

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS EXPERIMENTAL DE SÃO JOÃO DA BOA VISTA
ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES**

VITOR SAULI FERNANDES

**Otimização do desempenho operacional: mapeamento do fluxo de valor da
manufatura de um produto de telecomunicações**

**SÃO JOÃO DA BOA VISTA
2019**

VITOR SAULI FERNANDES

**Otimização do desempenho operacional: mapeamento do fluxo de valor da
manufatura de um produto de telecomunicações.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho” como requisito para obtenção de título de
Bacharel em Engenharia de Telecomunicações.

Orientador: Prof^o Dr. José Augusto de Oliveira

SÃO JOÃO DA BOA VISTA

2019

Fernandes, Vitor Sauli

Otimização do desempenho operacional: mapeamento do fluxo de valor da manufatura de um produto de telecomunicações / Vitor Sauli Fernandes. -- São João da Boa Vista, 2019.

80 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso – Câmpus Experimental de São João da Boa Vista – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Orientador: Prof. Dr. José Augusto de Oliveira

Bibliografia

1. Planejamento dos recursos de manufatura 2. Processos de fabricação 3. Simulação (Computadores) 4. Telecomunicações

CDD 23. ed. – 621.382

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca-BJB

Bibliotecário responsável: João Pedro Alves Cardoso – CRB-8/9717

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

CÂMPUS EXPERIMENTAL DE SÃO JOÃO DA BOA VISTA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**OTIMIZAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL: MAPEAMENTO DO
FLUXO DE VALOR DA MANUFATURA DE UM PRODUTO DE
TELECOMUNICAÇÕES.**

Aluno: Vitor Sauli Fernandes

Orientador: Prof. Dr. José Augusto de Oliveira

Banca Examinadora:

- José Augusto de Oliveira (Orientador)
- André Alves Ferreira (Examinador)
- Elmer Mateus Gennaro (Examinador)

A ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no prontuário do aluno (Expediente nº 38/2018)

São João da Boa Vista, 30 de janeiro de 2019

Resumo

Este projeto teve como objetivo avaliar o desempenho operacional e o desempenho econômico de um processo produtivo de uma empresa industrial do setor de Telecomunicações. Para isso foi realizado um estudo de caso em uma empresa do deste setor produtivo. Neste estudo foram realizadas visitas *in loco* na empresa para exploração do ambiente fabril, realização de entrevistas, análises de documentos e coleta de dados sobre o processo produtivo em estudo. Em seguida, foi realizada uma modelagem e simulação do processo produtivo por meio do *software* TecnomatixTM da Siemens, a fim de avaliar o desempenho operacional e o desempenho econômico deste processo de produção. Estes resultados empíricos servirão de fundamentação para melhorias deste e demais processos produtivos similares, visando aumentar a competitividade do setor de Telecomunicações no mercado brasileiro e internacional.

Palavras-chave: Indústria de Telecomunicações. Desempenho Operacional. Desempenho Econômico. Simulação.

Abstract

This project aimed to evaluate the performance and economic performance of a productive process of an industrial company in the Telecommunications sector. For this, a case study was carried out in a company of this productive sector. In this place, on-site visits were carried out to explore the productive environment, conduct interviews, analyze documents and collect data on the productive process under study. Then, a modeling and production process was carried out using Siemens' TecnomatixTM software, a process to evaluate the operational performance and the production process. The results obtained can be improved so that the small and more productive, more increase the competitiveness of the telecommunications sector in the Brazilian and international market.

Keywords: Telecommunications industry. Operational Performance. Economic Performance. Simulation.

LISTA DE FIGURAS

1	Pirâmide de desempenho	14
2	Definição da ordem dos pedidos de produção	45
3	Separação e aceitação do material necessário	46
4	Subprocesso da placa 1	46
5	Fusão e soldagem da placa 2	47
6	Realização de testes na placa 2	47
7	Realização de testes das placas	48
8	Realização de teste de qualidade na placa final	48
9	Realização do primeiro teste final	49
10	Realização do segundo teste final e envio para expedição	49
11	Simulação geral do setor de produção em 3D	50
12	Início da simulação do setor de produção em 2D	51
13	Início da simulação do setor de produção em 3D	51
14	Montagem da placa 1 em 2D	52
15	Montagem da placa 1 em 3D	52
16	Montagem da placa 2 em 2D	54
17	Montagem da placa 2 em 3D	54
18	Montagem da placa final em 2D	59
19	Montagem da placa final em 3D	59
20	Demonstração fase de testes em 2D	60
21	Demonstração fase de testes em 3D	60
22	Demonstração primeiro cenário em fase de testes em 2D	62
23	Demonstração primeiro cenário em fase de testes em 3D	62
24	Demonstração segundo cenário em fase de testes em 3D	64

LISTA DE TABELAS

1	Entradas e saídas da placa 1	52
2	Tempo de trabalho da placa 1	53
3	Tempo de espera da placa 1	53
4	Tempo de bloqueio da placa 1	53
5	Entradas e saídas da placa 2	55
6	Tempo de trabalho da placa 2	56
7	Tempo de espera da placa 2	57
8	Tempo de bloqueio da placa 2	58
9	Entradas e saídas da placa final	59
10	Tempo de trabalho da placa final	60
11	Entradas e saídas nos testes	61
12	Porcentagens de operações nos testes	61
13	Entradas e saídas cenário 1	63
14	Porcentagens de operações cenário 1	63
15	Entradas e saídas cenário 2	65
16	Porcentagens de operações no cenário 2	65
17	Entradas e saídas cenário 3	66
18	Porcentagens de operações cenário 3	66

LISTA DE ACRÔNIMOS

STP	Sistema Toyota de Produção
PE	Produção Enxuta
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
MFV	Mapa de Fluxo de Valor
JIT	<i>Just in Time</i>
WIP	<i>Work in Process</i>
SLE	Serviço Limitado Especializado
SCM	Serviço de Comunicação Multimídia
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
IP	<i>Internet Protocol</i>
BSC	<i>Balanced Scorecard</i>
PP	<i>Performance Prism</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SMDG	Sistema de Medição de Desempenho Global
KRI	<i>Key Result Indicator</i>
RI	<i>Result Indicator</i>
PI	<i>Performance Indicator</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
DTD	<i>Dock-to-Dock Time</i>
CEP	Controle Estatístico do Processo

Sumário

1	Introdução.....	12
1.1	Justificativa	15
1.2	Objetivos.....	17
2	Revisão Bibliográfica.....	18
2.1	Lean Manufacturing.....	18
2.1.1.	Just in time	20
2.1.2.	Jidoka	21
2.1.3.	Kanban	23
2.1.4.	Mapa de fluxo de valor (MFV)	24
2.1.5.	Takt-Time.....	25
2.2	Aplicação da Produção Enxuta em Telecomunicações	26
2.2.1	Empresa VICOM LTDA	26
2.2.2	Empresa INTELIG TELECOMUNICAÇÕES LTDA	27
2.2.3	Empresa COMSAT BRASIL LTDA.....	28
2.2.4	Conclusão entre as empresas	29
2.3	Medição de Desempenho de Processos Produtivos	30
2.3.1.	Balanced Scorecard (BSC).....	31
2.3.2.	Performance Prism (PP).....	32
2.3.3.	QUANTUM	33
2.4.	Indicadores e métricas de desempenho em processos produtivos	35
2.4.1	OEE (Overall Equipment Effectiveness).....	38
2.4.2	Dock-to-Dock Time (DTD).....	39
3	Material e Métodos.....	40
4	Resultados e Discussão.....	44
4.1.	Primeiro cenário.....	62
4.2.	Segundo cenário.....	64
4.3.	Terceiro cenário	65
5	CONCLUSÃO	67

