiva são exemplos de movimentação desnecessária. Este defeito causa fadiga nos operadores, resultando em má qualidade, baixa produtividade e até mesmo, em casos extremos, afastamento do operador. De acordo com Corrêa e Gianesi (2001), a redução de movimentação é importante, pois reduz o tempo associado ao processo produtivo e aumenta a produtividade. O tempo antes utilizado para a movimentação por parte dos operadores pode ser aplicado em outras atividades que agreguem valor.

### **2.5.2 Princípios do *Lean Manufacturing***

Taiichi Ohno e Shingeo Shingo desenvolveram os conceitos da filosofia da Produção Enxuta que viria a se tornar um padrão mundial de referência em manufatura por todo o mundo (OHNO, 1997). Womack e Jones (2003) resumiram o pensamento enxuto em cinco princípios:

**Identificar Valores:** Especificar o que agrega e o que não agrega valor ao produto, a partir da perspectiva do cliente e não do ponto de vista das empresas individuais, funções e departamentos.

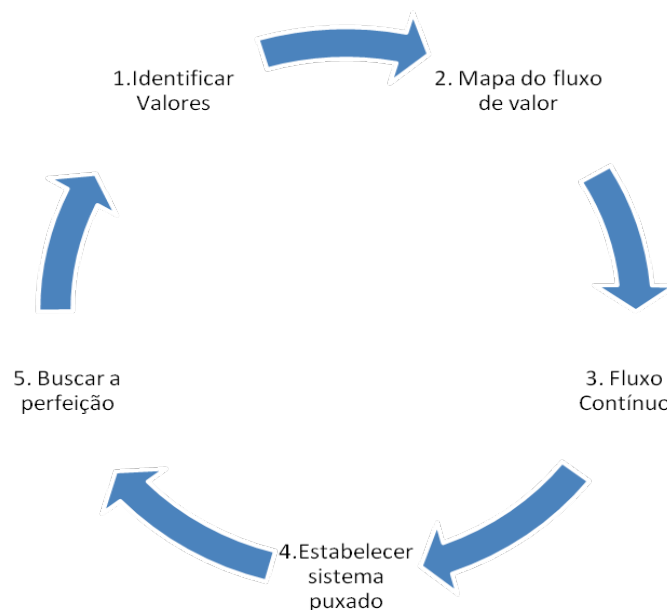
**Identificar o fluxo de valor:** Identificar a cadeia de valor para cada família de produtos, incluindo os dados de cada operação de transformação necessária, bem como o fluxo de informação inerente a esta família de produtos. A identificação de um fluxo de valor completo, geralmente, indica vários tipos de desperdícios durante o processo.

**Fluxo:** Produzir em fluxo contínuo, de modo que não haja interrupções no fluxo de produção, objetivando reduzir ao máximo ou eliminar as atividades deste fluxo que não agregam valor ao produto.

**Produção Puxada:** Introduza o sistema puxado em cada etapa onde o fluxo contínuo é possível.

**Perfeição:** Buscar sempre na perfeição, através da melhoria contínua, de forma que as etapas do processo e a quantidade de tempo e informações necessárias para atender aos requisitos do cliente estejam sempre em redução.

Pode se perceber no fluxo dos princípios *Lean* mostrado na Figura 4, que a aplicação destes princípios é uma tarefa contínua, analisando as atividades que agregam valor e visando sempre a eliminação dos desperdícios.



**Figura 4: Diagrama de fluxo da aplicação dos princípios *Lean*.**

**Fonte: Adaptado de *Lean Enterprise Principles*, 2014.**

### **2.5.3 Dificuldades na implementação do *Lean***

A simples aplicação de técnicas enxutas em parte isoladas da empresa gera resultados distorcidos. Vale ressaltar que é importante considerar alguns princípios do pensamento enxuto antes de partir para a aplicação de técnicas isoladas. Além disso, deve-se analisar a situação particular de cada empresa e adequar estas técnicas para assim superar as dificuldades de implementação das mesmas (CUTOVOI; SALLES; VANALLE, 2011).

Deixando de lado as características de cada empresa, em geral, algumas das dificuldades encontradas para a aplicação dos conceitos e ferramentas do *Lean* podem ser identificadas conforme abaixo:

- Fraca capacidade de visão de melhoria por parte da administração.
- Se pressupõem que o processo já é eficiente.
- Falta de tempo para estudar *Lean*
- Falta de tempo na implementação do *Lean*
- Falta de formação e baixo conhecimento dos princípios *Lean*.
- Insuficiência de elementos para proceder a uma correta implementação.
- Fraca capacidade de auto-crítica,
- Pouca comunicação

### **2.5.4 Ferramentas do *Lean***

As ferramentas têm suas origens na engenharia industrial, estudos de logística, gestão de operações e dinâmica de sistemas. Tanta variedade de origens garante grande variedade de aplicabilidade e de perspectivas para análise. (VON BUETTNER; MORSELLI, 2013)

Dentre as diversas ferramentas que hoje se aplicam ao conceito *Lean*, algumas são descritas a seguir.

#### 2.5.4.1 Manutenção produtiva total (MPT)

Tem como objetivo principal aumentar a disponibilidade técnica dos ativos da empresa, maximizando a eficiência global dos equipamentos. Através da utilização das boas práticas da manutenção mundial é possível minimizar as intervenções, avançando de uma manutenção reativa (método corretivo depois de ocorrida a falha) para uma manutenção proativa, onde são implementados controles que antecipam falha, aumentando assim a vida útil da máquina (SILVA, 2014).

#### 2.5.4.2 Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)

O Mapa de Fluxo de Valor é um método utilizado para analisar e diagnosticar a situação atual além de auxiliar no planejamento da situação futura da produção ou processo de uma empresa. É através dele que os gestores da empresa podem enxergar as oportunidades de melhoria na situação atual e projetar a situação futura com as ferramentas certas para atacar cada tipo de desperdício. (STEFANELLI, 2010)

#### 2.5.4.3 *Kanban*

Sistema que permite o controle visual ao longo das várias etapas de fabricação do produto. Pode ser conceituado como retirada e abastecimento contínuo conforme a demanda. Verifica-se ainda que o *Kanban* tem a função de agilizar o processo evitando que diversas peças fiquem perdidas pela empresa, bem como, promove o controle visual do processo. (FRANCO, 2010)

#### 2.5.4.4 Kaizen

Significa melhoria contínua. Representa todas as atividades no sentido de melhorar o desempenho dos processos e sistemas de trabalho. Pode envolver pessoas, equipamentos ou materiais. O objetivo é de passar do reprocessamento, ou reparação para a prevenção.

#### 2.5.4.5 Troca rápida de ferramenta (TRF)

A competência de trocar rapidamente ferramentas e acessórios agrega ao processo uma maior flexibilidade permitindo produzir em um mesmo equipamento produtos diversificados e em menores lotes (SILVA, 2014).

#### 2.5.4.6 5S

Trata-se de uma filosofia básica para a implementação dos conceitos da produção Enxuta, tendo como principal objetivo organizar os postos de trabalho de forma a aumentar a produtividade e diminuir os desperdícios associados ao processo. A técnica de melhoria do 5S foi criada no Japão e tem o seu significado, adaptado para o português, como cinco expressões: Senso de utilização, Senso de Ordenação, Senso de Limpeza, Senso de Padronização e Senso de Autodisciplina. (SAIA, 2009)

#### 2.5.4.7 Gerenciamento Visual

A gestão visual, em geral, é de fundamental importância para o acompanhamento da produção e processos. A aplicação deste tipo de ferramenta

implica na exposição dos indicadores, informações, ferramentas, peças e ações da produção, acessível à todos, permitindo em uma simples olhada, que qualquer pessoa saiba sobre o estado atual do sistema (FRANCO, 2010).

## 2.6 FERRAMENTAS DE GESTÃO VISUAL

Muitas vezes é observada a dificuldade para o gestor da área em visualizar de uma forma ampla o andamento dos trabalhos e andamento as atividades.

O gerenciamento visual é uma forma de introduzir o princípio de transparência de processos na empresa. Pode ser entendido como dispositivos visuais que compartilham informações, interligando a necessidade de uma atividade com as informações necessárias para a realização.

O gerenciamento no chão de fábrica é importante para evitar problemas como falta de clareza na definição do que deve ser feito, que torna extremamente necessária a presença constante do líder ou supervisor no acompanhamento e direcionamento das atividades. Os operadores não se sentem a vontade e nem aptos a resolverem problemas, principalmente aqueles sem qualificações necessárias para a execução das atividades. Assim, a ferramenta facilita o acesso dos envolvidos às informações, permitindo a visualização do *status* das atividades em andamento e, portanto, facilitando o acompanhamento da produção e tomada de ações, quando necessárias. Operadores, líderes, supervisores e gerência podem ter informações compartilhadas e com fácil acesso. Desta forma, todos têm a mesma visão dos problemas e do andamento das atividades (FERRO, 2012).

Frequentemente os problemas são técnicos e de difícil resolução. As ferramentas de controle visual não precisam permitir a qualquer um resolver um problema, mas sim permitir a verificação e a informação de quando alguma coisa está errada.

Conforme Ferro (2012), pode-se considerar como objetivos da ferramenta de gestão visual as seguintes características:

- Oferecer informações simples e acessíveis, facilitando o trabalho diário para que se trabalhe com mais qualidade;



- Aumentar o conhecimento de informações a um número maior de pessoas;
- Reforçar a autonomia dos funcionários, enriquecendo os relacionamentos;
- Fazer do compartilhamento de informações uma cultura da empresa

Uma proposta de gestão visual numa empresa que trabalha com produção sob encomenda consiste em um quadro geral que apresenta informações sobre o cliente, produto, componente, prazo de entrega, exigências do produto, entre outros, disposto em local de fácil acesso a todos. (FRANCO, 2010).

### 2.6.1 PULSE

Em empresas de desenvolvimento de produtos, o desenvolvimento dos processos esta se tornando cada vez mais complexo. Com isso, busca-se também o desenvolvimento de novas técnicas que supram necessidade que estes novos produtos e processos têm de estarem sempre em melhoria contínua. Novos métodos, como o Pulse, estão sendo aplicados em empresas a fim de reduzir o tempo administrativo no desenvolvimento projetos. (KAYA, 2012)

Pulse é uma metodologia que visa a redução do *lead time* dos trabalhos e o aumento da eficiência no desenvolvimento e entregas desses trabalhos, através do controle no fluxo do projeto. O Pulse baseia-se em princípios *Lean* e *Agile* (conjunto de metodologias de desenvolvimento de software), desenvolvidos e compilados em "Pulse" pela empresa de consultoria Parmatur (KAYA, 2012). Em particular, os métodos dão suporte à comunicação, coordenação, transferência de conhecimento, a rápida tomada de decisão, e interação entre os times ou setores através das informações visuais em "quadros Pulse" e em reuniões frequentes e de curta duração.

O Pulse começa com o estabelecimento visual de metas e o planejamento de projeto por parte da equipe de projetos. Um novo "quadro Pulse" é preparado na "sala de Pulse" e o quadro recebe os objetivos do projeto, plano de projeto, as atividades do projeto e outras informações do projeto. O quadro de Pulse é usado como ponto de encontro para a equipe do projeto durante todo o projeto. O *status* é

atualizado diretamente no quadro. Tudo é visível para todos: onde estamos, para onde vamos, e o que resta ser feito.

A gerência também tem bastante participação nas reuniões Pulse. Por exemplo, a cada semana são realizadas reuniões para analisar o projeto completo; para tomar importantes decisões e apoiar o progresso nos projetos. Outra reunião semanal é especificamente voltada para a resolução de problemas de recursos levantados pelos projetos.

Todas as reuniões são realizadas em base semanal certificando-se de que qualquer questão levantada em um projeto pode ser respondida no prazo de uma semana. A ideia é que todas as pessoas que são necessárias para uma tomada de decisão estejam reunidas no mesmo lugar ao mesmo tempo. As decisões são tomadas nas reuniões e nenhuma reunião de Pulse deve durar mais do que 30 minutos.

“Quadros Pulse” são um dos instrumentos de planejamento utilizados durante as reuniões do Pulse. Ele dá uma visão geral sobre como está indo o desenvolvimento dos projetos na empresa. A Figura 5 mostra um exemplo deste quadro.



Figura 5: Exemplo do quadro PULSE

Fonte: Kaya, 2012.

De acordo com Kaya (2012), diferentes empresas têm sua própria maneira de usar esta ferramenta, mas geralmente são usados 3 cores diferentes de ímãs para mostrar como esta acontecendo o desenvolvimento nas diferentes fases do projeto. As cores são as listadas abaixo:

- Vermelho: Desvio (que precisa de atenção para ser resolvido);
- Amarelo: Desvio (que está sob controle, por exemplo, tem uma solução planejada);
- Verde: Sem desvio.

Seguindo do ímã, na próxima coluna, é utilizado de uma pequena descrição sobre o desvio, o qual é então relacionado a um relatório detalhado. Todas essas informações estão presentes no quadro, ajudando os gestores para obter uma visão rápida sobre o andamento, como mostra o exemplo na Figura 5. (KAYA, 2012)

Na Figura 6 pode-se ver os detalhes da agenda seguida como base nestas reuniões:

<b>Método</b>	
<u>Agenda</u>	<u>Participantes</u>
<p><b>1. Alguma alteração desde a última reunião?</b> O que foi feito desde a última reunião Mover da entrada / a fazer /em processo para concluído Atualizar problemas e decisões</p> <p><b>2. Gerenciamento de problemas</b> Novo problema recebido é colocado na caixa “a fazer”. Os participantes discutem se ele realmente é um problema rotineiro ou não. A reunião decide sobre ações e responsáveis para resolver o problema. Atualizar problemas e decisões</p> <p><b>3. Aprovação de nova rotina</b> A nova rotina é apresentada e aprovada na reunião seguindo da aprovação pelo proprietário do processo relacionado. A nova rotina é substituída na sala Pulse O Presidente Pulse responsável é informado pela equipe Pulse.</p>	<p>Presidente Pulse Os gerentes do programa Líderes do projeto nos sites Os gerentes de projeto Gerentes de atribuição Gerente de HSE (Segurança, saúde e meio ambiente) Gerente da Qualidade</p>

**Figura 6: Agenda a ser seguida em reuniões PULSE**

**Fonte: Autoria Própria.**

Alguns benefícios e possibilidades do Pulse podem ser listados a seguir:

- 1) Alta velocidade no decorrer de Projetos de: tomadas de decisões semanais e envolvendo a gerência
- 2) Encontros rápidos e eficientes (15 à 30 minutos) e redução total de tempo de reunião
- 3) Redução significativa na quantidade de e-mails
- 4) Eficientes tomadas de decisões feitas pelas equipes
- 5) Frequente transferência de conhecimento
- 6) Problemas são levantados cedo e tratados rapidamente
- 7) Priorização: quantidade limitada de projetos acontecendo ao mesmo tempo
- 8) Todos os membros do projeto estão atualizados sobre o andamento do projeto

## 2.7 CONTROLE E PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

Qualquer operação produtiva requer planos e controle, mesmo que os detalhes possam variar. Algumas atividades são mais difíceis de planejar do que outras. Por exemplo, as que têm um alto nível de imprevisibilidade podem ser particularmente difíceis de planejar, já as operações que têm um alto grau de contato com os consumidores podem ser difíceis de controlar devido à natureza imediata de suas operações. (SLACK, 2007)

Assim, na visão do autor acima citado, o planejamento e controle da produção é a atividade onde se decide o melhor emprego dos recursos da produção, assegurando, assim, a execução do que foi previsto.

A divisão entre planejamento e controle, na maioria das vezes, não ocorre de maneira clara (nem na teoria e nem na prática). Slack (2007) descreve o plano como a formalização do que se pretende que aconteça num determinado momento futuro. O planejamento é baseado em expectativas que nem sempre ocorrem como esperado. Pode haver alterações, por exemplo, quanto: aos requisitos dos clientes, entrega dos fornecedores, condições dos recursos e pessoal. Qualquer uma dessas razões implica que o plano não pode ser levado adiante como esperado. A área de controle é a responsável por lidar com essas variáveis. Assim, o controle da

produção tem como objetivo coletar dados referentes a informações da produção e avisar caso haja algum desvio no planejamento. As operações de controle podem resultar em replanejamento das atividades, intervenções necessárias para retomar o controle do processo ou ajustes que permitam que a operação atinja os objetivos que o plano estabeleceu.

Slack (2007), explica ainda que o controle e planejamento requerem a conciliação do fornecimento e da demanda em termos de volume, tempo e qualidade. O planejamento e controle da qualidade são responsáveis por lidar com a qualidade. Já para conciliar o tempo e o volume, o autor separa o PCP em três atividades distintas (embora integradas). São elas: carregamento, sequência e programação.

### **2.7.1 Carregamento da produção**

De acordo com Slack (2007), carregamento é a quantidade de trabalho alocado para um centro de trabalho, ou seja, determina o volume com o qual uma operação produtiva pode lidar. Em teoria uma máquina esta disponível numa fábrica 168 horas por semana (7 dias vezes 24 horas). Mas isso não significa que todas essas horas possam ser utilizadas para aquela máquina. Existem perdas devido à manutenção, quebra, limpeza, trocas e até mesmo por período não trabalhado. O autor ainda separa o carregamento entre carregamento finito e infinito, conforme descrito a seguir:

- Carregamento finito: aloca trabalho somente até um limite estabelecido do centro de trabalho. Neste tipo de carregamento não é possível exceder a capacidade, evitando assim que haja sobreposição das tarefas nos centros de trabalho.
- Carregamento infinito: não há limite de aceitação de trabalho. As tarefas são atribuídas a centros de trabalho desconsiderando as capacidades desses centros.