6	AGRADECIMENTOS.....	69
	Referências	69
	APÊNDICE A - PROTOCOLO DE ESTUDO DE CASO	74
	APÊNDICE B – Instrumento de Coleta de Dados	77
	APÊNDICE C – PROCESSO PRODUTIVO MAPEADO.....	78
	APÊNDICE D – MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR CENÁRIO REAL.....	79
	APÊNDICE E – MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR CENÁRIO A.....	80
	APÊNDICE F – MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR CENÁRIO B	81
	APÊNDICE G – MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR CENÁRIO C.....	82

1 INTRODUÇÃO

As empresas se mostram essenciais na sociedade organizada (Groover, 2007; Kalpakjian, 2001), pois elas são responsáveis por suprir a demanda de produtos (bens e serviços) para a sobrevivência, o bem-estar e a melhoria da qualidade de vida das pessoas na sociedade.

A produção é um eixo central na estratégia empresarial e, portanto, requer uma atenção especial para a promoção de competitividade e sustentabilidade para um setor produtivo (GUPTA; VERMA; FUGATE; STANK; MENTZER, 2009; WONG; BOON-ITT; WONG, 2011).

Um dos principais paradigmas na história da produção surgiu em 1950 no Japão, com o Sistema Toyota de Produção (STP) que, segundo Liker (2005) é também conhecido no ocidente como Produção Enxuta (PE) ou *Lean Production*. Para Ohno (1997), o STP consiste basicamente em analisar o fluxo de produção ao longo do tempo e reduzir as perdas que não agregam valor ao cliente, diminuindo assim o tempo deste fluxo.

Liker (2005) afirma que uma empresa enxuta é o resultado final da aplicação do STP em todas as áreas da empresa. Desta forma, compreende-se que a PE é a aplicação do STP na Gestão de Operações e em todo o ambiente empresarial, instituindo assim a mentalidade enxuta.

Para Hines, Holweg e Rich (2004), a PE ampliou seu foco para além do chão de fábrica e ganhou maior credibilidade no mercado mundial a partir da década de 1990, em decorrência da disseminação das práticas baseadas nos seus cinco princípios:

- identificação de valor para o cliente;
- identificação do fluxo de valor;
- estabelecimento de fluxo contínuo de produção;
- determinação de fluxo puxado de produção; e
- esforço para a perfeição.

Wahab, Mukhtar e Sulaiman (2013) reforçam que a PE contribuiu significativamente para uma quebra de paradigma nos sistemas de produção, mudando a visão e o comportamento dos gestores e operadores em relação aos processos de

manufatura, enfatizando a redução de desperdícios e a geração de valor ao cliente e aos demais *stakeholders*.

Como visto, os processos de produção ainda são os maiores focos da PE. O processo produtivo compreende as atividades desenvolvidas pela empresa, desde a aquisição da matéria-prima, insumos, componentes, subprodutos, dentre outras partes, até a consolidação do produto final (SLACK, 2007).

Ainda segundo Slack (2007), o desempenho operacional dos processos produtivos é direcionado pelo modelo de negócio adotado por cada empresa, afim de promover melhorias que resultam uma posição mais competitiva no mercado. Em outras palavras, a finalidade de se desenvolver esse modelo de negócios está relacionada à construção de uma perspectiva sobre a maneira como a empresa organiza suas atividades e realiza suas tomadas de decisões em suas operações produtivas (WONG; BOON-ITT; WONG, 2011).

Diretamente relacionado, o desempenho econômico do processo produtivo demonstra as vantagens financeiras esperadas com a aplicação das melhorias propostas pelo processo operacional da empresa, sendo de suma importância para a competitividade e sustentabilidade do setor produtivo eletrônico em geral (YANG; CAO; CAO, 2014), e, também, para a indústria de Telecomunicações.

Há uma vasta discussão na literatura sobre a definição de desempenho e de medição de desempenho, o que dificulta o consenso e adoção de um termo padrão. Neely et al. (1995) sintetiza a medição do desempenho à eficiência e eficácia dos processos empresariais. Hronec (1994) e Amaratunga et al. (2001) se focam mais na eficácia, evidenciando que o desempenho mede o alcance das metas propostas.

Existem muitos indicadores para mensurar o desempenho da PE já definidos na literatura. Segundo Neely et al. (1995) e Espoto (2008), é importante compreender as características próprias da empresa, e assim, embora se possa utilizar indicadores já definidos, é interessante que eles sejam renomeados pela própria empresa.

Uma medida de desempenho pode ser entendida como uma métrica, um indicador usado para quantificar os resultados obtidos pela realização das atividades em uma empresa (ESPOSTO, 2008). Neste trabalho, adotou-se o conceito de medição de desempenho como o conjunto de integrado de medidas individuais de desempenho operacional e econômico, com base nos princípios e práticas da PE.

Há ainda uma grande variedade de definições e medidas para o desempenho operacional e o desempenho econômico. Visando delimitar o escopo destas medidas, Costa e Jardim (2010) assumem que o desempenho operacional é dividido em cinco dimensões: Indicadores de Eficácia; Indicadores de Eficiência; Indicadores de Qualidade; Indicadores de Produtividade; e Indicadores de Efetividade. Alguns dos indicadores que compõem estas dimensões estão citados na Seção 2 deste projeto.

O desempenho econômico e/ou financeiro dos processos produtivos é medido em decorrência do seu desempenho operacional, conforme sugerem Maskeel e Baggaley (2003) ao mencionarem o caminho de maturidade para a contabilidade enxuta. Os custos, investimentos, retornos financeiros e maximização da eficiência dos ativos resumizam as principais dimensões do desempenho econômico.

Destaca-se que para a seleção adequada dos indicadores de desempenho operacional e de desempenho econômico nesta pesquisa, deverão ser realizadas pesquisas exploratórias afim de compreender a visão estratégica da empresa (estudo de caso) e desdobrar os objetivos estratégicos em metas e indicadores de desempenho operacional e econômico, conforme ilustra a Figura 1. Somente assim, será possível então iniciar a simulação do processo produtivo e avaliação do seu desempenho operacional e econômico.

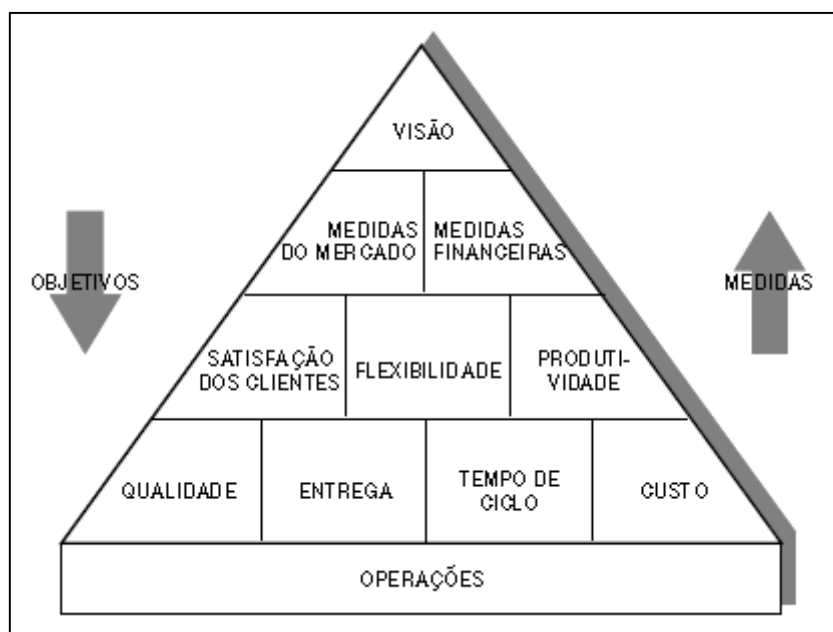


Figura 1 - pirâmide de desempenho
Fonte: Cross; Lynch (1988/89, p. 25)

É neste sentido que a PE assume um grande destaque no setor produtivo mundial, pois vem apresentando grandes melhorias no desempenho operacional e econômico das empresas de diversos setores devido ao seu grande potencial de eliminação de desperdícios, de maximização da eficiência e eficácia operacional, da geração de valor aos clientes e acionistas, da racionalização de recursos e insumos, do atendimento aos requisitos de qualidade e da visão voltada para as expectativas dos *stakeholders* (WOMACK; JONES, 2004; LIKER, 2005; SHAHADA; ALSYOUF, 2012; GHANE, 2014).

Para Hart (1997), o desperdício zero é o mantra da PE, e com isso, ao praticar seus princípios. Desta forma, o que não gera valor deve ser enxugado ou eliminado, recebendo o nome de desperdícios. Sendo considerado como um resíduo, eles são gerados pelas atividades que não agregam valor e vem sendo classificados em sete tipos segundo identificação de Ohno (1997), como apontam Hines e Taylor (2000), Womack e Jones (2004) e Liker (2005): superprodução; defeitos; estoque (inventário) desnecessário; processos inadequados; transporte excessivo; espera; e movimentação desnecessária.

Há que se destacar o programa *Lean Six Sigma*, desenvolvido pela Motorola (LEE-MORTIMER, 2008; ALHURAISH; ROBLEDO; KOBİ, 2015; GRANT; HALLAN, 2016), uma das principais empresas do ramo de Telecomunicações da atualidade (HARRY; SCHROEDER, 2000).

No entanto, segundo Godinho Filho (2004), Esposto (2008), Shah e Ward (2007) e Ghane (2014), a PE é majoritariamente empregada setores automotivos e mecânicos, dentre outros.

1.1 Justificativa

Segundo Oliveira e Ewald (2011) e Vianna et al. (2011), a indústria brasileira Eletrônica apresenta forte dependência de manufatura internacional, especialmente de países asiáticos, sobretudo da China, principalmente em relação à área de Telecomunicações, que é a maior dependente de componentes eletrônicos importados (FONSECA, 2011).

Segundo Cunha (2013) e Stelzer e Silveira (2016), a indústria eletroeletrônica brasileira é significativamente prejudicada pelas importações ilegais e pelo chamado mercado cinza pela discrepante preferência de produtos internacionais por parte dos consumidores.

No Brasil, as empresas de tecnologia precisam fazer investimentos muito impactantes em suas receitas, levando-se em conta a necessidade de aquisições externas pela carência nacional de detenção de tecnologia, o que obriga as empresas a importarem *softwares*, projetos técnicos, conhecimento, capacitação de funcionários, máquinas e equipamentos e estratégias para a melhoria do desempenho operacional e econômico de seus processos produtivos (STELZER; SILVEIRA, 2016).

A legislação brasileira tem aplicado instrumentos tributários que visam estimular a produção de eletrônicos no território nacional. No entanto, segundo a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), o déficit do saldo da Balança Comercial da indústria eletrônica brasileira em agosto de 2017 foi US\$12,83 bilhões, sendo 19% a mais do que o mesmo mês em 2016 (ABINEE, 2017).

Ainda segundo ABINEE (2017), grande parte das importações deste setor são referentes à produtos e componentes de Telecomunicações, evidenciando a grande contribuição deste setor para o déficit da balança comercial da indústria eletrônica brasileira, e portanto, da necessidade desta indústria brasileira se fortalecer operacionalmente e economicamente.

Desta maneira, as empresas brasileiras de Telecomunicações não possuem gestão sobre uma etapa estratégica do ciclo de vida de seus produtos. Esta limitação fragiliza a qualidade, confiabilidade, a sustentabilidade ambiental e a sustentabilidade econômica dos produtos brasileiros deste setor. Assim, todo o desempenho global da indústria de Telecomunicações brasileira é negativamente impactado, fazendo com que as empresas brasileiras deste setor tenham menor competitividade perante a concorrência.

Neste sentido, observa-se uma oportunidade para o setor de Telecomunicações brasileiro aumentar sua competitividade por meio da otimização do desempenho operacional e econômico de seus processos produtivos, o que traria ao mesmo tempo maior autonomia ao setor em suas operações.

Assim, o desempenho operacional e econômico dos processos produtivos das empresas industriais de Telecomunicações brasileiras é um ponto crucial para a competitividade deste setor econômico brasileiro no mercado nacional e internacional.

Há muitos estudos focados em avanços tecnológicos para este setor. Contudo, há poucos trabalhos dedicados à melhoria dos processos produtivos deste setor, sobretudo com foco no desempenho operacional e econômico, possibilitando assim a identificação de um diagnóstico atual desta indústria brasileira e com isso, a proposta futura de melhorias.

Esta lacuna indica um campo de pesquisa de grande importância para o setor de Telecomunicações brasileiro na economia nacional e mundial e, portanto, um importante viés de estudo para a Engenharia de Telecomunicações.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi propor diretrizes para otimização do desempenho operacional e econômico de um processo produtivo de uma empresa industrial do ramo de Telecomunicações. Para isso, foi necessária a realização de alguns objetivos específicos:

- Identificar e classificar as variáveis relacionadas ao desempenho operacional de processos produtivos da empresa em estudo;
- Identificar e classificar as variáveis relacionadas ao desempenho econômico de processos produtivos da empresa em estudo;
- Modelar e simular o processo produtivo;
- Avaliar os desempenhos operacional e econômico do processo produtivo em análise; e
- Projetar diferentes cenários visando a otimização dos desempenhos operacional e econômico do processo produtivo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing, conhecida também pelo termo Produção Enxuta (PE), é uma filosofia de gestão inteiramente focada na eficiência de processos, ou seja, possui uma abordagem sistemática para identificar e eliminar atividades que não agregam valor na linha de produção, diminuindo o tempo e o custo e aumentando a produtividade.

Tal termo foi desenvolvido pelo executivo da Toyota, Taiichi Ohno, durante o período de reconstrução do Japão após a segunda guerra mundial. O objetivo do Sistema Toyota de Produção (STP) era criar um processo produtivo no qual não precisava de altos estoques e que manteria um fluxo de caixa muito mais rápido conseguindo atender todas as demandas com eficiência. Depois do sucesso imediato com a aplicação da produção enxuta, todas as empresas buscaram aderir à mesma ideia em suas linhas de produção (DE JESUS PACHECOA, 2014; OLIVEIRA, 2016).

Embora fosse pouco conhecida a PE, quando foi citado no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” de James Womack, Daniel Jones e Daniel Ross, publicado em 1990, no qual traz os conceitos e métodos de trabalhos aplicados no STP, o termo “lean” ficou mundialmente conhecido (DE JESUS PACHECOA, 2014; OLIVEIRA, 2016).