## 2.7.2 Sequenciamento da produção

O sequenciamento consiste na determinação da prioridade das tarefas a serem desempenhadas e a respectiva ordem destas tarefas. As prioridades dadas ao trabalho são geralmente definidas, segundo Slack (2007), através de algumas regras:

- **Prioridade ao consumidor:** As operações algumas vezes, permitem que um consumidor importante, ou temporariamente ofendido, ou um item, sejam “processados” antes de outros, independente da ordem de chegada do consumidor ou do item. Essa prioridade é tipicamente utilizada pelas operações, cuja base de consumidores é dispersa, que contêm uma massa de pequenos consumidores e alguns consumidores importantes. Nestes casos, pode resultar em um serviço de muito alto nível para consumidores de “grande porte”, mas um serviço prejudicado para os demais consumidores. Além disso, a prioridade ao consumidor pode baixar a média de desempenho da operação, se o fluxo de trabalho existente for perturbado por causa de consumidores importantes, além de poder erodir a qualidade e a produtividade da operação, fazendo-a menos eficiente.
- **Data prometida:** é o sequenciamento do trabalho de acordo com a data prometida de entrega. Apesar de não proporcionar uma produtividade ótima, é flexível a novos trabalhos urgentes e assim melhora a confiabilidade de entrega de uma operação e a média de rapidez de entrega.
- **LIFO:** *Last In, First Out* (LIFO) (Último a entrar, primeiro a sair) é um método de sequenciamento escolhido por razões práticas. O LIFO tem um efeito muito adverso na rapidez e confiabilidade de entrega. A sequência não é determinada por razões de qualidade, flexibilidade ou custo, assim, nenhum desses objetivos de desempenho é bem servido por este método.
- **FIFO:** *First In, First Out* (FIFO) (Primeiro a entrar, primeiro a sair) é um método onde as operações servem aos consumidores na exata sequência de sua chegada, desconsiderando urgências ou datas prometidas. Pode

ser visto como uma forma justa de sequenciamento, minimizando reclamações.

### **2.7.3 Programação da produção**

Após a determinação do sequenciamento da produção, algumas operações requerem um cronograma detalhado, mostrando o início e o momento de término destes trabalhos. O programa são declarações de volume e horários (ou datas) familiares em muito ambientes (SLACK, 2007).

De acordo com o autor, na programação da produção, os programadores têm que lidar com diversos tipos diferentes de recursos simultaneamente. As máquinas terão diferentes capacidades e o pessoal, diferentes habilidades.

Deve-se destacar também que o número de programas possíveis cresce rapidamente à medida que o número de atividades e processos aumenta. A tarefa de programação tem que ser repetida frequentemente para permitir resposta às variações de mercado e às mudanças no mix de produtos. E mesmo com pequenas mudanças no mix de produtos, os recursos limitantes de capacidade dentro das instalações podem mudar bastante em um tempo curto.

É pertinente ressaltar ainda a importância da determinação do caminho crítico na etapa de programação, seja qual for a técnica utilizada para isso. O caminho crítico é definido como o caminho mais desfavorável para a realização do programa (caminho crítico), ou seja, o caminho por onde passam as atividades de maior duração (atividades críticas). Sua importância se dá pelo fato de que o caminho crítico determina a sequência de atividades dentro da rede que não podem sofrer atraso sob-risco de atrasar todo o cronograma do projeto.

#### **2.7.3.1 Programação puxada e empurrada**

Slack (2007) descreve a programação puxada e empurrada conforme a seguir. Em um sistema de planejamento e controle empurrado, as atividades são

programadas através de um sistema central. Cada centro de trabalho empurra o trabalho, sem considerar as condições da próxima etapa. Na prática, várias são as razões pelas quais as condições reais diferem das planejadas. Como consequência a produção com a programação do tipo empurrada origina estoques, tempo ocioso e filas.

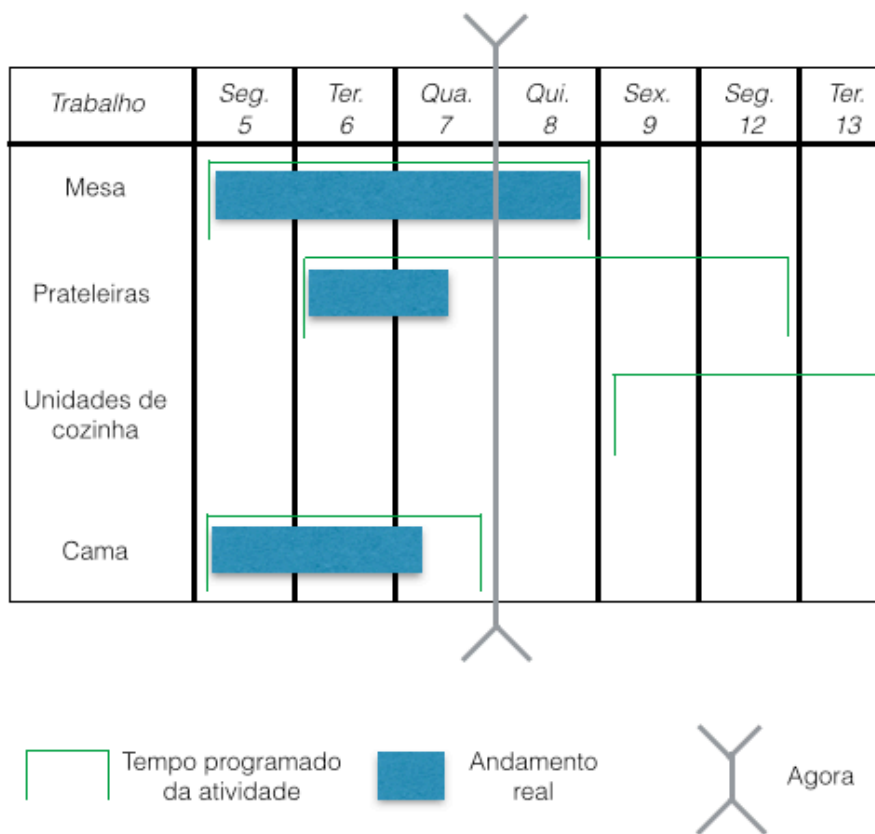
No sistema puxado o passo e as especificações do o que é feito são estabelecidos pela estação de trabalho do “consumidor”, que “puxa” o trabalho da estação antecedente. O consumidor atua como um “gatilho”. Sem a requisição do consumidor o “fornecedor” (etapa antecedente) não é autorizado a produzir nada ou mover qualquer material. A demanda requerida pelo consumidor é transmitida ao fornecedor e deste ao longo das etapas antecessoras.

### 2.7.3.2 Gráfico de Gantt

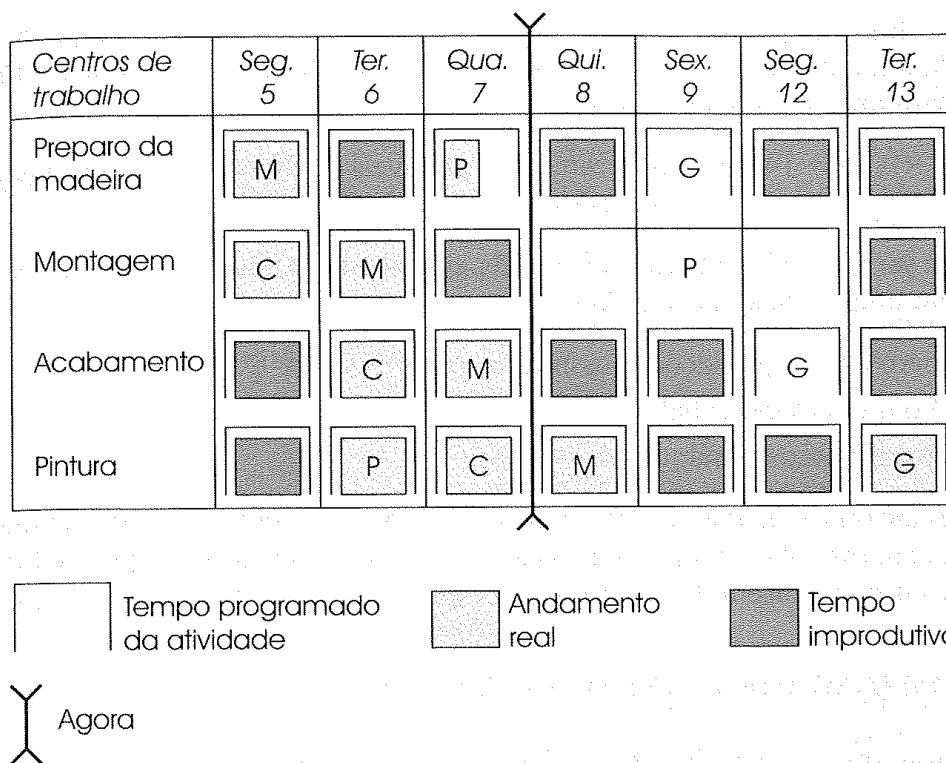
De acordo com Slack (2007), a forma mais usual para alocação e sequenciamento de trabalho é feita por meio do gráfico de Gantt. Trata-se de uma ferramenta simples utilizada como método de programação, onde cada barra no gráfico representa uma atividade do projeto. Na direção horizontal encontram-se as durações em escala de tempo enquanto na direção vertical encontram-se as identificações, geralmente, operações. Em determinados tipos de produção, o programador deve definir em que máquina alocar qual trabalho e em que sequência.

As Figuras 7 e 8 representam os gráficos de Gantt para andamento das atividades no trabalho e as atividades conforme centros de trabalhos, respectivamente.





**Figura 7: Gráfico de Gantt para andamento de trabalho**  
**Fonte: Slack (2007)**



**Figura 8: Gráfico de Gantt para centros de trabalho**  
**Fonte: Slack (2007)**

### 2.7.3.3 MS Project

O *MS Project (Microsoft Project)* é um *software* de gerenciamento de projetos utilizado para planejar, programar e representar graficamente as informações sobre projetos.

Com esta ferramenta, o programador pode realizar a programação com uma gama maior de ferramentas e informações na tomada de decisão de priorização de cada tarefa a ser produzida, com aumento de disponibilidade de recursos, além de simular facilmente várias configurações da linha de produção. Em casos de alterações no processo, ele permite recalcular rapidamente os cronogramas permitindo a visualização de como as mudanças em uma parte do projeto podem afetar os seus planos como um todo.

A partir da ferramenta, pode-se ainda gerar as ordens de produção a serem seguidas, conforme as atividades descritas no cronograma.

No *MS Project*, o acompanhamento da produção pode ser realizado através do gráfico Gantt de controle que exhibe a porcentagem de trabalho já realizado de cada tarefa com facilidade para identificar atrasos, os caminhos críticos e os gargalos durante a produção.

### 2.7.3.4 Matriz GUT

A matriz GUT é uma ferramenta muito utilizada pelas empresas para priorizar os problemas que devem ser atacados pela gestão. A estruturação e utilização da matriz são muito fáceis e sua grande vantagem é que ela auxilia o gestor a avaliar quantitativamente os problemas da empresa, tornando possível priorizar ações corretivas e preventivas para o extermínio do problema (PERIARD, 2014).

Para montar a matriz, inicialmente lista-se todos os problemas relacionados à atividade em questão. Em seguida, é necessário atribuir uma nota, de zero à cinco, para cada problema listado, dentro dos três aspectos principais listados a seguir:

- Gravidade: representa o impacto do problema analisado caso ele venha a acontecer.

- Urgência: representa o prazo, o tempo disponível ou necessário para resolver um determinado problema analisado. Quanto maior a urgência, menor será o tempo disponível para resolver o problema.
- Tendência: representa o potencial de crescimento do problema, a probabilidade do problema se tornar maior com o passar do tempo.

O fato de simplesmente atribuir notas aos problemas é, para muitos, um pouco subjetivo (PERIARD, 2014). Assim, recomenda-se que no momento de atribuição das notas, as mesmas sejam consideradas conforme a avaliação mostrada na Tabela 2 a seguir.

**Tabela 2: Atribuição de notas para avaliação dos problemas na matriz GUT.**

Fonte: Periard, 2014.

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência ("se nada for feito...")
5	extremamente grave	precisa de ação imediata	...irá piorar rapidamente
4	muito grave	é urgente	...irá piorar em pouco tempo
3	grave	o mais rápido possível	...irá piorar
2	pouco grave	pouco urgente	...irá piorar a longo prazo
1	sem gravidade	pode esperar	...não irá mudar

Ao final da avaliação de cada aspecto GUT, as notas são multiplicadas entre si, obtendo-se assim o grau crítico. Aqueles que apresentarem um valor maior de prioridade serão os mais críticos, uma vez que serão os mais graves, urgentes e com maior tendência a se tornarem piores. A Tabela 3 a seguir, mostra um exemplo de elaboração da matriz GUT.

**Tabela 3: Exemplo de elaboração da matriz GUT.**

Fonte: Periard, 2014.

Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	Grau crítico (GxUxT)	Sequência de atividades
Atraso na entrega de matéria-prima	4	4	3	48	2º
Capacitação da equipe de vendas	3	3	1	9	3º
Defeitos na produção da embalagem	5	5	5	125	1º
Aumento no consumo de água	3	2	1	6	4º

## 2.8 PRODUÇÃO SOB ENCOMENDA E O PCP

Diversas são as empresas que adotam portfólios de produção voltados sob encomenda. O Quadro 3 mostra alguns exemplos de indústrias de bens de capital sob encomenda. O PCP (Planejamento e Controle da Produção) tem um papel fundamental nesse processo, pois é de sua responsabilidade planejar, organizar, direcionar e controlar todos os processos da cadeia de produção.

<b>Códigos CNAE 1.0</b>	<b>Classe de atividades</b>
28.11	Fabricação de estruturas metálicas para edifícios, pontes, torres de transmissão, andaimes e outros fins.
28.13	Fabricação de obras de caldeiraria pesada
28.21	Fabricação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras para aquecimento central
28.22	Fabricação de caldeiras geradoras de vapor - exceto para aquecimento central e para veículos
29.11	Fabricação de motores estacionários de combustão interna, turbinas e outras máquinas motrizes não-elétricas - exceto para aviões e veículos rodoviários
29.21	Fabricação de fornos industriais, aparelhos e equipamentos não-elétricos para instalações térmicas
29.22	Fabricação de estufas e fornos elétricos para fins industriais
29.23	Fabricação de máquinas, equipamentos e aparelhos para transporte e elevação de cargas e pessoas
29.29	Fabricação de outras máquinas e equipamentos de uso geral
29.51	Fabricação de máquinas e equipamentos para a prospecção e extração de petróleo
29.52	Fabricação de outras máquinas e equipamentos de uso na extração mineral e construção
29.53	Fabricação de tratores de esteira e tratores de uso na extração mineral e construção.
29.54	Fabricação de máquinas e equipamentos de terraplanagem e pavimentação
29.61	Fabricação de máquinas para a indústria metalúrgica - exceto máquinas-ferramenta
29.65	Fabricação de máquinas e equipamentos para as indústrias de celulose, papel e papelão e artefatos
31.11	Fabricação de geradores de corrente contínua ou alternada
31.12	Fabricação de transformadores, indutores, conversores, sincronizadores e semelhantes
31.21	Fabricação de subestações, quadros de comando, reguladores de voltagem e outros aparelhos e equipamentos para distribuição e controle de energia
35.11	Construção e reparação de embarcações e estruturas flutuantes
35.21	Construção e montagem de locomotivas, vagões e outros materiais rodantes

### **Quadro 3: Indústrias de bens de capital sob encomenda.**

Fonte: Abdib, 2008.

Assim como o gerenciamento da produção, o controle e o planejamento são diretamente afetados pela variedade e volume dos produtos ou serviços. De acordo com Slack (2007), “operações que produzem alta variedade de produtos ou serviços, em volumes relativamente baixos, vão claramente ter consumidores que requerem um conjunto diferente de fatores e usar processos que têm um conjunto diferente de necessidades.” No Quadro 4 a seguir, esta uma representação da variação nas características do processo conforme a variação no volume e variedade dos produtos.

Volume	Variedade	Ênfase de projeto na operação	Padronização de produto ou serviço	Localização	Fluxo	Tecnologia de processo	Habilidade de funcionários
Baixo	Alto	Projeto de produto ou serviço	Baixa	Pode ser descentralizado	Intermitente	Propósito Geral	Tarefa
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Alto	Baixo	Baixo	Alto	Geralmente centralizado	Contínuo	Específico	Sistema

#### Quadro 4: Efeitos do volume-variedade no planejamento e controle.

Fonte: Slack (2007).

Tubino (2009) ressalta que, o grau de complexidade de cada uma das atividades do PCP dependerá do tipo de sistema produtivo dentro do qual o PCP esta agindo.

Assim o planejamento e controle da produção irão diferir pelo foco dado ao PCP, determinado pela variedade de produtos e pelo volume da produção.

A produção sob encomenda pode ser descrita conforme as seguintes características:

- Cada produto é único, com características solicitadas pelo cliente, e de grande tamanho e complexidade. Cada encomenda, cada pedido ou contrato costuma ser considerado um produto específico. Cada pedido também necessita de uma grande variedade de máquinas universais, de dispositivos de transporte e de equipamentos. Assim, cada encomenda ou pedido requer um PCP específico;
- Existe uma variedade de operários altamente especializados. Há também uma demanda flutuante de mão de obra especializada no local onde o serviço será realizado;
- É necessário o planejamento de datas de entrega que se apliquem aos pedidos individuais e que signifiquem um compromisso de produção. O objetivo primordial do PCP é atender a essas datas, fazendo com que os produtos/serviços sejam entregues dentro dos prazos solicitados pelo cliente;
- Não há estoques de produtos.

- Necessidade de um grupo de administradores e especialistas altamente competentes como supervisores da oficina-base. O sucesso da produção por encomenda depende muito da habilidade dessas pessoas. É vital, portanto, que o PCP seja muito bem compreendido pelos especialistas que irão executá-lo na prática;
- O serviço de logística deve ser direcionado para o cliente que é a razão maior da existência da empresa.

Conforme descrito anteriormente, na produção sob encomenda os produtos tem uma estreita relação com os clientes e, em virtude de suas especificações e negociações, estes não podem ser fabricados com antecedência. Assim, não é possível a formação de, por exemplo, supermercados ou estoques intermediários para acelerar o *lead time*, como é realizado em outros sistemas produtivos. Nesses sistemas, durante a montagem do plano de produção, exige-se uma alta flexibilidade dos recursos produtivos com foco no atendimento de especificidades dos clientes, normalmente à custa de certa ociosidade enquanto a demanda por bens ou serviços não ocorrer, gerando custos produtivos mais altos que outros modelos produtivos. (TUBINO, 2009).

Os sistemas sob encomenda organizam seus recursos produtivos por centros de trabalho ou departamentos, com foco na função executada. A dinâmica do PCP começa com a negociação de um projeto específico com o cliente, que necessita saber em que data o sistema produtivo consegue elaborar seu projeto (TUBINO, 2009). Com isso, os custos, como por exemplo, horas de usinagem, são negociados entre as partes.

Ainda na visão do autor, para que a empresa se comprometa com datas e entregas confiáveis, o PCP deve dispor de um sistema de informações, baseado no conceito de capacidade finita, ou seja, com um calendário do carregamento dos recursos (gráfico de Gantt). No caso de atrasos na entrega de uma encomenda, não só é comprometida a reputação da empresa, como também traz consigo pesadas multas contratuais.

Além disso, para produtos com tempos operacionais altos, como semanas ou até meses, o PCP é realizado através do conceito de rede, aplicando-se técnicas (*PERT - Program Evaluation and Review Technique* ou *CPM - Critical Path Method*) onde se permite identificar o chamado caminho crítico, o qual deve ser acompanhado nos detalhes para se evitar atrasos.

Em resumo, verifica-se que nos processos sob encomenda, que trabalham com projetos, uma das principais dificuldades do PCP, é realizar o sequenciamento das tarefas, interligando os recursos disponíveis, como máquinas e mão de obra, no sentido de garantir a entrega do produto no prazo estabelecido com o cliente. (FRANCO, 2010).

## 2.9 APLICABILIDADE DO *LEAN* NUMA INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO SOB ENCOMENDA

Conforme descrito anteriormente, em empresas MTO a ordem de produção somente é criada quando o cliente faz o pedido do que ele encomenda, que define as diversas características que seu produto deve conter.

Logo, o conceito de “puxar a produção”, na maioria das vezes, não tem aplicabilidade porque os produtos que são customizados, não sendo possível um sistema puxado. Para termos um sistema puxado, necessitamos ter poucas variações de produtos padronizados. (BARTOLI; SILVA. 2008)

Além das dificuldades citadas na sessão 2.5.3, diferenças de processos como esta, entre outras, e a pequena adaptabilidade das ferramentas usualmente utilizadas na metodologia *Lean*, criam uma barreira e um paradigma de que ferramentas mundialmente difundidas como *just-in-time*, *kanban*, *value stream map*, entre outras, tem pouca aplicabilidade em empresas MTO, mais especificadamente na área metalúrgica.

Existem barreiras deste sistema produtivo para adotar esse método de gerenciamento por dificuldades em sua implantação, como um sistema completo, por causa de algumas particularidades do processo. No entanto, enquanto algumas ferramentas *Lean* são de difícil adaptação nesse contexto, outras não são.

A troca rápida de ferramentas (TRF), por exemplo, descrita como uma metodologia para redução dos tempos de preparação de equipamentos possibilita a produção econômica em pequenos lotes o que geralmente exige baixos investimentos no processo produtivo (SHINGO, 1996). Isso confere à fábrica um menor *lead time*, possibilitando a redução do inventário e maior agilidade na resposta às necessidades do mercado.

A Quadro 5 sumariza a aplicabilidade das principais ferramentas Lean em indústrias MTO:

<b>Ferramenta <i>Lean</i></b>	<b>Aplicabilidade</b>
TRF	Total aplicabilidade
5S e gerenciamento visual	Total aplicabilidade
MPT	Total aplicabilidade
Mapeamento de Fluxo de Valor	Total aplicabilidade
Operadores polivalentes / Autogestão	Total aplicabilidade
<i>Kanban</i>	Muito difícil
<i>Kaizen</i>	Total aplicabilidade
<i>Just-in-Time</i>	Aplicabilidade parcial
Manufatura celular	Muito difícil
Ferramentas de controle da qualidade	Total aplicabilidade
Grupos de melhorias	Total Aplicabilidade

**Quadro 5: Aplicabilidade das Ferramentas *Lean* em empresas MTO.**

Fonte: Bartoli; Silva, 2008.

A descrença e dificuldade em se aplicar os conceitos e técnicas da Produção Enxuta em ambientes produtivos de alta variedade e baixo volume de produtos estão relacionadas à percepção equivocada de que essa abordagem é a aplicação de um conjunto de técnicas pré-definidas (LANDER; LIKER, 2007).

No ramo siderúrgico MTO, as ferramentas *Lean* são aplicáveis e eficazes, proporcionando ganhos e reduzindo desperdícios. Entretanto, para se alcançar a filosofia *Lean*, é necessária a organização das gestões das ferramentas de forma sistemática e corporativa, ou seja, em todos os processos da companhia, para se iniciar gradativamente, a mudança na cultura organizacional e alcançar melhores resultados que garantam a sustentabilidade na competição do mercado global. As ferramentas devem trabalhar em conjunto, pois quando relacionadas são o primeiro passo para a consolidação de um sistema e, por conseguinte, de uma filosofia. (BARTOLI, SILVA: 2008)



### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

Inicialmente estudou-se o tipo do sistema de produção em análise bem como suas diferenças em comparação com outros. Além disso, buscou-se dentro da empresa em análise, através do apoio e auxílio de profissionais com vasta experiência dentro da empresa, entender melhor o processo como um todo, desde a entrada dos pedidos até sua entrega.

Como o intuito do presente trabalho é a aplicação dos conceitos *Lean* no ambiente de produção sob encomenda, estudou-se, conforme visto na revisão bibliográfica, os conceitos e ferramentas *Lean* aplicados nos diversos sistemas produtivos, bem como o emprego destes na empresa em análise.

Na sequência analisou-se o processo e seus principais problemas e causas decorrentes na empresa, bem como o impacto que estes problemas tem sob a mesma. Para isso, utilizou-se como base os documentos e dados da própria empresa.

Assim, pôde-se definir uma ferramenta aplicável a este tipo de produção que visa eliminar os desperdícios destacados nos problemas e principais causas analisadas.

O método escolhido para o desenvolvimento do estudo de caso deste trabalho é o de gestão visual através da ferramenta PULSE, baseado em princípios *Lean*.

#### 3.2 JUSTIFICATIVA DA METODOLOGIA

Durante a análise e levantamento dos problemas na empresa, pode-se destacar que um dos maiores problemas da produção, refere-se ao não atendimento nos prazos de entrega dos produtos e serviços. A causa desses atrasos se dá devido a pedidos urgentes que entram na produção sem uma programação prévia

atrapalhando as outras atividades e também devido a problemas que surgem durante as etapas de fabricação, mas que não são tomadas as devidas ações para uma tratativa imediata.

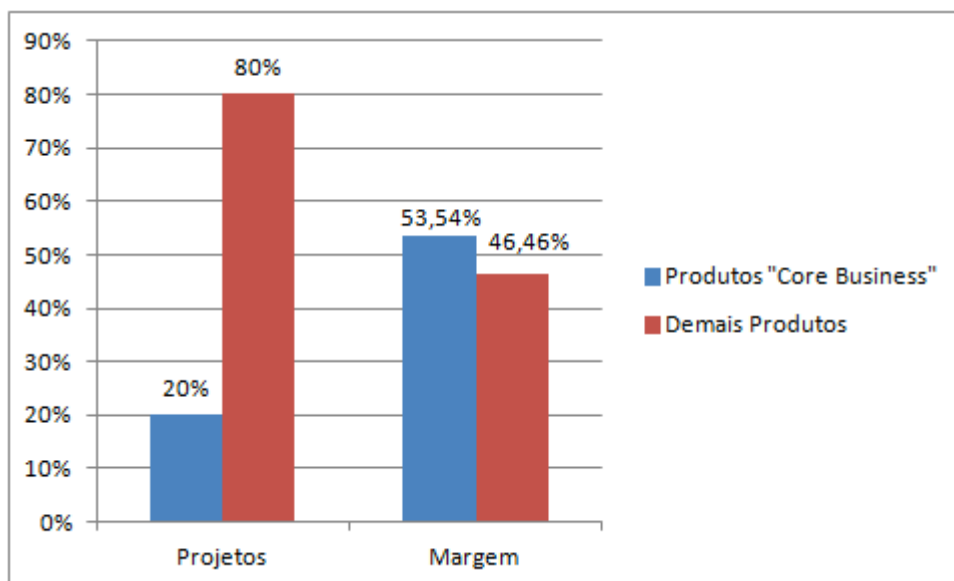
Conforme descrito na revisão bibliográfica, muitas vezes é observada a dificuldade para o gestor da área em visualizar de uma forma ampla o andamento dos trabalhos e das atividades. As ferramentas de gestão visual no chão de fábrica proporcionam o acesso dos envolvidos às informações, permitindo a visualização do *status* das atividades em andamento e, portanto, facilitando o acompanhamento da produção e tomada de ações, quando necessárias.

O método de gestão visual PULSE tem como objetivo a redução do *lead time* dos trabalhos e o aumento da eficiência no desenvolvimento e entregas dos trabalhos, através do controle no fluxo do projeto. Além disso, a ferramenta dá suporte à comunicação, coordenação, transferência de conhecimento, a rápida tomada de decisão e interação entre os times ou setores através das informações visuais.

Vale ressaltar ainda que a empresa em estudo administra simultaneamente dentre 20 à 40 projetos/produtos por mês. O controle de todos estes projetos ao mesmo tempo por meio da gestão visual é uma tarefa inviável. Assim, decidiu-se que apenas os projetos críticos deveriam ser acompanhados pela ferramenta de gestão visual PULSE. Serviços críticos foram definidos como projetos onde, por análise dos custos incorridos e as previsões de custos são classificados como críticos, podendo comprometer a margem de lucro quando faturados.

Com base nisso, pode-se constatar que dentre vários produtos que a empresa fabrica ou recupera, seis são chamados de “*core business*”, que significa a área estratégica de negócio para a empresa. Estes seis produtos são diferenciais pois impactam significativamente no faturamento da empresa, além da implicação de multas consideráveis caso o prazo não seja atendido.

Conforme a Figura 9 a seguir, podemos ver que dentre todos os projetos executados dentro da fábrica ao longo do ano de 2014 (janeiro à junho) estes seis produtos representaram mais da metade do faturamento da empresa.



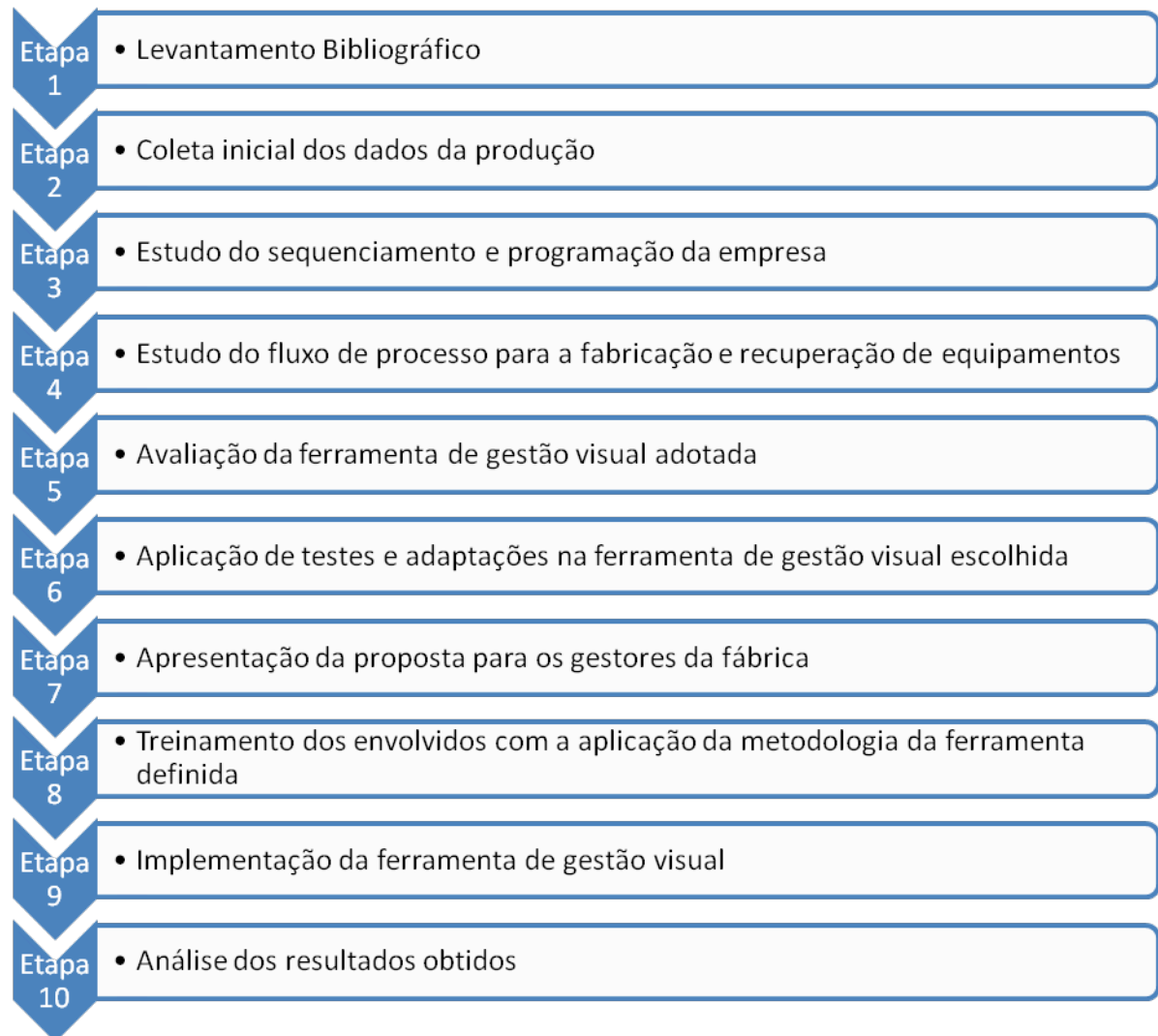
**Figura 9: Impacto dos produtos "core business" no faturamento da empresa (Jan-Jun 2014).**

**Fonte: Autoria Própria**

O acompanhamento dos seis produtos classificados como *core business* através da ferramenta é obrigatória, porém é possível acompanhar outros projetos fora dessa categoria, baseando-se também nos prazos de entrega (conforme mencionado, muitos pedidos são urgentes) e caminho crítico das atividades.

### 3.3 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

A Figura 10 a seguir mostra a sequência de etapas das atividades deste trabalho:



**Figura 10: Etapas de desenvolvimento do projeto**

**Fonte: Autoria própria**

### 3.4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em uma empresa especializada em recuperação de equipamentos utilizados em fábricas de papel e celulose. Tais equipamentos exigem uma usinagem pesada, caldeiraria e solda, pois tratam-se de equipamentos grandes com grandes índices de desgaste.

Por se tratarem de equipamentos em reparo, cada caso deve ser inspecionado e avaliado de forma que possam ser estudadas as devidas operações necessárias para o completo e eficiente reparo do item.

### 3.4.1 Histórico e perfil da empresa estudada

Com mais de 12 mil empregados espalhados por 30 países, a empresa é conhecida por ser líder mundial e fornecedora de serviços e tecnologias, especialmente para indústrias que utilizam matérias-primas de base biológica, principalmente a celulose, papel e indústrias de energia, bem como indústrias de processos selecionados.

Os produtos e serviços ofertados pela empresa cobrem o ciclo de vida dos processos industriais, incluindo novas máquinas e plantas, reconstrução, controle de processos e serviços. Isso é possível devido ao amplo *know-how* tecnológico e uma ampla compreensão do processo em soluções relacionadas à celulose, papel e indústrias de energia e outras tecnologias de conversão de biomassa.

Como complemento, a empresa busca ampliar sua oferta de produtos, através da aplicação de seus serviços e *know-how* tecnológico para outras áreas e setores, particularmente no sector da energia. Nos últimos anos, a área de serviços da empresa tem se beneficiado entre os seus clientes em virtude da tendência de terceirização, tanto dos serviços e manutenção quanto da base crescente instalada, especialmente na América do Sul, China e Ásia-Pacífico.

Uma das áreas foco da empresa, em nível global, tem sido a de pesquisa e desenvolvimento de produtos de tecnologias que utilizam a biomassa para produção de energia e como matéria-prima para produtos finais, a fim de criar novas fontes de receita para os seus clientes e criar soluções ambientalmente sustentáveis.

Buscando sempre promover a normatização dos processos organizacionais, para que a qualidade dos produtos e serviços seja permanentemente melhorada, a empresa é certificada desde 2010 nas normas de gestão: ISO 9001 (Gestão da Qualidade), ISO 14001 (Gestão de Meio Ambiente) e a OHSAS 18001 (Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional).

Dentre os diversos países, a sede localizada em Araucária, Paraná, é reconhecida por dois tipos de fornecimentos. O primeiro, de componentes para fornecimentos de projetos, onde são vendidas fábrica de processamento de papel completa. O segundo tipo, e de maior volume, é o fornecimento onde são vendidos componentes sobressalentes, serviços em *sites* e reformas de equipamentos completos, como por exemplo, alimentadores, roscas transportadoras, picadores.

### 3.4.2 Setor produtivo

Por se tratar de um sistema produtivo por encomenda, as etapas e operações de produção variam conforme cada pedido do cliente e avaliação dos itens para reparo.

De uma maneira geral, depois que o item é avaliado e orçamento aprovado pelo cliente, o material é comprado e as ordens de produção elaboradas.