O verdadeiro sucesso da PE vem da sua filosofia de mapear toda a cadeia de valor, pois uma mudança apenas em um layout celular, por exemplo, poderia trazer fracos resultados. A melhoria da PE envolve um processo que identifica as perdas que busca a raiz do problema, e não se restringe a melhorias pontuais. Todas as práticas devem ser implantadas, inclusive aquelas que em curto prazo possam gerar desconfortos durante sua aplicação (LIKER; MEIER, 2007).

É necessário mapear todos os passos que envolvem cada setor em uma linha de produção, dessa maneira pode-se aplicar a teoria de PE em cada setor, eliminando os gastos no meio do processo, e por final obter-se um resultado favorável em grande escala na linha de produção.

Dessa maneira observa-se que a PE envolve cinco princípios básicos desenvolvidos por Womack e Jones (2004) e Pavão (2015):

1. O ponto de partida é o valor, a produção enxuta deve ter consciência de definir o preço de seus produtos de acordo com as necessidades e especificações determinados pelos consumidores em uma determinada época. Qualidade, flexibilidade, prazo de entrega devem ser definidos buscando satisfazer o cliente (WOMACK; JONES, 2004);
2. O fluxo de valor é o conjunto de todas as operações realizadas em uma linha de produção, considerando etapas que agregam valor, etapas que geram desperdícios e não agregam valor e aquelas que não agregam valor, mas são inevitáveis. A PE deve mapear o todo, buscando eliminar desperdícios (WOMACK; JONES, 2004);
3. O terceiro princípio envolve o fluxo, essa parte procura eliminar todas as filas de espera da produção, ou seja, cada etapa produz o que a próxima necessita dessa maneira a produção não para (WOMACK; JONES, 2004);
4. O quarto princípio busca acabar com os estoques, para que isso aconteça a linha de produção tem que ser conduzida pelo cliente, ou seja, produzir somente a demanda existente (WOMACK; JONES, 2004);
5. O último termo da PE envolve a perfeição. Essa etapa faz com que todas as anteriores trabalhem com sintonia a todo momento para uma produção perfeita que busca sempre estar melhorando para evitar desperdícios (WOMACK; JONES, 2004);

Em um primeiro momento, Taiichi Ohno formulou uma lista de desperdícios que não agregavam valores produtivos. Essa lista foi denominada de “os 7 desperdícios” ao qual constava os seguintes temas (OLIVEIRA, 2016):

- Superprodução;
- Processos inadequados;
- Estoque desnecessário;
- Defeitos;
- Transporte excessivo;
- Movimentação desnecessária;
- Espera.

Um oitavo desperdício pode ser considerado quando os funcionários assumem um papel na PE. Segundo Liker (2005) sugere a falta de utilização de criatividade do funcionário como um oitavo desperdício.

Aplicando a PE na linha de produção da empresa, combatendo os desperdícios citados anteriormente, consegue-se cumprir com os objetivos que seriam maximizar o valor das operações de um negócio, reduzir o tempo de produção, aumentar a eficiência do processo e seu valor agregado, reduzir os custos envolvidos e principalmente diminuir os desperdícios da empresa (RODRIGUES, 2012).

Algumas ferramentas e técnicas conhecidas ajudam a eliminar esses desperdícios, entre as mais aplicadas no setor eletrônico são (RODRIGUES, 2012; PAVÃO, 2015):

- *Just in time*;
- Kanban;
- *Takt time*;
- Kaizen;
- Mapa de fluxo de valor (MFV);
- Poka-yoke;
- Programa 5S;
- Padronização no trabalho;
- Trabalho em equipe;
- Fluxo contínuo.

Existem outras ferramentas que não foram citadas. Porém, a escolha da técnica, para ser utilizada na linha de produção, depende do mapa de tarefas e metas traçadas pela empresa em sua fábrica.

Essas ferramentas não são fáceis de implementar e utilizar ao mesmo tempo, pois pode não ser muito bem aceita pelos operadores. No setor eletrônico algumas dessas ferramentas são mais importantes e por isso serão estudadas um pouco mais a fundo.

2.1.1. *Just in time*;

As origens do *Just in Time* (JIT) estão na empresa Toyota Motors Company, que nos anos 1950s deu início ao desenvolvimento do TPS, como foi referido anteriormente. O JIT não é uma ferramenta nem um método, é uma ideologia de gestão global, que encerra em si vários conceitos, ferramentas e metodologias (RODRIGUES, 2012).

O JIT possui como objetivo eliminar tudo o que não acrescenta valor à empresa, ou seja, a produção só acontecerá na hora exata, dessa maneira evitam estoques e produtos inacabados conhecidos como *Work in Process* (WIP). Com este sistema, o produto ou matéria prima chega ao local de utilização somente no momento exato em que for necessário. Portanto, o conceito desse sistema está relacionado ao de produção por demanda, onde vende o produto para depois comprar a matéria prima e posteriormente fabricá-lo ou montá-lo.

A vantagem do JIT é a redução de custos, o que está relacionado com os seguintes fatores:

- Redução de estoques: o estoque de matérias-primas é mínimo e suficiente para poucas horas de produção, e para que isso seja possível, os fornecedores devem ser treinados e capacitados para que possam fazer entregas no tempo desejado;
- Diminuição do tempo: a mão de obra com a produção em serviços desnecessários não existirá mais, dessa maneira os funcionários conseguem se dedicar na produção desejada e consequentemente reduz o tempo de produção;
- Aumento de qualidade: reduzindo os defeitos na fabricação o produto fica com uma maior qualidade e em consequência disso o custo por produtos defeituoso não existe mais.

Por outro lado, a principal desvantagem do JIT está ligada com a dependência aos fornecedores. Por exemplo, depois que o serviço foi fechado com o cliente a empresa vai atrás dos fornecedores para comprar a matéria prima necessária. Se acontecer algum atraso na entrega dessa matéria prima pode originar a parada de toda a linha de produção da empresa, resultando em custos enormes.

2.1.2. Jidoka

A origem do Jidoka está ligada à automação da máquina de tear inventada por Sakichi Toyoda (1867-1930), a palavra japonesa significa “automação com toque humano”. Foram detectados dois problemas indesejados no tear: O primeiro é que a máquina continuava funcionando mesmo diante de um fio rompido e o segundo é que

o defeito só era detectado quando o processo estivesse concluído, tendo produzido muito tecido defeituoso. Sendo assim, se um fio rompesse, a máquina produziria tecido com defeito, o que não era desejado. Para evitar a produção de produtos com defeito Toyoda colocou em prática uma máquina de tear dotada de dispositivo que parava a máquina quando: detectava o rompimento da linha, detectava o fim da linha ou detectava a quantidade programada atingida (RODRIGUES, 2012).

Portanto, objetivo do Jidoka é reduzir o número de desperdício através da implantação de dispositivos nas máquinas de produção sendo estes dispositivos responsáveis por alertar se algum problema foi detectado e então parar o trabalho imediatamente quando houver detecção do problema. Assim, podemos ressaltar quatro passos importantes para seu funcionamento:

1. Detectar a falha ou anormalidade;
2. Parar;
3. Corrigir imediatamente a condição anormal;
4. Investigar e corrigir a causa raiz.