O setor produtivo é separado por setores, que são as etapas por onde os itens aprovados pelo cliente podem passar:

- Usinagem: O setor de usinagem contempla tornos convencionais, tornos CNC, fresadoras e mandrilhadoras.
- Caldeiraria: Na caldeiraria encontram-se prensas e calandras.
- Solda: O setor de soldagem dispõem de diversas máquinas solda tais como, solda por arco submerso e máquinas de soldas para soldagem TIG, MIG e MAG.
- Corte: O setor de corte é composto por duas máquinas de corte, uma de corte a plasma e a outra de corte a grafite.
- Jato e Pintura: a empresa também dispõem instalações próprias para decapagem, jateamento e pintura dos equipamentos.
- Montagem: O amplo setor de montagem também dispõem de uma área destinada à testes e calibração, como por exemplo, balancamento dos equipamentos.
- Metrologia, ferramentaria e controle de qualidade: Estes três departamentos localizam-se na área central da fábrica e atendem a todas as áreas.
- Recebimento, expedição e almoxarifado: Este é o setor por onde passam todos os pedidos, equipamentos e matéria prima, tanto para entrada quanto saída.

### 3.4.3 Descrição dos equipamentos core business

Abaixo estão listados a família de produtos em que estes seis tipos equipamentos *core business* são classificados:

- Disco picador de cavacos;
- Alimentadores de alta pressão;
- Alimentadores de baixa pressão;
- Roscas em geral.
- Roscas plug;
- Rolos compressores;

#### 3.4.3.1 Disco picador de cavacos

O objetivo de cortar a madeira em lascas é para produzir tamanhos mínimos homogêneos de cavacos.

Neste mérito, o disco picador de cavacos tem uma enorme importância para em se tratando da qualidade da celulose. O disco do picador de cavacos encontra-se no chamado patio de madeira, primeiro estágio de fabricação de celulose, onde as toras iniciam o processo de descascamento no tambor descascador, sendo, então, orientadas por uma bica ao disco picador. O processo pode ser observado na **Error! Reference source not found.** a seguir.

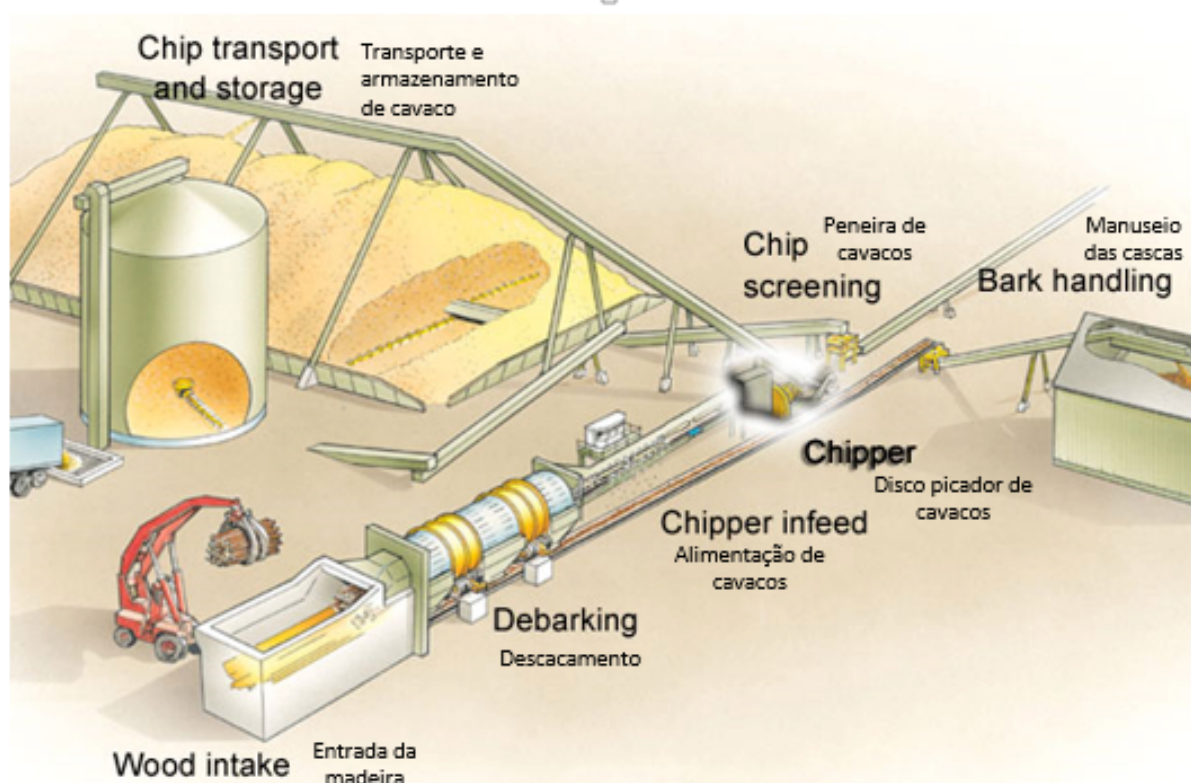
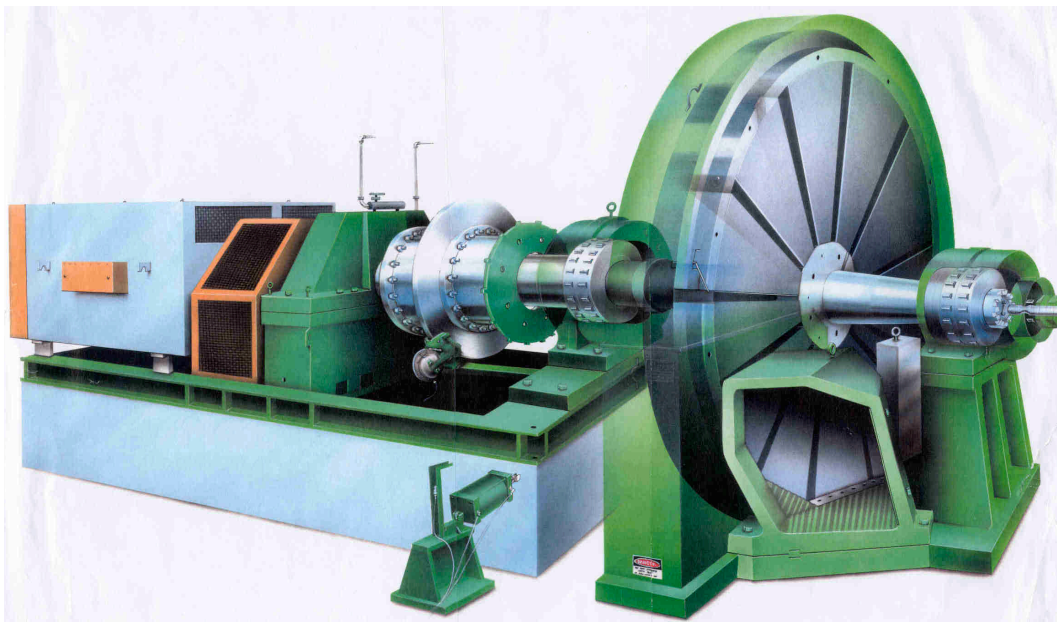


Figura 11: Ilustração do pátio de madeira de uma fábrica de celulose

Fonte: Empresa

A operação de descascamento é feita na etapa de “*debarking*” indicada na figura. Já o disco do picador está localizado na sessão destacada, chamada de “*chipper*”. A **Error! Reference source not found.** ilustra o sistema do disco do picador, bem como a bica para orientação das toras, de uma forma mais detalhada.

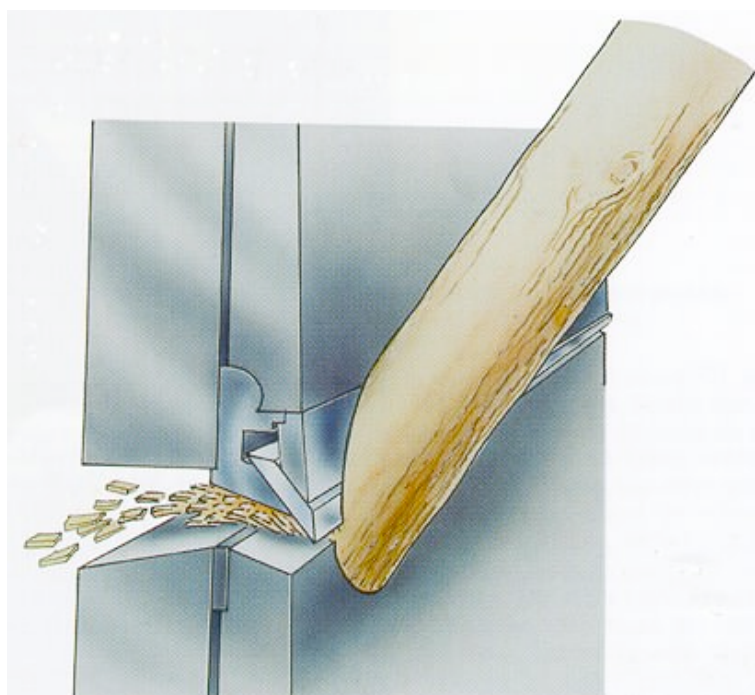




**Figura 12: Ilustração do disco do picador de cavacos e seus componentes.**

**Fonte: Empresa**

Na Figura 12, pode-se observar também os sulcos ao longo do diâmetro do disco. Nestes sulcos são dispostas lâminas (chamadas de facas), as quais são responsáveis pelo corte da madeira. A Figura 13 abaixo mostra em detalhes essa operação.

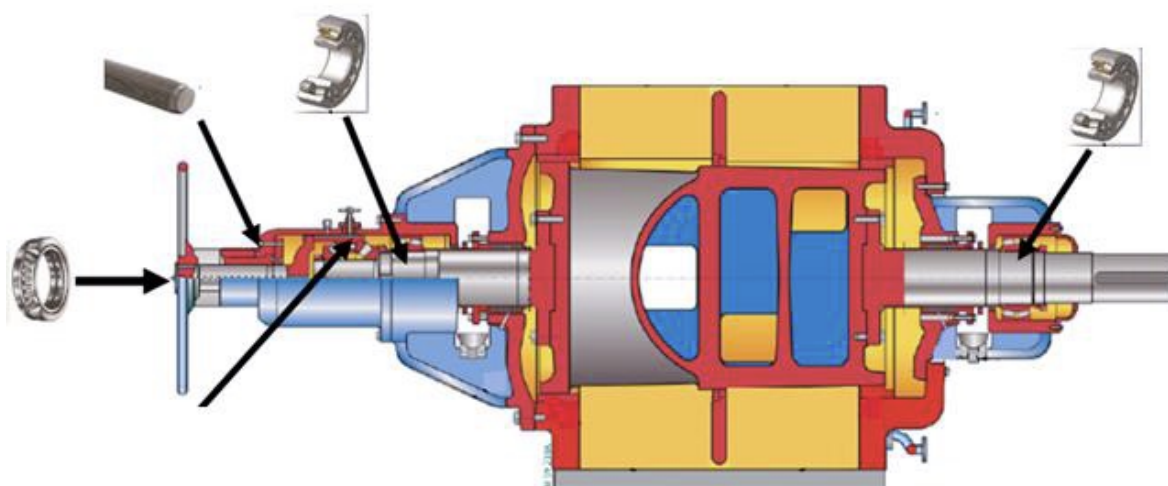


**Figura 13: Detalhe do corte da madeira pela faca do disco do picador**

**Fonte: Empresa**

### 3.4.3.2 Alimentadores de alta pressão

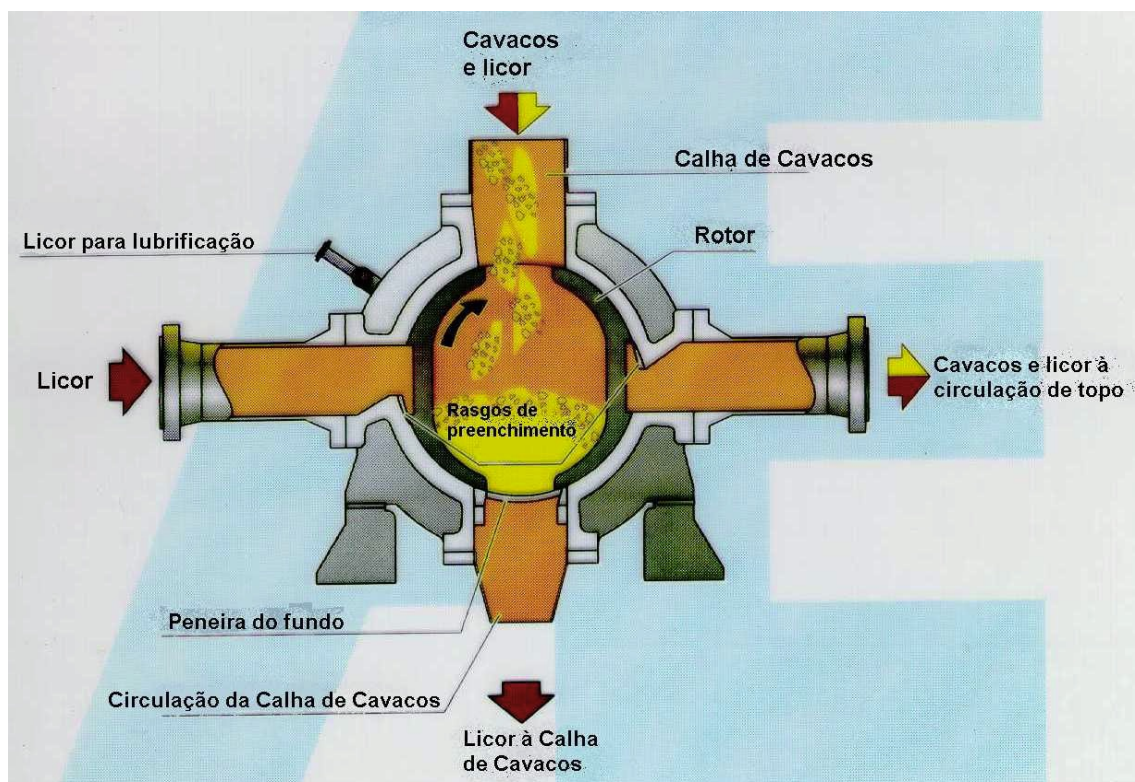
O Alimentador de Alta Pressão é uma válvula de alta pressão. O equipamento possibilita a transferência dos cavacos de uma zona de baixa pressão (1-2 bar), de maneira contínua, para uma zona de alta pressão (10-15 bar). A Figura 14 abaixo mostra um desenho de alimentador com seus respectivos componentes.



**Figura 14: Desenho esquemático de um alimentador de alta pressão**

**Fonte: Empresa**

A Função deste equipamento é fazer a alimentação de cavacos para o Digestor. O princípio de funcionamento se dá pela entrada de cavacos por uma boca maior (superior) e a saída pela boca inferior. Nas bocas menores (laterais) ocorre a entrada de licor em alta pressão e, aliada a rotação, proporciona a movimentação/alimentação do cavaco para o Digestor. A Figura 15 ilustra o funcionamento de um alimentador, conforme descrito neste parágrafo.



**Figura 15: Desenho esquemático do funcionamento de um alimentador**

Fonte: Empresa

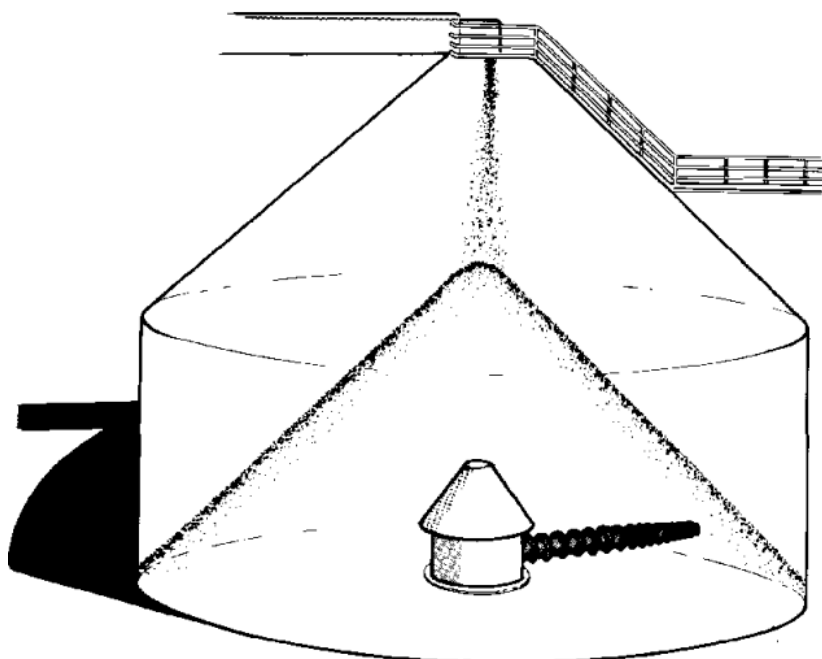
### 3.4.3.3 Alimentadores de baixa pressão

Os alimentadores de baixa pressão tem o mesmo princípio de funcionamento dos alimentadores de alta. No entanto, sua função é fazer a alimentação dos cavacos numa parte mais baixa do digestor. Sendo assim, a pressão de saída do alimentador de baixa pressão é bem menor do que do alimentador de alta. Os alimentadores de baixa pressão também apresentam um tamanho menor. Em algumas aplicações mais recentes os alimentadores de baixa pressão podem ser substituídos até mesmo por bombas.