A implementação do Jidoka levou a criação de outra ferramenta, a Poka-Yoke, que é um dispositivo a prova de erro, que avisa o operador caso aconteça alguma anomalia no processo do produto, e que visa aumentar a qualidade do produto. Portanto, cabe ao operador tomar uma decisão importante em caso de alerta do Poka-Yoke.

Após a realização dessas etapas observamos algumas vantagens na utilização do Jidoka, como:

- Melhoria da produtividade: melhor utilização dos recursos;
- Melhoria da qualidade: acontece uma diminuição nos erros de produção;
- Redução de estoque: está ligada diretamente a redução de estoques intermediários entre as operações.

Além disso, o conceito de Jidoka também traz benefício nas linhas de montagem manuais, onde o operador, com ajuda da ferramenta Andon, que tem autonomia para interromper a linha de produção caso aconteça alguma anomalia.

2.1.2.1 Andon

A parada da linha de produção deve ser seguida de uma sinalização utilizando, por exemplo, o *Andon* (lanterna), que se trata de um controle visual para “pedir ajuda”. O sinal pode ser em forma de texto, gráfico, áudio ou luz.

2.1.3. Kanban

Uma das ferramentas de grande importância associada à filosofia PE é o sistema Kanban, que em japonês significa cartão, etiqueta ou marca. Sendo mais um dos conceitos desenvolvido pela Toyota, este sistema é uma ferramenta visual, que procura atingir a produção JIT, que tem como objetivo determinar se há necessidade de abastecer um determinado produto em falta ou se já existe em excesso, ou seja, evita a superprodução e a escassez do produto (OZGUNES, 2009; MESQUITA, 2008; RODRIGUES, 2012).

É comum nas empresas a gestão de produção recorrer a este meio para reduzir a quantidade de produto na fábrica, bem como estoques e outras situações que possam causar desperdício. Por isso, o *Kanban* aplica um modelo de produção do tipo “pull” (produção puxada) que desencadeia ordens de produção em uma produção de cliente e fornecedor.

Existem dois tipos de *Kanban*:

- Produção: a ordem de produção só é dada por um *kanban*;
- Transporte: a ordem de transporte de materiais é desencadeada por um *kanban*.

Para o uso dessa ferramenta de forma eficaz algumas regras são determinadas:

1. As especificações do *kanban* determinam o que um processo deve retirar do processo anterior;
2. Uma relação cliente e fornecedor internam bem definidos;
3. Estabilidade e uniformização dos processos;
4. O *kanban* tem que determinar o que foi produzido, em quais quantidades e o que deve ser armazenado;
5. Reduzir tempos de *Setup*.

A forma mais utilizada para concretizar o Kanban é o modelo de cartão, que pode conter informações como a referência e quantidade de peças a transportar ou produzir, e designação do fornecedor ou cliente interno. Por exemplo, no início de uma produção um quadro tarefas será preenchido por cartões de diferentes cores identificando a urgência de cada tarefa. A cor verde mostra que a produção está em condições normais de operação, caso a tarefa exija um pouco mais de atenção a cor do cartão passa a ser amarela e em ultimo caso, onde a produção necessita de urgência, a cor do cartão será vermelha (RODRIGUES, 2012; PAVÃO, 2015).

Essa ferramenta visa promover um fluxo puxado de produção (produção puxada) e traz as seguintes vantagens e desvantagens:

- Vantagens:

1. Baixo custo ligado ao sistema de informação;
2. Diminuição de estoques;
3. Maior interligação entre os postos de trabalhos;
4. Entrega JIT.

- Desvantagens:

1. O surgimento de tempos de parada pode afetar o fluxo de trabalho;
2. Possui a necessidade de planos de produção estáveis.

2.1.4. Mapa de fluxo de valor (MFV)

O Mapa de Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta utilizada, antes de ser aplicada a filosofia do Lean, para analisar o atual estado dos fluxos dos produtos e assim mostrar os principais desperdícios que terão que ser eliminados, ou seja, o MFV é aplicado, de modo que a produção seja “puxada”, desde a matéria prima até o consumidor final para englobar uma visão maior do estado da linha de produção.

A criação do MFV, que ajuda a gestão e a engenharia a identificar desperdícios e resolve-los de uma forma simples e eficaz, separa os processos básicos da produção em duas fases quando são considerados estoques entre eles. Na primeira fase está relacionado com o mapeamento físico do estado atual e uma segunda fase que foca no estado futuro pretendido. Em cada etapa deve haver as seguintes informações (ROTHER; SHOOK, 2003):

- Tempo de ciclo;
- Tempo de mudar a produção de um produto para o outro;
- Tamanho dos lotes de produção;
- Tempo de trabalho.

Das etapas anteriores é criado uma linha do tempo que determina *Lead Time* total da produção que então é comparado com o tempo de agregação de valor de fluxo.

Depois de analisados as informações anteriores os processos são colocados em ordens e oferece uma visualização clara dos processos internos e externos para então poder eliminar os desperdícios de forma mais eficaz promovendo uma melhoria contínua. Desse modo, o MFV é um bom ponto de partida para iniciar a jornada da PE.

2.1.5. *Takt-Time*.

O *Takt-Time* é definido a partir da demanda do mercado e do tempo disponível para produção, ou seja, é calculado a partir da razão entre o tempo disponível para a produção e o número de unidades a serem produzidas (DOS REIS ALVAREZ, 2001), conforme mostra a Equação 1.

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível}}{\text{Número de unidades}} \quad (1)$$

Conclua-se que o *Takt-time* é o tempo alocado, que atende um nível considerado de demanda, para a produção necessária de uma peça ou um produto em uma linha de produção.

Ao implementar o *Takt-Time* adquire-se algumas vantagens, como:

- Eliminar o desperdício da superprodução;
- Permite uma sincronização com a produção e com isso uma programação precisa por parte no planejamento;
- Constitui a base para a medição de desempenho;
- Ritmo de produção mais estável; e
- Reduz o trabalho em curso.

2.2 Aplicação da Produção Enxuta em Telecomunicações

Algumas empresas de telecomunicações passaram por pesquisas quando foram implementar o pensamento da PE, a seguir será mostrado a história de 3 empresas e o que esse pensamento fez com sua linha de produção.

2.2.1 Empresa VICOM LTDA

A VICOM é uma unidade do Grupo NET Serviços de Comunicação S/A. A VICOM Possui uma licença de prestação de serviços de telecomunicações do tipo Serviço Limitado Especializado (SLE) e possui uma experiência de 18 anos de atuação no mercado em termos de prestação de serviços de comunicações de dados. A grande área de atuação dos negócios são as Redes Corporativas de Comunicação de Dados, Serviços de Projeto e implantação de comunicação de dados e serviços de assistência técnica (KEPPKE, 2004).

O faturamento da empresa em relação a sua área de atuação é dividido da seguinte maneira: 55% em prestação de serviços de redes corporativas, 20% em termos de serviços de projeto e implantação e 25% em termos de assistência técnica (KEPPKE, 2004).

Sobre as tecnologias empregadas, podemos dizer que a empresa é bastante flexível, utilizando das seguintes tecnologias: fibra, cobre, rádio e satélite. Já em relação aos processos da empresa observa-se que possui várias áreas de processos desenhados mas não há um padrão único estabelecido na empresa sendo assim algumas áreas estão a frente das outras.

Levando em conta a operação da empresa observa-se que em desenvolvimento de produtos a empresa possui dois princípios típicos que são demandas de clientes e planejamento de marketing.

Sobre as políticas de fornecimento da empresa em relação aos insumos técnicos, pode-se dividir em dois tipos: insumos já homologados e insumos novos. No caso de insumos já homologados a decisão é por preço. Nos insumos novos possui uma forte participação dos times de engenharia e operação na definição dos insumos.

Em termos de serviços a empresa busca valorizar os parceiros que já conhecem e tem um bom histórico de trabalho. O fator preço continua sendo fundamental, mas o conhecimento acumulado por estes fornecedores agrega valores tais como: experiência, redução de riscos, ganho do tempo de aprendizado entre outros fatores pode definir uma escolha em condições financeiras similares. Um exemplo é a empresa de transportes que já trabalha há cerca de cinco anos (KEPPKE, 2004).

2.2.2 Empresa INTELIG TELECOMUNICAÇÕES LTDA

A INTELIG é uma empresa que atua como prestadora de serviços de telecomunicações com licença do tipo SCM (Serviço de Comunicação Multimídia). A empresa é um espelho da Embratel e sua face mais visível é na prestação de serviços de telefonia de longa distância nacionais e internacionais (KEPPKE, 2004).

Sobre as tecnologias utilizadas a empresa vem a ser muito flexível. A flexibilidade na montagem das soluções é considerada muito importante na empresa, pois o preço presente nas soluções está sendo o principal item de decisão pelos clientes.

Em termos de processos a INTELIG é bem estruturada e possui a maioria das atividades documentada em formato padrão. A empresa leva muito em conta a qualidade dos seus serviços, por isso possui indicadores próprios de qualidade além dos designados pela ANATEL.

Os serviços oferecidos pela INTELIG podem ser divididos de duas formas. A primeira seria de voz e dados e a segunda sobre o mercado corporativo, onde os focos são os serviços de voz e IP, e o mercado residencial que é responsável pelo serviço básico de voz e possui cerca de metade das receitas da empresa. A operação da INTELIG se baseia no desenvolvimento de produtos de duas formas típicas que são demandas de clientes e planejamento de marketing. Um ponto de muita importância é a busca de agilidade na hora de capturar as oportunidades de negócio (KEPPKE, 2004).

No mesmo caso da empresa anterior, a INTELIG possui as políticas de fornecimento dividido de duas formas: insumos homologados, onde a decisão é por preço e o processo é conduzido de acordo com os suprimentos, e os insumos novos, onde há uma forte participação dos times de engenharia e operação na definição dos insumos e até em alguns casos com a cotação dos mesmos junto aos fornecedores. Uma

preocupação presente na empresa é em relação ao alinhamento de nível de serviço entre o insumo vendido e o adquirido.

2.2.3 *Empresa COMSAT BRASIL LTDA*

A Comsat Brasil Ltda esta 10 anos presente no mercado brasileiro realizando serviços na área de prestadora de serviços de telecomunicações. A empresa oferece produtos e serviços de rede e infraestrutura e segurança para o mercado corporativo de modo completo, ou seja, desde consultoria até a implementação do projeto utilizando das tecnologias wireless, via satélite e fibras ópticas, ATM para transmissão de voz e dados.

Os produtos da empresa são divididos em duas grandes linhas que são:

- Network Services: Apresenta os produtos de Link Internacional, Frame Relay, IP, satélites e Broadcasting; e
- Security Services: Apresenta os produtos de WEB Hosting, VPN IP e Firewall Gerenciado, garantindo o lema da empresa que é qualidade com segurança.

Na determinação de decisões o preço é o fator predominante nas aquisições dos clientes finais, desde que as exigências técnicas sejam atendidas. Para isso a empresa conta com um time técnico preparado para atuar com as principais tecnologias tais como: fibra, cobre, rádio e satélite em termos de transmissão bem como os diversos protocolos de comunicação de mercado tais como IP, ATM e Frame Relay.

A COMSAT Brasil em termos de processos possui áreas bem desenhadas, mas não há um padrão definido, ou seja, algumas áreas estão mais avançadas do que as outras. Atualmente existe um trabalho sendo desenvolvido por uma consultoria externa, de elaboração e implantação de processos nas várias unidades buscando padronização de processos, qualidade e otimizações operacionais.

Por outro lado, a política de fornecimento da empresa em termos de fatores técnicos está dividida em dois tipos: O primeiro é em insumos regulares e já aprovados, cuja decisão é por preço e o processo é conduzido por suprimentos. Já o segundo é em relação aos insumos novos onde há uma forte participação dos times de engenharia e operação na definição dos produtos.

A COMSAT possui uma percepção que procura atender com qualidade e flexibilidade todos as especificações dos clientes. Desse modo, sempre está em busca de manter um contato próximo do cliente com o provedor desse modo consegue-se um melhor relacionamento com o cliente e uma maior fidelização da planta.

2.2.4 *Conclusão entre as empresas*

Como foi visto anteriormente a PE foca na eliminação do desperdício em todas as etapas do processo de produção, com esse propósito a PE se concentra nos quatros princípios fundamentais que é a identificação do encadeamento de valor, fazer esse valor fluir, uma programação puxada e uma especificação dos valores do cliente.

No setor de especificação dos valores do cliente nota-se que o fator preço é o principal requisito para definir o produto, desde que as especificações técnicas sejam atingidas. Desse modo, é necessário analisar individualmente as demandas dos clientes para que o deixe satisfeito com o produto oferecido.

As empresas citadas anteriormente mostravam algumas semelhanças. Todas as empresas demonstravam uma forte preocupação com os processos, com o fluxo de informação e eram realizadas as oitos fases do processo *order-to-collect*, porém essa teoria era processada de maneira independente e desorganizada, ou seja, não integrada. Tais fases são definidas do seguinte modo: produzir mais com menos, zero stock, eliminação do desperdício, JIT, desempenhar uma ótima qualidade, forte cooperação com os fornecedores, delegação da força de trabalho e trabalho em equipe.

Portanto, observa-se que as empresas possuem preocupações semelhantes às de manufatura que concorrem em um mercado direcionado por custo e que alguns conceitos relativos ao pensamento enxuto já são aplicados nestes provedores de serviço. Com isso, os conceitos de manufatura ágil podem ajudar as empresas aumentar sua competitividade.

Apesar da aplicação dos conceitos de pensamento enxuto não serem idênticos em uma empresa de manufatura e uma de serviços os objetivos são similares e vários das ferramentas e técnicas podem ser aplicados.

Independentemente das razões há um amplo leque de conhecimento já acumulado nas áreas do pensamento enxuto que podem auxiliar as empresas prestadoras de serviços de telecomunicações.

2.3 *Medição de Desempenho de Processos Produtivos*

A medição de desempenho é constituída por um conjunto de medidas utilizadas para estimar a eficiência e a eficácia de um processo, produto e serviço de uma empresa. A eficácia se refere ao atendimento dos requisitos do cliente, enquanto a eficiência é uma medida do uso econômico dos recursos para atingir um determinado grau de satisfação do cliente.

O objetivo principal da medição de desempenho é apontar se o caminho escolhido pela empresa é o mais adequado a se seguir para atingir as metas estabelecidas. Embora, possui um aspecto amplo e com propósito estabelecido, a medição de desempenho é uma atividade complexa que envolve recursos e fatores associados ao ambiente em que a empresa está classificada.