### 3.4.3.4 Roscas em geral

Dentre as roscas em gerais, podem ser citadas, entre outras, as roscas transportadoras e roscas de separador de topo. As roscas transportadoras são projetada para transportar material (cavacos, cascas ou finos) da área de matéria

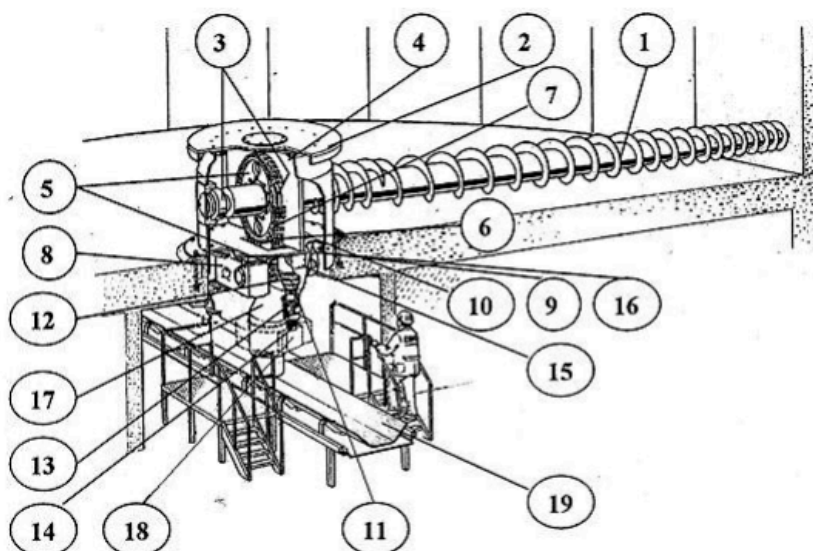
prima ou armazéns de silos, conforme ilustra a Figura 16. É parte do sistema de tratamento/manuseio da madeira.



**Figura 16: Ilustração da aplicação de uma rosca transportadora num silo.**

Fonte: Empresa

Já a Figura 17 ilustra a rosca com maiores detalhes.

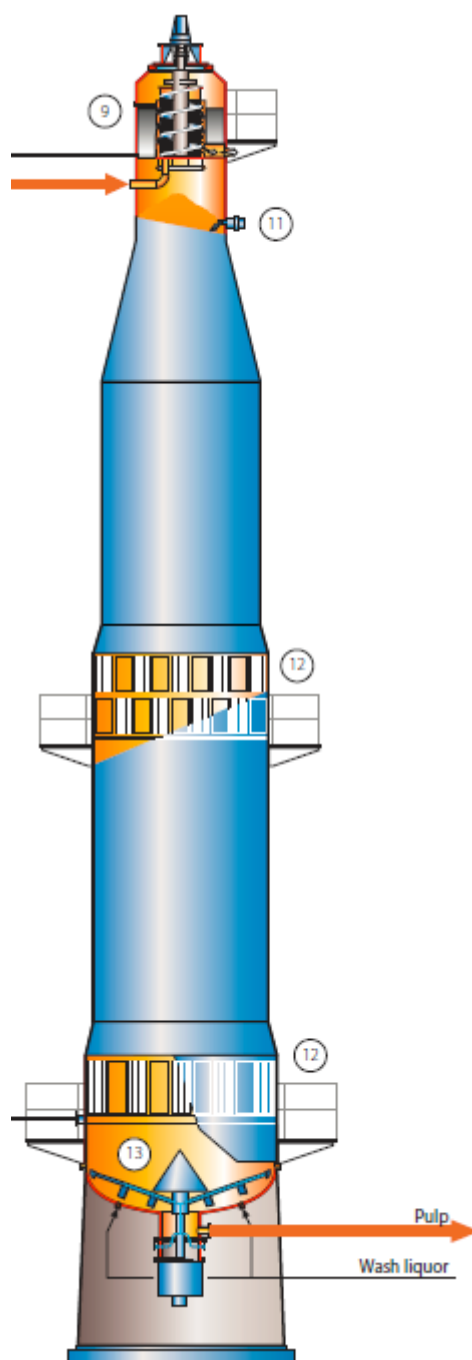


**Figura 17: Rosca transportadora**

Fonte: Empresa

O separador de topo é constituído por uma tela e uma rosca. A finalidade do separador de topo é separar o licor de transporte a partir do cavaco que está sendo

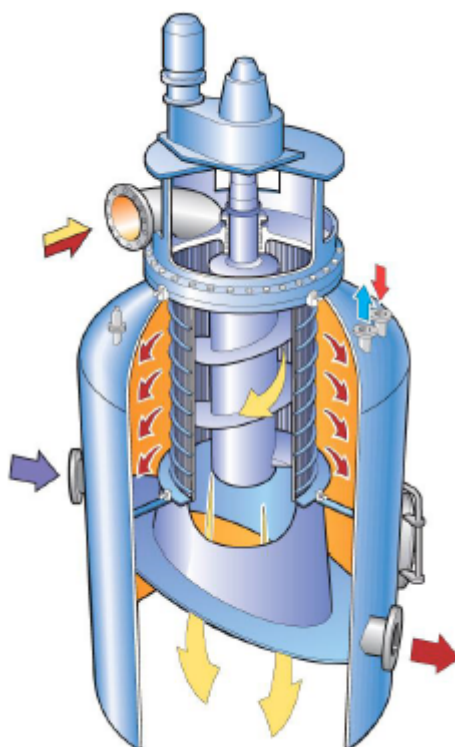
transferido para o digestor. A Figura 18 mostra o digestor com o respectivo separador de topo indicado no desenho pelo número 9.



**Figura 18: Digestor de uma fábrica de celulose**

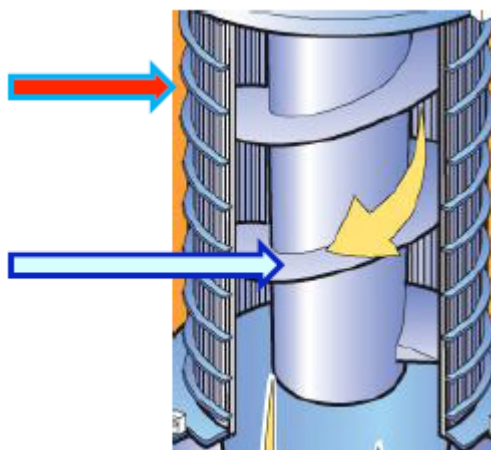
**Fonte: Empresa**

Uma ampliação do separador de topo é mostrada na Figura 19 e na Figura 20 é indicada pelas setas vermelha e azul, a tela e a rosca, respectivamente.



**Figura 19: Separador de topo**

**Fonte: Empresa**



**Figura 20: Indicação da tela e da rosca no separador de topo**

**Fonte: Empresa**

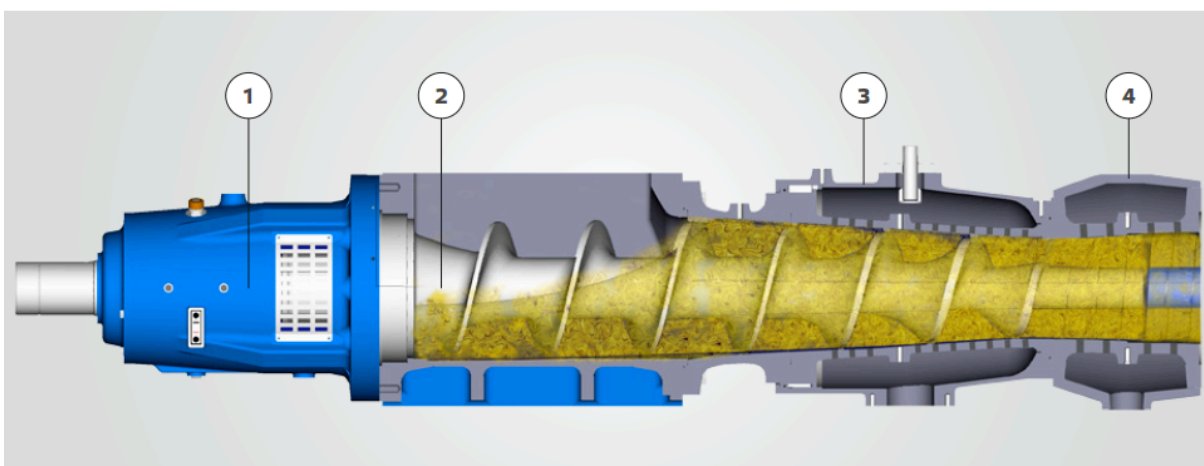
Conforme o cavaco inserido pelo alimentador de alta pressão (mencionado anteriormente) percorre a rosca do separador, o licor proveniente na mistura escorre através das telas.

A particularidade desta rosca é devido ao seu perfil helicoidal e desgaste de diâmetro. A recuperação da rosca deve ser feita com preenchimento de solda e posterior usinagem, monitorando sua medida correspondentemente com o diâmetro da camisa da peneira.

#### 3.4.3.5 Rosca *Plug*

A rosca *plug* de alimentação comprimi os cavacos para remover o *pitch*, a água e ar remanescente, sem separar os comprimentos de fibras da madeira. Os cavacos altamente comprimidos são liberados dentro do impregnador através de um pistã, o qual controla a compressão final. O cavaco prensado é reciclado novamente para a etapa de lavagem do cavaco afim de maximizar o rendimento da polpa.

A rosca de alimentação consiste na região de entrada de cavaco, zona de compressão cônica e drenagem de saída, ficando apoiada em dois rolamentos lubrificados com óleo, e comandados por um motor AC de frequência controlada, onde o eixo é selado com uma caixa estanque. A Figura 21 ilustra o funcionamento de uma rosca *plug* de alimentação, juntamente com o fluxo de cavacos.



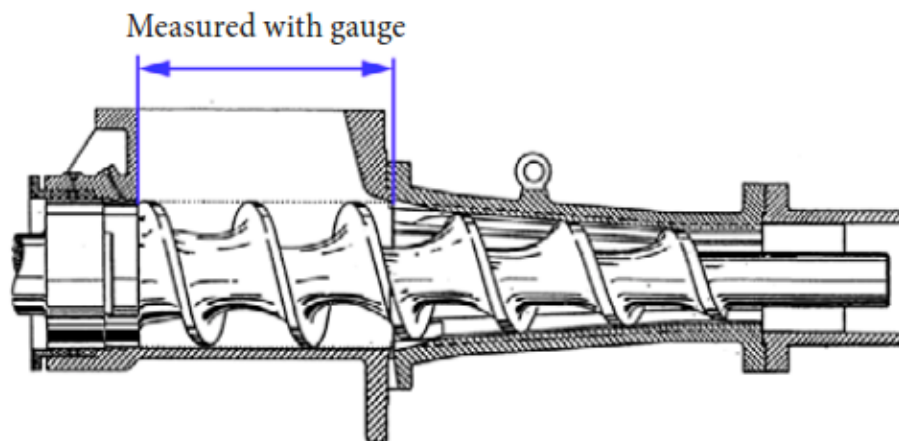
**Figura 21: Componentes e montagem de uma rosca plug de alimentação de cavaco**

**Fonte: Empresa**

A parte indicada pelo número 1 corresponde à unidade de rolamento, o número 2 indica a rosca plug, 3 é a camisa e, por fim, o número 4 referencia a unidade de desaguamento.

A rosca é fácil de operar e necessita bem pouca manutenção. A rosca plug e a camisa são recuperadas utilizando vários tipos de tratamento de superfícies. Um dos métodos mais utilizado é a soldagem com revestimento duro. Conforme os reparos vão sendo realizados de acordo com os desenhos e especificações originais, a tolerância ótima é alcançada, proporcionando a maximização da vida útil do equipamento.

Quando o trabalho é finalizado as medidas são checadas, garantindo que todas as medidas estejam em concordância com os desenhos originais. A Figura 22 abaixo mostra uma das dimensões mais importantes da rosca, na qual este trecho mantém o mesmo diâmetro antes da transição para a rosca cônica.



**Figura 22: Esboço de uma rosca plug de alimentação com indicação da cota a ser medida com calibrador.**

**Fonte: Empresa**

A rosca plug tem seu acompanhamento separadamente das demais roscas, em virtude da sua particularidade de material e conicidade, bem como seu conjunto de a camisa e o plug (unidade de desaguamento).

#### 3.4.3.6 Rolos compressores

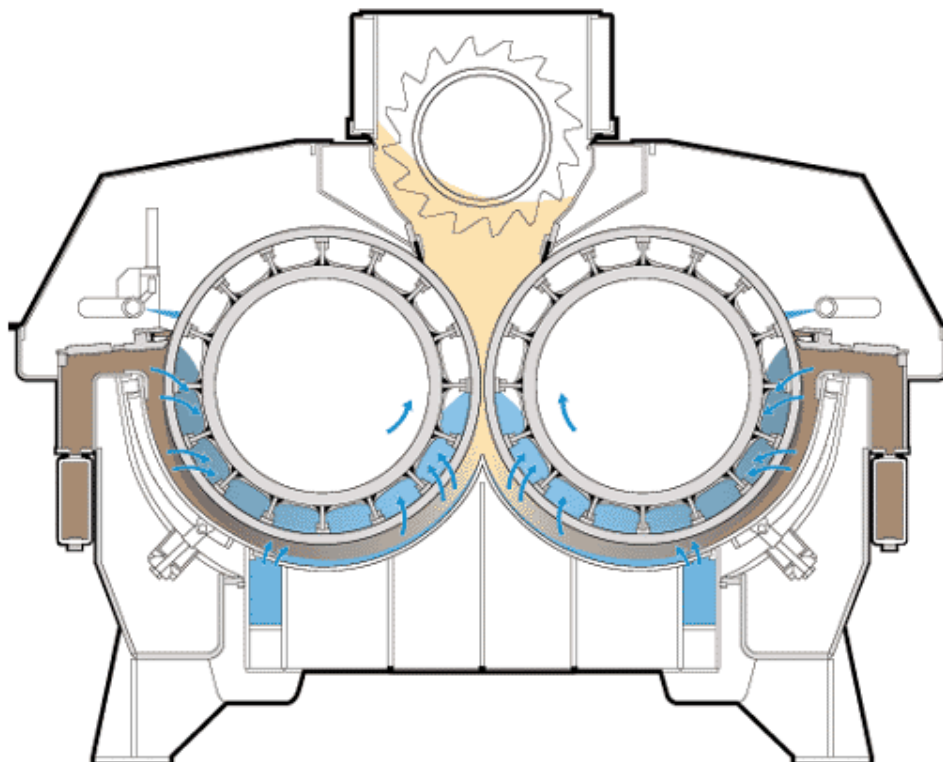
Os rolos compressores trabalham em dupla no processo de lavagem do cavacos de madeira. O cavaco é projetado para a lareta dos rolos. Os rolos em dupla são utilizados em três estágios:

1. Lavagem e desidratação da celulose,



2. A água remanescente é misturada com liquor de lavagem e
3. A celulose é pressionada até uma consistência relativamente alta.

Durante o processo de desidratação e lavagem, ao longo do perímetro dos rolos, o cavaco passa por dois estágios de lavagem. Com a rotação dos rolos, os cavacos são comprimidos drenando a água pelos furos ao longo do perímetro do rolo, conforme ilustrado na Figura 23 abaixo.



**Figura 23: Ilustração do funcionamento dos rolos compressores**

Fonte: Empresa

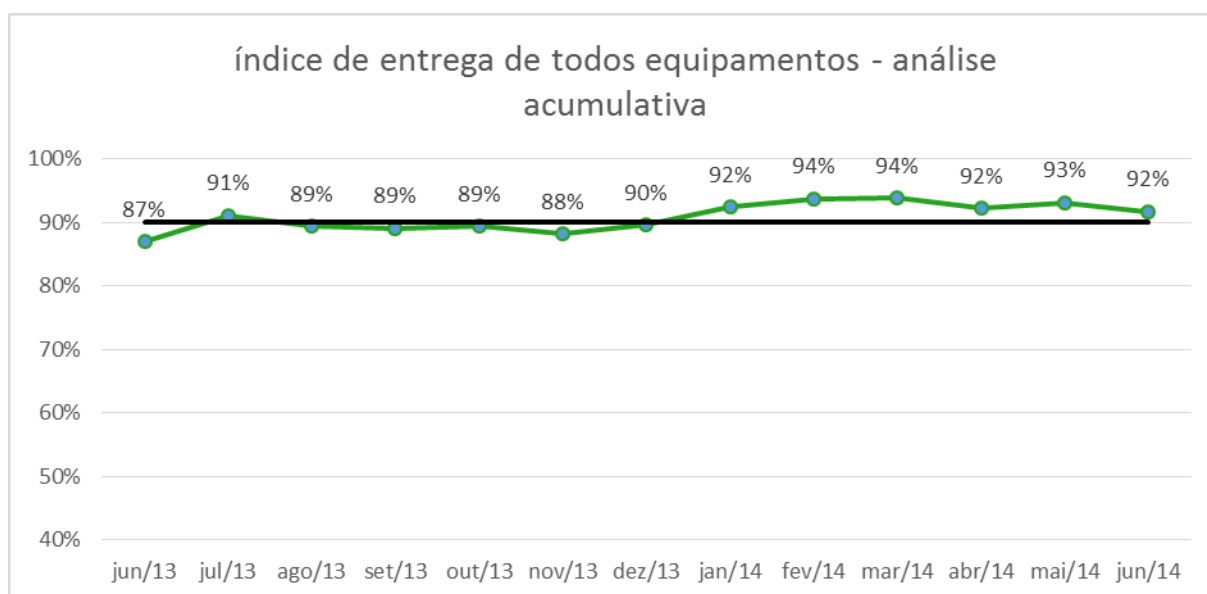
A rosa acima dos rolos é chamada de rosca descarga e é responsável pela retirada dos cavacos do processo.

#### **4 LEVANTAMENTO E APRESENTAÇÃO DOS DADOS COLETADOS**

Inicia-se esse capítulo com a apresentação dos levantamentos e apresentação dos dados coletados através dos indicadores de produção da empresa. Posteriormente, é apresentada a situação atual, seguida da nova metodologia e realizada a implantação da metodologia de acordo com as etapas descritas.

A empresa controla seus indicadores de produção (KPI – *Key Performance Indicators*) mensalmente. No Gráfico 2 abaixo estão expostos os índices de pedidos entregues dentro prazo, acompanhados mensalmente na empresa, conforme análise acumulativa dos itens.

A análise acumulativa é realizada agrupando-se os pedidos entregues dentro do prazo conforme o decorrer dos meses. Por exemplo, o índice em dezembro de 2013 reflete a soma dos itens entregues no prazo desde junho de 2013 à dezembro do mesmo ano, dividido pela soma total dos pedidos.



**Gráfico 1: Índice de entrega de todos os pedidos entre junho de 2013 e junho de 2014 (análise acumulativa)**

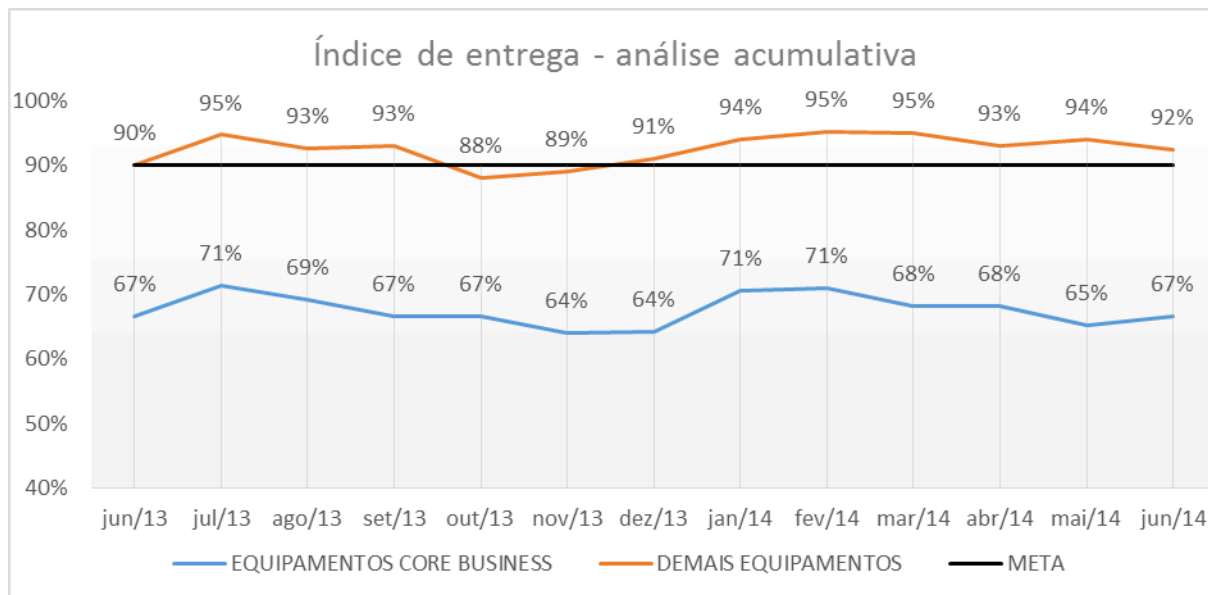
**Fonte: Autoria própria**

Como pode-se observar, da forma como esta exposto, o controle de entregas de pedidos da fábrica encontra-se, de uma maneira geral, com um bom índice, mantendo-se nos últimos seis meses ligeiramente acima da meta (estipulada em 90%).

Cabe aqui, então, ressaltar que as informações acima consideram a entrega de todos os itens manufaturados no workshop da empresa, desde os mais simples até os mais árduos, sem qualquer discriminação.

Retomando agora o que foi exposto no capítulo 3 do presente trabalho, cabe aqui fazer uma análise separada dos equipamentos *core business*.

O Gráfico 2 a seguir, apresenta uma comparação entre os índices de entregas no prazo dos equipamentos *Core* (apresentados no capítulo 3) com os demais equipamentos, conforme a mesma análise acumulativa.



**Gráfico 2 – Comparação dos índices de entrega total entre junho de 2013 e junho de 2014 (análise acumulativa)**

**Fonte – Autoria própria**

Como pode-se observar nesta análise, os equipamentos considerados como “*Core Business*” da empresa encontram-se bem abaixo da meta da empresa, considerando qualquer um dos meses expostos no gráfico.

Considerando agora uma análise de janeiro de 2014 à junho do mesmo ano, o Quadro 6 a seguir mostra que foram vendidos no total 94 itens, sendo que destes, 16 são produtos *Core*. Assim, durante seis meses, de todos os pedidos vendidos, apenas 18% eram produtos *Core*.

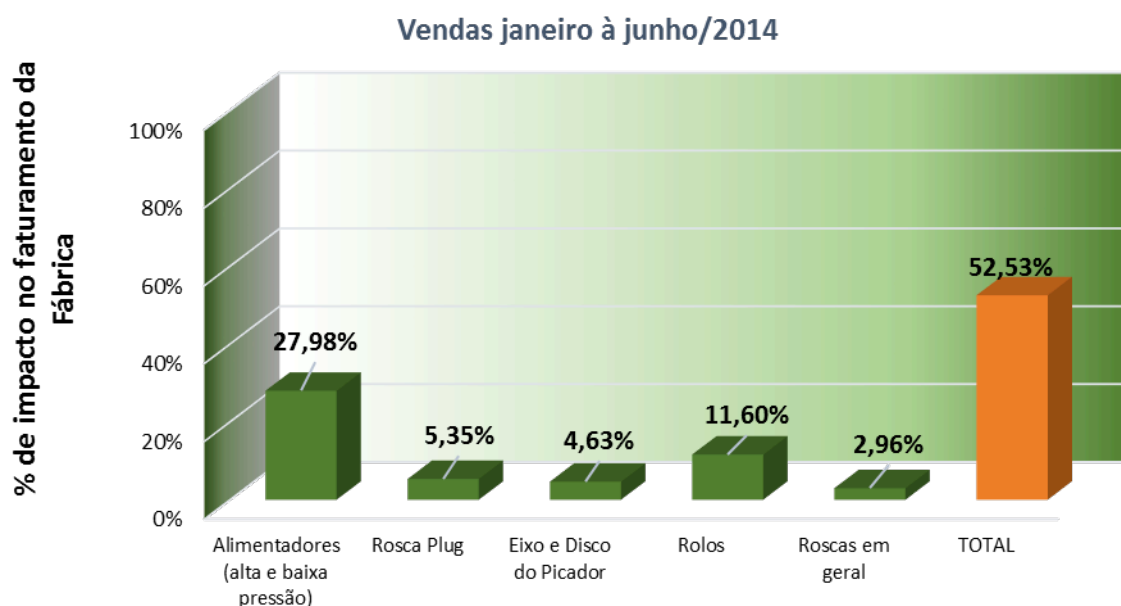
2014 - Base Janeiro_Junho		
Equipamento	Quantidade	% do total
Alimentadores (alta e baixa pressão)	7	7,5%
Rosca Plug	5	5,3%
Eixo e Disco do Picador	1	1%
Rolos	1	1%
Roscas em geral	2	2,1%
<b>TOTAL Equipamentos Core</b>	<b>16</b>	<b>18%</b>
<b>Demais Equipamentos</b>	<b>78</b>	<b>82%</b>

**Quadro 6: Impacto dos equipamentos Core no faturamento da empresa no período de janeiro à junho de 2014**

Fonte: Autoria própria

. Destes 16 produtos, 68% foram entregues no prazo. Ou seja, grosseiramente, pode-se dizer que 1 em cada 3 produtos eram entregues com atraso.

Apesar de refletir um quantitativo baixo, as consequências no faturamento da empresa podem ser um tanto altas. O Gráfico 1Gráfico 3 abaixo expõe o impacto destes produtos Core no faturamento total da fábrica, considerando o período de janeiro à junho de 2014.

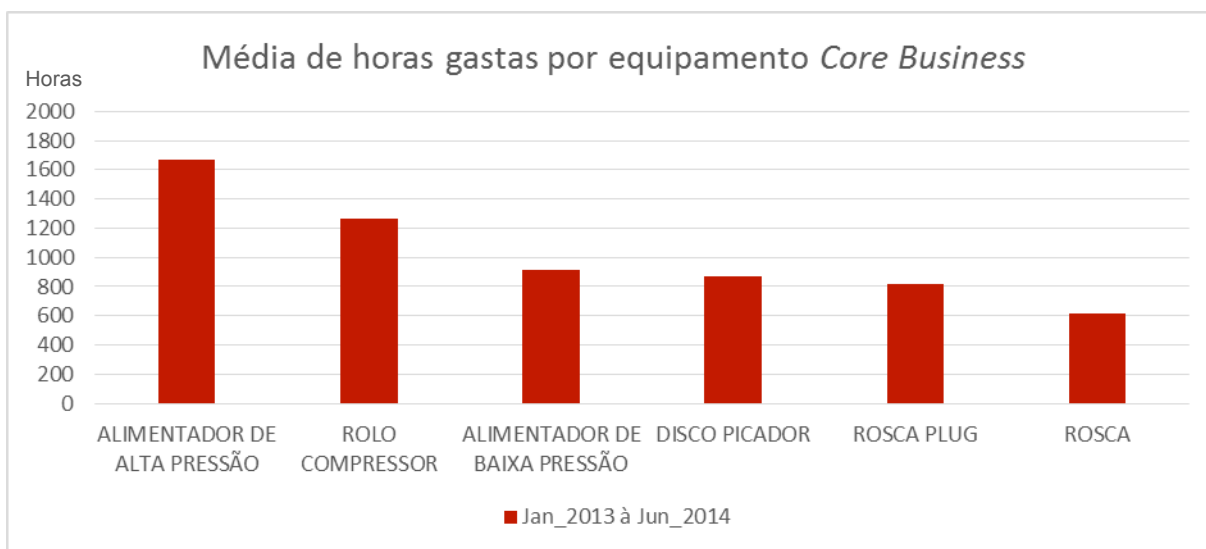


**Gráfico 3: Percentual de impacto dos equipamentos Core no faturamento da empresa.**

Fonte: Autoria própria

Observa-se no Quadro 6 que, apesar de representarem apenas 18% do total de itens vendidos em 6 meses, estes produtos impactam em mais da metade do faturamento para o mesmo período, conforme o exposto no Gráfico 3 anteriormente.

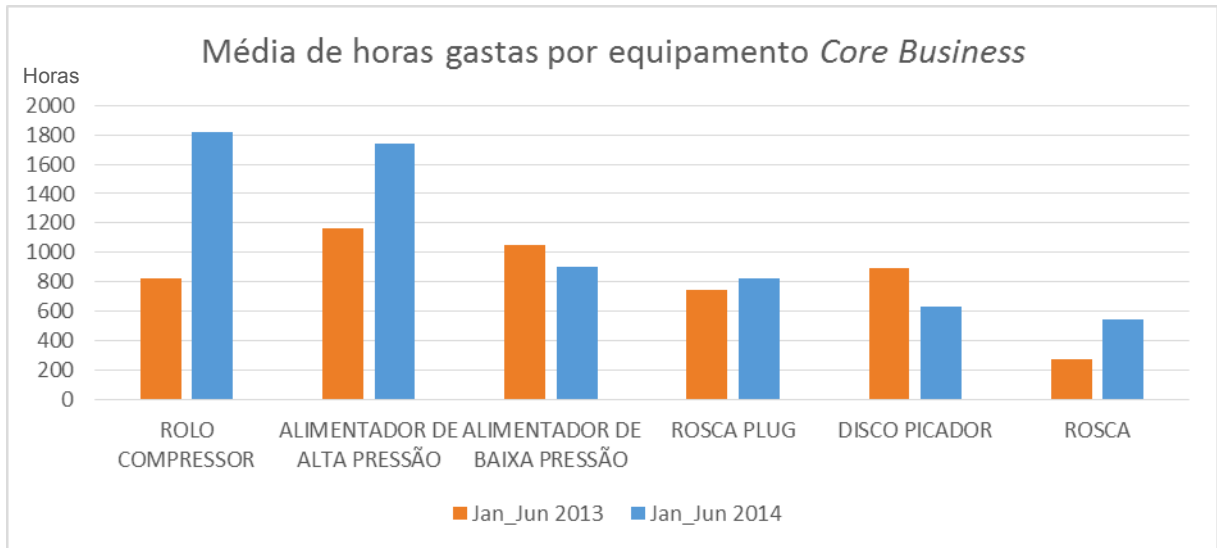
Para posterior comparação dos resultados obtidos, cabe aqui, também, proporcionar um estudo mais detalhado dos tempos de entrega dos equipamentos *core business*, foram analisadas outras variáveis destas famílias. O Gráfico 4, por exemplo, expõe o número médio de horas gastas em cada uma das famílias de janeiro de 2013 à junho de 2014.



**Gráfico 4: Média de horas gastas por equipamento entre janeiro de 2013 e junho de 2014.**

**Fonte: Autoria própria**

O Gráfico 5 abaixo mostra a média de horas dispendidas de janeiro à junho de 2013, e a comparação do mesmo período em 2014, período este que antecede a implementação e testes da nova ferramenta.



**Gráfico 5: Comparação da média de horas gastas por equipamentos *core business* entre os períodos de janeiro a junho de 2013 e 2014.**

**Fonte: Autoria própria**

## 4.1 IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

### 4.1.1 Situação inicial

A gerência da fábrica sempre reforçou a importância de reuniões entre os supervisores dos setores e o PCP para alinhar as informações de cronograma, planejamento e necessidades. Em acompanhamento às essas reuniões percebeu-se a carência de uma ferramenta eficiente que auxiliasse o andamento das tarefas. Neste momento, as reuniões eram feitas com a ajuda de um cavalete com flip chart. Um funcionário do planejamento era o responsável pela atualização das informações nas folhas do flip chart, as quais eram preenchidas projeto a projeto, com as correspondentes tarefas sequencialmente dispostas e a avaliação dos prazos a serem executados.

Inicialmente as informações eram dispostas de forma clara, no entanto, ao decorrer dos dias, conforme o andamento e entrega dos projetos, as informações não podiam ser apagadas e, portanto, tornavam-se numerosas e confusas. Dessa maneira, não era possível ter uma visão clara nem dos projetos, tão quanto das atividades a serem executadas com os correspondentes prazos. Nesta etapa, boa parte do tempo da reunião era gasto percorrendo as folhas do flip chart, sem

priorizar os projetos ou problemas, pois toda informação nova era preenchida no final da lista.

Diante da situação descrita acima, foi proposta a implantação de um quadro de gestão visual compreendendo as características e dificuldades da empresa. Inicialmente, os participantes aderiram à ideia e adaptaram suas anotações num quadro branco instalado no lugar do flip chart.

Apesar de possibilitar a visualização de todos os projetos em andamento, muitas informações sobre as tarefas eram dispostas de forma sequencial, tornando confusa e difícil a leitura dos *status* por cada responsável, conforme pode-se notar nas informações em vermelho e verde da Figura 24 a seguir.

PCS	DESCRIÇÃO	PRAZO	S	MA	02/08	03/08	04/08	05/08	06/08	07/08	08/08	09/08	10/08	11/08	12/08	01/09	02/09	03/09	04/09	05/09	06/09	07/09	08/09	09/09	10/09	11/09	12/09	01/10	
A 34961	CENIBRA	30/08	PG																										
A 34965	ALIM. LPF 850L	15/09	PG																										
11	CARACA	"	11																										
11	ROTOR	"	11																										
A02007	DROP IN VIT	01/09	URG																										
A35001	ROTOR D30	30/08	URG																										
A08146	BICAL ENTRADA 48 TITANIO	01/09	URG																										
A 3 5026	SUZANO-MA	08/08	URG																										
A34730	CAMISA DA ROSCA M48	30/08	PG																										
A34751	CARRETEL DA ROSCA M48	30/08	PG																										
12107	ROSCA DA CAMISA SUZANO-MUC	05/09	N																										
A08144	DEPURADOR SUZANO-MA	30/08	URG																										
A3500	ROTOR CF200	28/08	URG																										
A3888	GARANTIA DROP. IN. VIT	05/09	URG																										
A 35034	ANEL P/CAIOTA	05/09																											

Figura 24: Implantação do primeiro quadro de gestão visual

Fonte: Empresa

#### 4.1.2 Apresentação da nova metodologia

Após avaliação e estudo de algumas ferramentas de gestão visual, como por exemplo o *kanban*, optou-se pela aplicação da metodologia PULSE como forma de solucionar as dificuldades apresentadas anteriormente. Isso porque, o PULSE visa à redução do *lead time* dos trabalhos e aumento da eficiência no desenvolvimento e

entregas, através do controle no fluxo do projeto, conforme descrito na revisão da literatura.

Assim, primeiramente em teoria, o PULSE se mostrou uma ferramenta de gestão visual adequada para o auxílio da produção em suas tarefas e prazos de entrega, a fim de melhorar os indicadores mostrados na sessão 4.3.

A metodologia sugere que para iniciar o uso da ferramenta é necessário determinar as correspondentes metas dos projetos e planejar as execuções mais significativas. Como a meta principal da produção é o comprimento e melhoria nos prazos de entrega, cada projeto deve ser vinculado por sua correspondente data final de entrega. Com o objetivo de auxiliar o planejamento das tarefas, é utilizada como ferramenta auxiliar ao quadro os cronogramas dos projetos, os quais são detalhados através do software MS-Project.

Portanto, o controle visual no quadro deve ser feito pelas diversas etapas de produção por onde o produto pode passar, sinalizando conforme as cores verde, amarelo e vermelho o *status* do setor em análise, os quais indicam, conforme descrito na literatura, um projeto sem desvio, alerta para possível desvio e com desvio, respectivamente.

#### **4.1.3 Etapas de implantação**

Como avaliação inicial, foram analisadas todas as características similares e relevantes dos projetos que devem ser acompanhados, portanto, a nova proposta sugeriu que o quadro deveria dispor das seguintes informações:

- Número do projeto;
- Nome do cliente;
- Descrição do item;
- Prazo de entrega;
- Prioridade (números sequenciais);
- Setores produtivos - (descritos no item 4.2) subdivididos pelos dias da semana.

Para a introdução da ferramenta de gestão visual indicada, foi realizado primeiramente um breve treinamento com os conceitos e objetivos da metodologia PULSE, bem como a apresentação do quadro com a proposta nova sugerida.