Nesse sentido, Kaydos (1991) considera que a medição de desempenho é um dos elementos centrais de gestão, onde parte dos resultados das decisões tomadas e a qualidade da decisão, em boa parte, são limitadas pelas informações disponíveis em termos de qualidade e quantidade. Verificando essa necessidade, as empresas modificam os seus sistemas de levantamento de informação para acompanhar critérios, financeiros e não-financeiros, quantitativos e qualitativos, com o objetivo de indicar novas estratégias competitivas (ECCLES, 1991 ;LENZ, 2008).

Atualmente o elevado nível de concorrência requer a medição de desempenho entre os setores das empresas e até mesmo entre as empresas, assim a que possuir a melhor linha de produção se torna um destaque mais rápido no mercado, gerando competitividade. Porém, para chegar ao nível de destaque a empresa passa por diversas circunstâncias.

Das várias dimensões existentes para o problema da medição, o primeiro ponto chave a ser considerado deve ser o foco no cliente, como referência básica para a medição. Em segundo lugar, não é suficiente apenas comparar o desempenho da empresa com o do concorrente imediato. Deve-se, também, comparar com o “melhor da

classe” e, em terceiro lugar, não são apenas os produtos que devem ser medidos e comparados, mas, também, os processos que o produzem.

Como um dos princípios da medição de desempenho é a mistura entre aspectos qualitativos e quantitativos focou-se na busca do melhor sistema de mensuração. Os modelos empregados na medição de desempenho oferecem uma função de gestão que proporciona uma visão mais ampla das variáveis que compõem uma empresa. (HRONEC, 1993).

A partir dos resultados obtidos das variáveis determinadas pelas empresas é possível determinar a melhor estratégia e ação que de forma que sejam combinadas buscam melhorar os sistemas de desempenho das empresas.

Os termos de medição que mais se destacam são os seguintes:

- *Balanced Scorecard* (BSC);
- *Performance Prism* (PP);
- *Single Minute Exchange of Die* (SMED);
- Sistema de Medição de Desempenho Global (SMDG); e
- QUANTUM.

Existem outras ferramentas que não foram listadas. Porém, a escolha da melhor técnica depende das variáveis determinadas pelas empresas. Pela revisão bibliográfica desta pesquisa, identificou-se que no setor eletrônico, que abrange o setor industrial de Telecomunicações os principais sistemas de medição de desempenho, que serão listados a seguir.

2.3.1. *Balanced Scorecard* (BSC)

O *Balanced Scorecard* (BSC) é um modelo de medição de desempenho amplamente difundido, esse conceito foi introduzido por Kaplan e Norton (1997). O BSC identifica e integra quatro fatores diferentes, como:

1. Financeiro: Identificam os resultados econômicos passados, ou seja, indica se a estratégia de implementação e execução estão contribuindo para o resultado financeiro;

2. Clientes: Essa perspectiva permite que a organização defina suas estratégias de clientes e mercados para proporcionar maiores lucros financeiros futuros;
3. Processos Internos: Identifica processos internos novos em que a empresa deve buscar excelência para então ter um maior impacto na satisfação do cliente e na consolidação dos objetivos financeiros da empresa; e
4. Processos de aprendizado e conhecimento: identifica a infraestrutura que a empresa deve construir para gerar crescimento e melhoria em longo prazo. Este processo apresenta três fontes principais: pessoas, sistemas e procedimentos organizacionais.

A partir dessas medidas, que possuem uma relação de causa e efeito entre as variáveis, as empresas tem como base um sistema de medição e gestão estratégica para ajudar a melhorar as estratégias em processos e atividades organizacionais. Dessa forma, as empresas podem organizar todos os seus recursos com suas intenções estratégicas, ou seja, acompanham o desempenho financeiro e, ao mesmo tempo, monitora o aumento da capacidade dos ativos intangíveis para o crescimento futuro (KAPLAN e NORTON, 1997).

Portanto o processo, para implementar o BSC em uma empresa, deve procurar consenso e clareza no objetivo estratégico do plano de negócio junto com toda a equipe executiva para obter-se bons resultados. Dessa forma, o BSC ajuda a organização a obter um feedback sobre sua estratégia a curto ou longo prazo.

2.3.2. Performance Prism (PP)

O *Performance Prism* (PP) possui como objetivo integrar os melhores aspectos dos sistemas de medição de desempenho para então poder identificar as necessidades dos stakeholders, que são os empregados, fornecedores, clientes, governo e comunidade, das empresas.

O PP surgiu devido a necessidade de um segundo modelo de medição de desempenho diferentemente do BSC, que é um sistema de medidas financeiras e não financeiras. Desse modo, o PP coloca os stakeholders em primeiro plano para então

atender as necessidades da empresa e torna-la mais competitiva no mercado (LENZ, 2008).

Para facilitar o entendimento do modelo PP, foi dividido o processo em 5 partes inter-relacionadas de um prisma, mostrados a seguir:

1. Satisfação do *Stakeholder*: Como foi dito anteriormente essa fase identifica as necessidades dos empregados, fornecedores, clientes, governos e comunidades, pois todas essas variáveis possuem um grande impacto no desempenho e no sucesso de uma organização;
2. Estratégias: Com a definição dos *Stakeholders* é necessário traçar uma estratégia para que haja um controle dos seus objetivos, verificando se estão sendo cumpridos ou não;
3. Processos: Nessa etapa, depois de definido as estratégias, são administrados os processos gerais dos negócios das empresas como desenvolvimento de novos produtos e serviços e o gerenciamento da mesma;
4. Capacidades: É definido pelos autores Neely e Adams (2001) que esse processo acontece as combinações de pessoas, práticas, tecnologias e infraestrutura, que juntas e em perfeita sintonia ajuda a organização a executar processos; e
5. Contribuição do *Stakeholder*: Depois de definido todas as práticas organizações para uma melhoria na empresa, a organização também depende da contribuição dos *Stakeholder* que seria um *feedback* para a empresa através de satisfação e entregas nos processos.

Com base nestes conceitos, o modelo PP ajuda a identificar as necessidades da empresa em termos de medidas de desempenho a serem adotadas, ou seja, depois de identificado o caminho de medição, que é uma relação de causa e efeito, os *Stakeholders* e as empresas possuem resultados que geram satisfações de ambos os lados.

2.3.3. QUANTUM

Quantum pode ser definido como o nível de realização que aperfeiçoa o valor e o serviço da organização para seus componentes: clientes, empregados, acionistas e fornecedores (BOND, 2002).

Esse sistema de medição de desempenho é formado por uma matriz de desempenho chamada Quantum que permite entender e melhorar as medidas obtidas para então buscar um equilíbrio entre os três critérios na medição de desempenho que se relacionam entre si para otimizar a prestação de serviço, entre eles:

1. Qualidade: A qualidade dos produtos e serviços;
2. Tempo: Gestão no processo;
3. Custo: Visa o lado econômico do processo.

Além desses três critérios ditos anteriormente, o modelo Quantum possui mais três níveis que complementam a medição de desempenho, entre eles:

1. Humano: Pessoas que executam a atividade;
2. Processo: Atividades que consomem recursos e fornecem saídas para os clientes;
3. Organização: É a organização entre os dois processos anteriores.

A partir dessas etapas pode-se observar que a matriz Quantum possui um cruzamento entre os critérios ditos anteriormente e que acaba ajudando as pessoas a serem bem instruídas para identificar o processo onde se deve operar, tanto em desenvolver, implementar e utilizar as medidas de desempenho (BOND, 2002).