Mesmo após apresentação da metodologia, os alunos deste trabalho acompanharam também às reuniões, auxiliando os envolvidos, de forma a orientar o correto preenchimento do quadro, conforme os dias da semana e correspondente indicação dos *status*. Após análise com o planejamento e baseando-se nas questões observadas durante as reuniões, percebeu-se a alternativa de inclusão das áreas de suprimento no acompanhamento dos trabalhos.

Preliminarmente, tendo em vista que a metodologia é voltada à melhoria dos prazos de execução das tarefas de produção, não deveriam ser consideradas outras áreas da empresa que não pertencessem a um dos setores fabris anteriormente citados. No entanto, por se tratar de um sistema de produção sob encomenda, os itens que devem ser comprados só poderão ser requisitados após a confirmação do pedido do cliente. Muitos desses são específicos ou tem um longo prazo de entrega, o que impacta crucialmente no cronograma, caso venham a ter desvios.

Além da compra de novos componentes, em alguns casos, principalmente quando há alta carga na produção, operações como balanceamento são terceirizadas em serviços externos. Sendo assim, o acompanhamento dos prazos e problemas vivenciados pela área de suprimentos torna-se fundamental.

Foi levantada também a importância de acompanhar os prazos dos processistas quanto à elaboração de orçamentos nas etapas de avaliação. Isso por que, em alguns casos os equipamentos, como por exemplo, os alimentadores, são internacionais e, portanto, tem um limite de dias para retorno ao país de origem. Em caso de atrasos na elaboração do orçamento e/ou execução da proposta, o prazo da produção fica reduzido ou até mesmo comprometido. O processo também é responsável pela elaboração das ordens de produção, as quais também podem comprometer o prazo caso mal executadas ou em atraso.

Outra sugestão por partes dos supervisores foi de agrupar os setores conforme o responsável pela área. Isso por que, apesar da empresa dispor de vários setores produtivos, os supervisores responsáveis por tais setores em muitos casos são os mesmos. Sendo assim, foi determinada a separação dos setores produtivos conforme a descrição abaixo, de forma a contemplar o(s) mesmo(s) líderes e responsáveis:

- Processo;
- Usinagem
- Caldeiraria, Solda e Corte;



#### 4.1.4 Definições importantes

Conforme sugere a literatura, as reuniões são feitas diariamente, com duração prevista de 15 minutos (máximo 30 minutos), com a participação de todos os supervisores e demais envolvidos nos processos.

Todo material de apoio é trazido às reuniões de forma a dar suporte à ferramenta. Além disso, no decorrer da implantação, percebeu-se que a alimentação das informações no quadro, minutos antes da reunião, resultava num melhor rendimento da mesma.

Assim, os *status* e observações dos projetos são indicados antes do início da reunião e os mesmos são discutidos com o grupo, cabendo ao supervisor da produção fazer essa atualização do quadro.

Conforme explicado anteriormente, alguns prazos independentes são inseridos no quadro com base nos cronogramas. Outro ponto importante a ser destacado é o caminho crítico percorrido pelo equipamento. Ficou determinado que itens como, por exemplo, alimentadores, deveriam ter (quando necessário) mais de uma linha no quadro para seu acompanhamento. Isso porque, ambos itens podem ser de difícil execução, bem como uma criticidade no prazo de manufatura até a montagem. Assim, os componentes do alimentador são tratados como projetos independentes devido à sua complexidade. A foto na Figura 26 mostra a reunião PULSE, bem como com o respectivo supervisor e cronogramas auxiliares ao fundo.



**Figura 26: Foto da atual reunião PULSE**

**Fonte: Empresa**

Considerando o que foi exposto anteriormente, juntamente com o setor de processos (etapa incluída no quadro), foram adotados também os projetos em etapa de avaliação (produtos para reparo que passam por uma pré-avaliação das suas condições atuais para posterior cotação e aceitação do pedido pelo cliente).

Apesar de ainda não se tratarem de projetos em processo de transformação, esta etapa também contempla passos como recebimento, desmontagem, inspeção, testes, decapagem e suprimentos e, portanto, merecem o acompanhamento dos supervisores. Conforme explicado anteriormente, estas etapas precedem o trabalho de orçamento, pois são pré-requisitos para o mesmo, e, portanto, caso venham e ter atrasos ou imprevistos, comprometem o prazo de orçamentação e, por conseguinte, o prazo da produção.

Conforme descrito anteriormente, prazos específicos para cada setor foram adicionados à ferramenta de gestão visual. Inicialmente eram acompanhados apenas os prazos dos setores em análise na presente semana. Ao passar do tempo, os prazos dos setores que seriam envolvidos em sequência também passaram a ser preenchidos, de forma que os responsáveis pudessem se planejar ou alertar o time

para um possível desvio ou problema no cumprimento prazo indicado (falta de recurso, alta carga máquina, entre outros).

A coluna de prioridade, a princípio, era facilmente preenchida e interpretada pelos envolvidos. Conforme os projetos eram entregues e novos entravam para o acompanhamento, a avaliação da ordem de prioridades tornava-se complexa.

Alguns projetos apresentavam, por exemplo, a mesma data de entrega e necessidade de recursos, ou demandavam uma execução trabalhosa com alta criticidade. A fim de padronizar os critérios de definição da ordem de prioridades, foram pesquisadas ferramentas que considerassem as características relevantes destes projetos.

A metodologia escolhida seria a matriz GUT, considerando-se assim a gravidade, urgência e tendência do projeto, conforme descrito na revisão bibliográfica. Como o enfoque de todos os projetos é dado quanto ao prazo de entrega, todos os projetos referem-se á este problema na elaboração da matriz GUT. O Quadro 7 abaixo mostra um exemplo de elaboração da matriz GUT realizada na empresa.

<b>Problema: Atraso na entrega</b>	<b>Gravidade</b>	<b>Urgência</b>	<b>Tendência</b>	<b>Grau Crítico G x U x T</b>	<b>Sequência</b>
Sobressalentes da caldeira	3	5	4	60	<b>2</b>
Camisa alimentador de alta pressão	2	4	2	16	<b>11</b>
Rotor alimentador de alta pressão	2	3	2	12	<b>12</b>
Carcaça alimentador de alta pressão	2	2	1	4	<b>14</b>
Tubo Sucção Stand Pipe	5	5	3	75	<b>1</b>
Alimentador alta pressão	4	4	2	32	<b>4</b>
Peneiras de alívio	2	2	1	4	<b>13</b>
Mini capotas superaquecedores	2	3	4	24	<b>8</b>
Abertura para queimador	2	4	4	32	<b>5</b>
Coletor distribuidor	3	3	3	27	<b>7</b>
Difusor	2	3	3	18	<b>9</b>
Rolo compressor 1	2	3	5	30	<b>6</b>
Rolo compressor 2	2	3	5	30	<b>6</b>
Curvas superaquecedores	3	5	3	45	<b>3</b>
Alimentador alta pressão	3	3	2	18	<b>10</b>

**Quadro 7: Elaboração da matriz GUT para priorização dos projetos no quadro PULSE.**

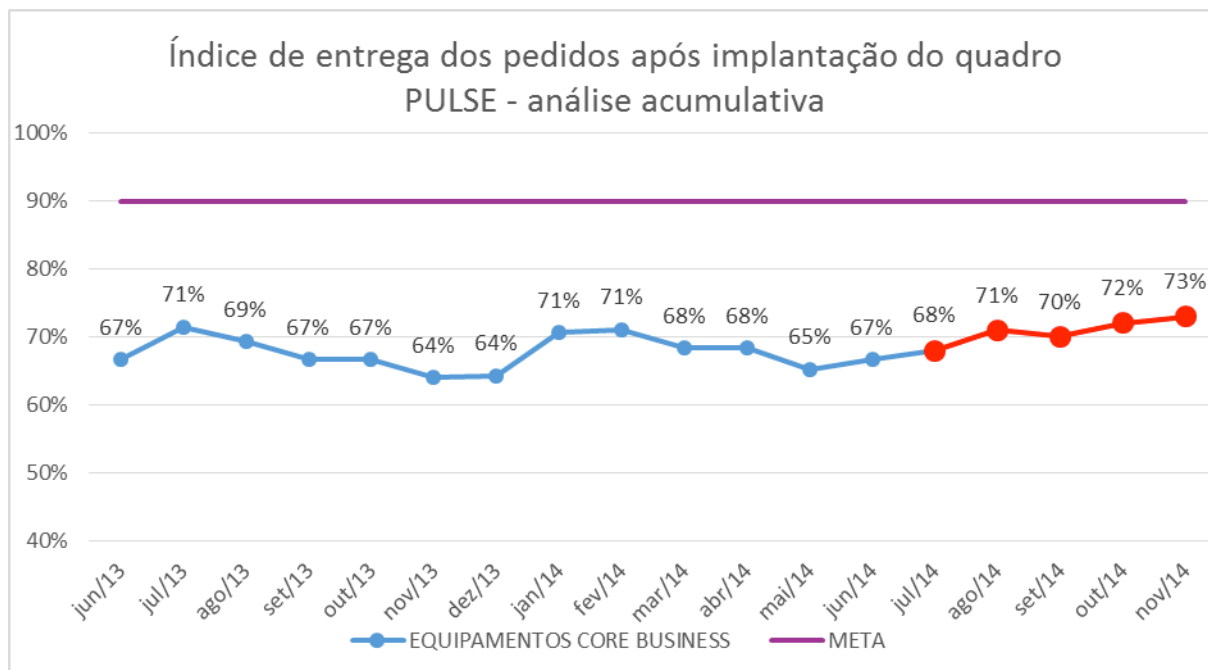
**Fonte: Empresa**

A **Error! Reference source not found.** a seguir, mostra a foto da aplicação deste sequenciamento, criado através da matriz GUT, no quadro PULSE da fábrica.









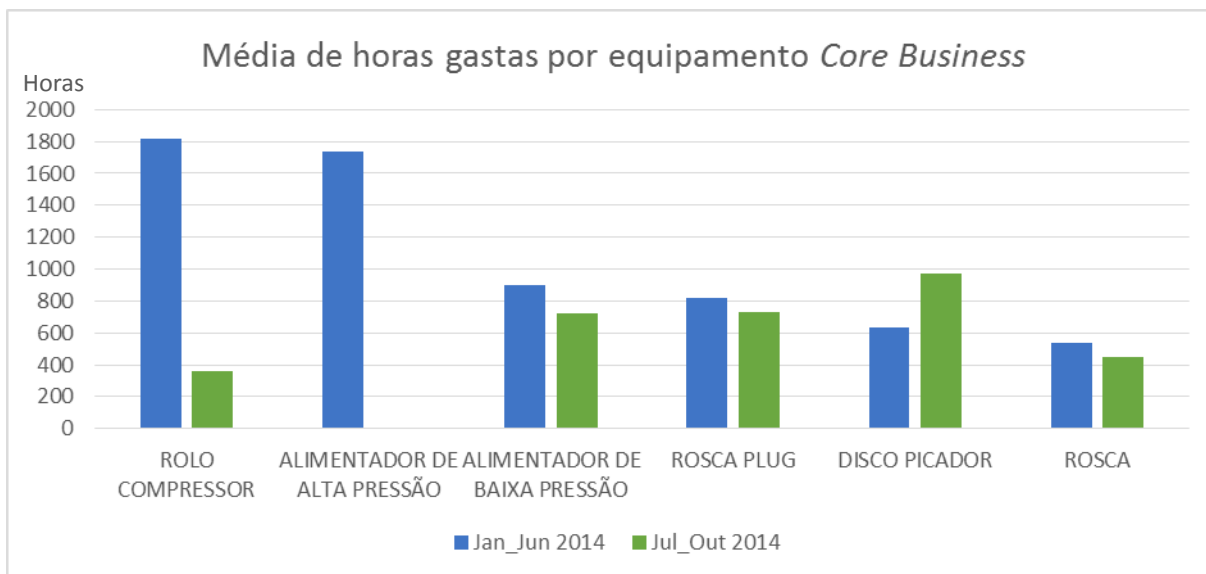
**Gráfico 6: Índice de entrega dos pedidos após implantação do quadro PULSE.**

Fonte: Autoria própria

Como pode-se notar pelo trecho em vermelho do gráfico, a partir de julho de 2014 houve uma melhora no indicador de entrega dos produtos *core*. Um aumento significativo é apresentado na transição de julho para agosto, meses estes que sucedem ao início do uso dos quadros PULSE, o qual está diretamente relacionado à melhora destes indicadores.

O índice se encontra ainda muito longe da meta. No entanto, vale aqui ressaltar que, em virtude da análise acumulativa, os períodos que antecedem a análise atual também influenciam nos últimos índices de entrega. Assim, o índice deve melhorar continuamente após um período de 12 meses, sendo possível, assim, visualizar uma maior proximidade entre os indicadores e a meta.

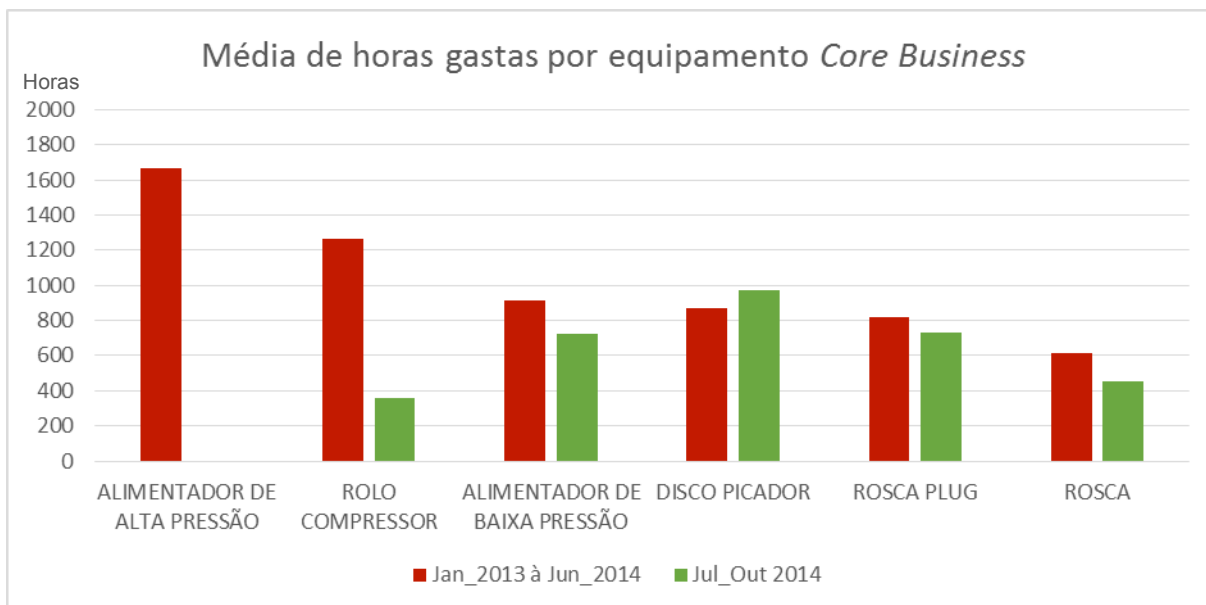
Bem como o acompanhamento nos prazos de entrega, manteve-se também o acompanhamento dos tempos necessários de trabalho. No Gráfico 7 a seguir, pode-se comparar a média de horas gastas antes e após a implementação da ferramenta.



**Gráfico 7: Média de horas gastas por equipamento *core business* antes e após a aplicação do quadro pulse, durante o ano de 2014.**

Fonte: Autoria própria

Já o Gráfico 8 abaixo, demonstra a média de horas gastas com equipamentos *Core Business* após a aplicação da ferramenta, em comparação com a média de horas calculadas desde janeiro de 2013 ate junho de 2014.



**Gráfico 8: Média de horas gastas por equipamento *core business* após a aplicação do quadro pulse, em comparação com a média de janeiro de 2013 à junho de 2014.**

Fonte: Autoria Própria

A análise dos dados acima mostra, em geral, uma leve diminuição na média horas gastas por equipamento. No entanto é fundamental ressaltar aqui que a

comparação das horas gastas entre os mesmo equipamentos pode ser feita de forma errônea. Deve-se levar em consideração o escopo de produção. Isso quer dizer que cada equipamento é avaliado e definido com um número e tipos de operações características. Para uma análise mais acurada devem ser comparados longos períodos de fornecimento (os tipos de reparos e serviços geralmente se repetem de tempos em tempos) ou escopos semelhantes.

Sendo assim, pode-se dizer que o tempo de utilização da ferramenta de gestão visual é muito pequeno para possibilitar uma comparação adequada entre a média de horas gastas.

Tendo isto como base, faz-se comparação, por exemplo, do fornecimento de dois alimentadores de baixa pressão de mesmo tamanho e características semelhantes de desgaste e recuperação. O primeiro alimentador teve seu processo de transformação de janeiro à maio. Já o segundo iniciou sua produção juntamente com a aplicação da nova ferramenta (julho) e foi entregue em setembro. No Quadro 8 abaixo estão os escopos seguidos em ambos equipamentos.

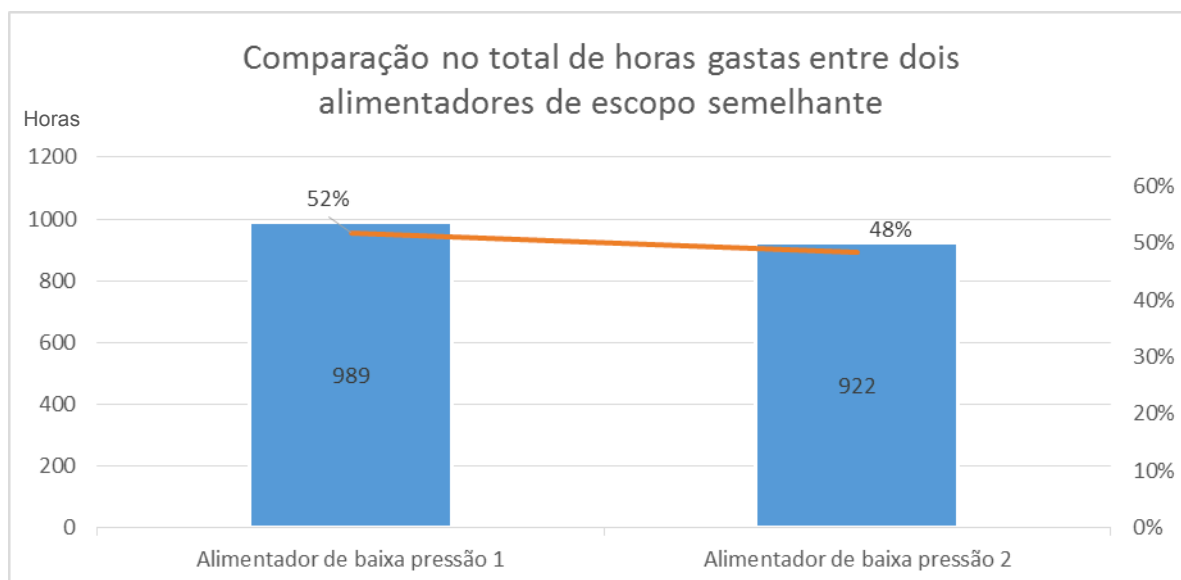
	<b>Alimentador 1 (janeiro à maio)</b>	<b>Alimentador 2 (junho à setembro)</b>
Carcaça	Furar e rosquear para Helicoils, montar Helicoils, tornear e retificar diâmetro interno e retificar.	Abrir trincas, soldar recuperando as trincas, inspeção não destrutivas, tornear e retificar diâmetro interno.
Rotor	Remover revestimento atual, soldar novo revestimento, tornear e retificar o diâmetro externo e certificar medida com a Carcaça.	Remover revestimento atual, abrir trincas, soldar recuperando as trincas, soldar novo revestimento, tornear e retificar o diâmetro externo e certificar sua medida com a Carcaça.
Rotor com eixos	Montar pontas de eixo, soldar tampas e fazer batimento.	Montar pontas de eixo, soldar tampas e fazer batimento.
Ponta do eixo LV	Tornear rebaixando colo do encaixe, soldar colo de encaixe. Executar tratamento térmico; Tornear medida final de encaixe e lixar colos; Montar bucha metalizada	Durante o processo de reparo ao rebaixar 3 mm o colo para soldar e na execução do L.P. foi detectada uma trinca no colo de Encaixe com o Rotor. É necessária a substituição da peça.
Ponta do eixo LA.	Tornear rebaixando colo do encaixe, soldar colo de encaixe. Executar tratamento térmico;	Tornear rebaixando colo do encaixe, soldar colo de encaixe. Executar tratamento térmico;

	Tornear medida final de encaixe e lixar colos; Montar bucha metalizada	Tornear medida final de encaixe e lixar colos; Montar e retificar bucha metalizada.
End Cap LA	Rebaixar colo da caixa de rolamento, regularizar a bucha da caixa de gaxeta, soldar caixa de rolamento e caixa de gaxeta. Tornear em acabamento Furar e abrir rosca na caixa de rolamento e gaxeta.	Rebaixar colo da caixa de rolamento, regularizar a Bucha da caixa de gaxeta, soldar caixa de rolamento para que se possa usinar e deixar na dimensão original de projeto. Tornear em acabamento e tornear regularizando a caixa de gaxetas.
End Cap LV	Regularizar a bucha da caixa de gaxeta; Retificar colo da caixa de rolamento ; Furar e abrir rosca na caixa de rolamento e gaxeta.	Tornear em acabamento caixa de gaxeta; Retificar colo da caixa de rolamento.
Miscelâneos	Metalizar uma caixa de rolamento e regularizar outra; Fabricar tampa nova de alojamento; Regularizar 6 itens; Retentores, juntas e elementos de fixação novos; Rolamentos e acessórios novos;	Fabricar tampa nova de alojamento e anel de selagem; Retentores, juntas e elementos de fixação novos; Buchas desgastes serão novas; Doctor blade novo; Rolamentos e acessórios novos (fornecidos pelo cliente);

**Quadro 8: Comparação entre escopos de alimentadores de baixa pressão**

**Fonte: Aatoria Própria**

No Gráfico 9 é evidenciada a diminuição de 67 de horas, cerca de 6,8% a menos, no trabalho de recuperação do segundo alimentador de baixa pressão.



**Gráfico 9: Comparação no total de horas gastas entre dois alimentadores de escopo semelhantes.**

**Fonte: Autoria própria**

Observou-se que, após a implementação da ferramenta, com os atrasos e esperas sendo minimizados através das discussões durante as reuniões, abriu-se espaço para a identificação de uma segunda causa de atrasos dos projetos. Anteriormente, os atrasos eram relacionados com as longas esperas e tempos de improdutividade. Com o nivelamento da informação sobre os *status* e dificuldades de cada projeto diariamente com todos os respectivos supervisores, estes atrasos foram minimizados.

Pôde-se perceber que outra causa identificada como atraso, agora, é a alta carga na máquina. Conforme explicado anteriormente, muito dos projetos tornam-se críticos em meio ao serviços prestados em caráter de urgência. Muitas vezes os projetos estão sequenciados e dentro no prazo. No entanto, conforme a entrada de trabalhos urgentes, em muitos casos os operadores não acompanham qual a lista de prioridade dos seus trabalhos. Para isso, foi proposto a implementação também do quadro carga máquina para cada uma das máquinas que apresentam, usulamente, as maiores demandas. A Figura 29, a seguir, mostra as características deste quadro. O quadro deve ser atualizado pelos supervisores diariamente após a reunião pulse, por conseqüente, quando discutidas as prioridades e características de cada projeto.

**CARGA MÁQUINA  
MANDRILHADORA B8**

PRI	OP	DESENHO	QT	PCS	CLIENTE	INICIO	FIM	OBS
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

**Figura 29: Quadro carga máquina**

**Fonte: Autoria própria**

As reuniões possibilitaram, também, o melhor planejamento e programação de paradas de máquinas para manutenções preventivas. A programação da preventiva é trazida à reunião e o planejamento da parada das máquinas é discutido conforme as prioridades e demandas à mesma.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões obtidas nesse trabalho, tempo investido, assim como sugestões para trabalhos futuros que visem abordar o mesmo tema.

As considerações finais foram redigidas com enfoque em cada um dos objetivos propostos para serem alcançados por esse trabalho.

Foram expostos na fundamentação teórica os sistemas produtivos: produção empurrada e puxada, além do *lean manufacturing*, ferramentas de gestão visual, controle e planejamento da produção, produção sob encomenda e o PCP. Desta forma procurou-se compreender como é a aplicabilidade do *lean manufacturing* numa indústria de produção sob encomenda e conclui-se que a aplicação da gestão visual proporciona melhorias ao processo e elimina desperdícios.

Além disso, foi feita a análise e levantamento dos problemas da empresa, onde destacaram-se problemas referentes ao atendimento nos prazos de entrega dos produtos e serviços, em virtude dos pedidos urgentes sem programação prévia e problemas que surgem durante as etapas de fabricação.

Após avaliação e estudo de algumas ferramentas de gestão visual, como por exemplo o *kanban*, foi feita a escolha da aplicação da metodologia PULSE. Destaca-se a facilitação do acompanhamento da produção e tomadas de ações dos envolvidos, quando necessárias, dos equipamentos denominados de *core business* que representam em torno de 53% do faturamento dos itens que passam pela fábrica.

Conclui-se que como consequência da aplicação da ferramenta PULSE houve redução do *lead time* dos trabalhos e aumento da eficiência no desenvolvimento e entregas dos trabalhos, através do controle no fluxo do projeto.

Durante a implementação da ferramenta, nota-se a importância na conscientização de que os problemas devem ser antecipados e levantados durante as reuniões diárias. Além disso, criou-se a oportunidade da integração dos times através das reuniões diárias.

Ressalta-se que durante as etapas de desenvolvimento do projeto, o foco e prioridade eram na elaboração de propostas para recuperar prazos dos projetos em vermelho.

Conclui-se que a aplicação da ferramenta de gestão visual PULSE do *lean manufacturing* na produção sob encomenda analisada diminui as horas de trabalho e tempos de entrega. Além de integrar os times e conscientizar que problemas devem ser antecipados e levantados. Desta forma, foca-se na elaboração de propostas para priorizar trabalhos de acordo com os critérios escolhidos e atendimento dos prazos.

## 6.1 ESTIMATIVA DE CUSTOS DAS HORAS INVESTIDAS NA ELABORAÇÃO DO TRABALHO

Para a realização do presente trabalho, foi estimado um custo de acordo com os valores cobrados por uma consultoria externa, baseado nas horas investidas pelos autores multiplicado pelo valor médio cobrado por uma consultoria de engenharia. A Tabela 4 apresenta os valores resultados dessa estimativa:

Descrição	Quantidade
Semanas trabalhadas	24 sem
Dias por semana	6 dias/semana
Horas por dia (considerando os dois integrantes)	5 horas/dia
Horas Totais	480 horas
Custo por hora	R\$ 120,00/hora
Custo total	R\$ 57.600,00

**Tabela 4: Estimativa de custos para o presente trabalho**

**Fonte: Autoria própria**

## 6.2 CUSTO DE MATERIAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO



Para a realização do projeto, utilizou-se da implementação de um quadro customizado de gestão visual (quadro PULSE), bem como imãs de diferentes cores para a utilização da ferramenta. O quadro customizado tem, conforme orçamento em anexo A, um custo de R\$ 520,00. Já os imãs podem ser cotados um pouco mais caros (em torno de R\$2.000,00), pois é necessária a compra de uma quantidade mínima, conforme exemplo no anexo B. O custo de aproximadamente R\$ 250,00, que se refere ao consumo de energia elétrica, impressões e encadernações. Para o emprego da ferramenta PULSE é necessário, como auxílio, algumas informações e documentos da própria empresa. No entanto, as ferramentas e recursos utilizados para este fim já fazem parte do processo e, portanto não oneram custos ou horas extras no presente projeto.

### 6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho foi realizado em parceria com uma empresa do segmento de papel e celulose na região de Araucária. Por esse motivo, os problemas encontrados podem ser específicos desse segmento e culturalmente local.

Em trabalhos futuros, poderia ser realizado o estudo de aplicação da ferramenta PULSE em outros ambientes de produção sob encomenda, como por exemplo, fabricação de máquinas e equipamentos para prospecção e extração de petróleo, fabricação de obras de caldearia pesada, fabricação de motores estacionários de combustão interna, turbinas e outras máquinas motrizes não elétricas, fabricação de geradores de corrente contínua ou alternada, entre outros itens descritos no Quadro 8.

Outra oportunidade para trabalhos futuros seria aplicar outras ferramentas do *Lean Manufacturing*, citadas na seção 6.3.1 deste trabalho, numa empresa do segmento de papel e celulose na região de Araucária. Desta forma, pode-se comparar os resultados obtidos neste trabalho com outra ferramenta ou verificar a aplicabilidade de outras ferramentas do *Lean* na produção sob encomenda.

Por fim, há oportunidades de aprofundar-se mais no estudo da aplicabilidade de diversas ferramentas do *Lean* em diferentes ambientes de produção sob encomenda. Utilizando a metodologia utilizada no trabalho, é possível estudar e identificar as principais dificuldades encontradas em uma empresa de fabricação e

recuperação de equipamentos e avaliar melhorias ao processo e eliminação de desperdícios.

## REFERÊNCIAS

ARAYA, Juan M.: **Value Stream Mapping for High-mix, low-volume manufacturing**. KTH, School of Industrial Engineering and Management (ITM) - Industrial Economics and Management (Dept.) - Industrial Economics and Management (Div.), 2012.

Associação Brasileira da Infraestrutura e Indústrias de Base – ABDIB. **Políticas de competitividade para indústrias de bens de capital sob encomenda**. São Paulo, 2008.

BARTOLI, I.; SILVA, M. B.; (2008). **Lean Manufacturing Voltado para a Indústria Siderúrgica MTO**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia da Produção – Integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, RJ – Brasil.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP II/erp: Conceitos, Uso e Implantação**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2001.

CUTOVOI, I. T. M.; SALLES, J. A. A.; VANALLLE, R.M.. **Aplicação do modelo Earned Value Management System - EMVS na Avaliação do processo de desenvolvimento de produtos – PDP**. Artigo apresentado no Simpo I. Universidade Nove de Julho, 2011. Disponível em: <[http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2011/artigos/E2011\\_T00173\\_PCN24949.pdf](http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2011/artigos/E2011_T00173_PCN24949.pdf)> Acesso em 19 Jun. 2014.

FERRO, Liliana D. **Aplicação de um sistema de gestão visual em uma indústria moveleira**. MBA em Gestão e Engenharia da Produção Industrial – Especialize (Revista online), 2012.

FRANCO, Ana Claudia. **Sistemática para controlar a produção por encomenda através do sequenciamento e da gestão visual**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade do Estado de Santa Catarina, curso superior de Engenharia de Produção e Sistemas, Joinville – SC, 2010.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going lean: a guide to implementation**. Cardiff: Lean Enterprise Research Center, 2000.

KAYA, Onur. **Development of an Electronic Lean Planning System for Product Development (PULSE)**. Department of product and production development -

*Division of product development – Master of Science Thesis, Chalmers university of technology - Gothenburg, Sweden, 2012.*

KUMAR, S Anil; SURESH, N. **Productions and operations Management**. New Age International (P) Ltd., Publishers, 2009.

LANDER, LIKER, J.K. **The Toyota production system and art: making highly customized and creative products the Toyota way**. *International Journal of Production Research*, London, v.45, n.16, p.3681-3698, 2007.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da Produção e Operações**. 3. Ed. São Paulo: Pioneira, 1998.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre, RS: Bookman, 1997.

PERIARD, Gustavo. **Matriz GUT - Guia completo**. Disponível em <<http://www.sobreadministracao.com/matriz-gut-guia-completo>> Acesso em 15 out. 2014.

PIRES, S. R. I. **Gestão da Cadeia de Suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e casos – Supply chain management**. São Paulo, Atlas, 2004.

ROTHER, Mike; SHOOK John. **Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda**. The Lean Enterprise Institute, Brookline, EUA, 1998.

SAIA, Rafael. **Proposta de classificação para a tipologia de produção Engineer to Order e definição das melhores práticas de manufatura em tais ambientes**, 2013, 174. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP), São Carlos, 2013.

SAIA, Rafael. **O lean manufacturing aplicado em ambientes de produção engineer to order**, 2009, 81f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Escola de Engenharia de São Carlos, Curso Superior de Engenharia de Produção, São Carlos, 2009.

SHINGO, Shingeo. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookma, 1996.

SILVA, E. R. **Os Pilares do Lean Manufacturing**. Artigo publicado em ECR Consultoria. Disponível em <<http://www.ecrconsultoria.com.br/biblioteca/artigos/gestao-da-producao/os-pilares-do-lean-manufacturing>> Acesso em 22 jun. 2014.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christine; HARRISON, Alan; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. Edição compact, 1ª Ed. São Paulo, Brasil: Atlas, 2007.

STEFANELLI, Paola. **Modelo de Programação da Produção Nivelada para Produção Enxuta em Ambiente ETO com Alta Variedade de Produtos e Alta Variação de Tempos de Ciclo**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

TUBINO, Dalvio F. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009

VON BUETTNER, Thomas G.; MORSELLI, Sergio E. **Estudo e levantamento estatístico do mapeamento do fluxo de valor (MFV), através da análise de seus efeitos na transformação de uma manufatura enxuta**. 2013. 70 f. Monografia – Engenharia Industrial Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

WOMACK, James. P.; JONES, Daniel T: **Lean Thinking – banish waste and create wealth in your corporation**. New York: Simon & Schuster, *First Free Press Edition*, 2003.

LEAN ENTERPRISE PRINCIPLES. **Principles of Lean**. Disponível em <<http://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm>> Acesso em: 21 jun. 2014.

## ANEXO A – ORÇAMENTO PARA QUADRO PULSE

DADOS COMERCIAIS

NOME FANTASIA = JS INDÚSTRIA E COMERCIO DE MADEIRA LTDA

RAZÃO SOCIAL= PIMENTEL ARTEFATOS DE MADEIRA LTDA

ENDEREÇO = RUA COLIBRI 86

CNPJ = 09.185.063/0001-34

INSCRIÇÃO= 904.222.12-76

BAIRRO= JD PIONEIRO CAMPO MAGRO

FONE = 36779063


E – MAIL= [PIMENTEL.QUADROS@GMAIL.COM](mailto:PIMENTEL.QUADROS@GMAIL.COM)

SÓCIO = ADMINISTRATIVO = JOÃO ALVES PIMENTEL

SOCIO (A) = SOLANGE ALVES DA SILVA

	<b>Especificação</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
1	Qdr branco conforme o desenho 194x360mol alumínio	1	R\$ 520,00	R\$ 520,00
	Orçamento = 15/05/2014  Orçamento valido 30 dias  Prazo de entrega 10 dias  Forma de pagamento = a vista			

## ANEXO B – EXEMPLO PARA COMPRA DE IMÃS



china-magtech.en.made-in-china.com

### Ímãs do memorando/pinos ímã do escritório

Preço Unitário: US \$ 0.35-0.4 / Peça

Quantidade Mínima: 2000 Peças


Termos de Comércio: FOB, CFR, CIF, CIP, CPT, FCA

Condições de Pagamento: LC, T/T

Tempo Válido de Preço: 6/23/2014 ~ 12/31/2014

[✉ Contate Agora](#)

#### Perfil de Fornecedor

 **China Magtech Co., Limited**

Beijing China

**Tipo de Negócio:** Fabricante, Empresa Comercial

**Principais Produtos:** Ímã, Ímã Moldura de Acrílico, Ímã Memo, Clipe Memorando Magnética, NdFeB Ímã, Ímã da Terra Rara, ...

**Serviço OEM/ODM:** Não