Desse modo para determinar as medidas de desempenho, dentro dessas etapas abordadas, é necessário utilizar um processo, que é dividido em quatro etapas, chamado “O modelo quantum de medição de desempenho” para fornecer a estrutura básica na medição do desempenho.

As quatro etapas são divididas da seguinte forma:

1. Geradores: Aborda a liderança da empresa, os envolvidos e as melhores práticas do ambiente;
2. Facilitadores: Apoia a implementação das medidas desempenho através da comunicação;
3. Processo: É a etapa onde identifica corretamente as atividades e os processos da medição para então essas atividades poderem ser desenvolvidas de forma eficaz;
4. Melhoria contínua: Essa etapa utiliza do feedback para realizar ajustes e novas metas para a estratégia.

Portanto, definimos que esse modelo pode ser muito bem utilizado em cada nível e em cada etapa da empresa, pois cada setor precisa de suas próprias metas e medidas de saída.

2.4. Indicadores e métricas de desempenho em processos produtivos

As métricas são medidas consideradas simples em sua composição, ou seja, são sistemas que analisam vertentes e comportamentos. Portanto, as métricas ajudam na tomada de decisão, detectam oportunidades, mantêm o foco produtivo, identificam pontos fortes e fracos e detectam falhas operacionais (SILVA, 2018).

Indicadores de desempenho, que são calculados a partir das métricas, possui a função de ajudar os gestores no alcance dos objetivos de suas empresas. Para que a empresa alcance seus objetivos estratégicos e operacionais, é essencial que os administradores possam determinar a ordem de prioridade de consumo de recursos físicos, financeiros, humanos, tecnológicos, entre outros. Para isso, os indicadores também usam as informações vindas do processo de medição do desempenho das organizações (PASSONI, 2007).

Os indicadores também podem ser estabelecidos para avaliar se o resultado foi alcançado ou o desempenho do produto ou do próprio processo. Os indicadores de resultado avaliam o atendimento aos objetivos definidos pela empresa, por outro lado, os indicadores de processo avaliam se as características do processo atendem as necessidades do cliente.

Esta ideia é utilizada para oferecer à empresa uma melhor visão de como incluir os indicadores ao gerenciamento dos processos. A distinção entre um indicador de resultado e de processo deve ser feita considerando-se individualmente os diferentes processos a serem avaliados.

Costa *apud* Lantelme (1994) faz uma diferenciação entre indicadores de qualidade e de produtividade: o indicador de qualidade está relacionado à medição da eficácia da empresa em atender as necessidades dos clientes, enquanto o indicador de produtividade representa a eficiência do processo na obtenção dos resultados esperados.

Indicadores de desempenho, conforme Passoni, Raupp e Fey (2006), são utilizados para suprir as necessidades de seus usuários com dados precisos e

informações adicionais, por meio de instrumentos gerenciais (DO NASCIMENTO, 2010).

Desse modo, podemos resumir que as métricas estão ligadas às atividades e os indicadores de desempenho estão interligados aos processos o que também abrange as atividades.

Conclui-se também que há uma sequência lógica entre as métricas e os indicadores de desempenho. Em um primeiro momento são definidas as métricas do processo definindo basicamente os seus objetivos, a partir desse momento os indicadores começam a ser utilizados para mostrar os resultados obtidos de forma abrangente, dizendo se está trazendo resultados benéficos ou não ao processo de produção.

Neste caso também pode-se definir as principais ferramentas e técnicas utilizadas nas métricas e nos indicadores de desempenho. No lado dos indicadores de desempenho é necessário definir dois tipos:

1. Indicadores de processo: O principal objetivo é focar em como a tarefa é realizada, medindo seu desempenho e se estão conseguindo atingir os objetivos determinados;
2. Indicadores estratégicos: Tem a função de verificar se a organização está alcançando os objetivos estratégicos.

Depois de definido essas duas vertentes podemos separar ainda mais os indicadores, em quatro indicadores de desempenho citados pelo Parmenter (2010), são eles:

- Indicador chave de resultado (*Key Result Indicator* - KRI), diz como fazer para uma perspectiva de sucesso.
- Indicador de resultado (*Result Indicator* - RI), diz o que tem sido feito.
- Indicador de performance (*Performance Indicator* - PI), diz o que fazer.
- Indicador chave de performance (*Key Performance Indicator* - KPI), diz o que fazer para aumentar o desempenho significativamente.

Nessa pesquisa, os indicadores utilizados estão concentrados no KPI e são citados a seguir:

- Indicadores de eficiência: É relação entre os resultados obtidos e os recursos empregados;
- Indicadores de eficácia: Ligação entre os resultados obtidos e os resultados pretendidos;
- Indicadores de capacidade: Vínculo entre a quantidade que se pode produzir e o tempo para que isso ocorra;
- Indicadores de produtividade: Associação entre as saídas geradas por um trabalho e os recursos utilizados para isso;
- Indicadores de qualidade: Conexão entre as saídas totais, (tudo que foi produzido) e as saídas adequadas ao uso, isto é, sem defeitos;
- Indicadores de competitividade: Relação da empresa com a concorrência no mercado;
- Indicadores de lucratividade: Relação entre os lucros e as vendas totais da empresa;
- Indicadores de valor: Relação entre o valor percebido ao se receber algo (um produto, por exemplo) e o valor efetivamente despendido para a obtenção do que se recebeu.

Todos os indicadores dependerão das metas, estratégias e planejamentos prévios da empresa para poder ser aplicado em uma produção.

Já as métricas de desempenho são ferramentas que complementam os grupos de indicadores, ou seja, cada ferramenta de métrica de desempenho possui umas variáveis de indicadores, alguns ditos anteriormente outros não, que ajudam na obtenção de resultados validando os métodos aplicados.

Desse modo, as métricas mais utilizadas são relacionadas aos serviços em grupos, exemplos de métricas mais comuns:

- Metas de vendas;
- Quantidade de propostas realizadas;
- Análise de incerteza;
- Tempo de resposta;
- Satisfação do cliente;
- Produção técnica;

Embora existam milhares de ferramentas aquela de melhor escolha, que trará resultados benéficos, depende dos objetivos traçados anteriormente para a linha de produção da empresa. No setor eletrônico as métricas e os indicadores que mais utilizados são os apresentados a seguir.

2.4.1 OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

O cálculo de OEE é um indicador usado para medir a produtividade de pessoas, equipes, setores e das máquinas. Esse cálculo é realizado a partir dos dados coletados sobre a performance, qualidade e disponibilidade dos serviços e equipamentos. Desse modo, é possível saber exatamente em qual ponto há falhas para então poder corrigi-las (ANDREEVA, 2009).

A métrica utilizada nesse processo é determinada pela Equação 2.

$$OEE (\%) = (\text{Disponibilidade} * \text{Performance} * \text{Qualidade}) * 100\% \quad (2)$$

Para entender melhor a formula anterior pode-se separar em três etapas, os cálculos de disponibilidade, performance e de qualidade.

O cálculo do indicador de disponibilidade envolve o tempo de processamento do equipamento real por turno (T_{pt}) e o tempo disponível de processamento programado (T_{st}), ou seja, definido pela Equação 3.

$$\text{Disponibilidade} (\%) = \frac{T_{pt}}{T_{st}} \quad (3)$$

O cálculo do indicador de performance é definido como a soma das quantidades produzidas, tanto boas (Q_b) ou ruins (Q_r), sobre a quantidade teórica total (Q_t) que é a quantidade que se espera produzir durante o tempo que o equipamento estiver produzindo, segundo Equação 4.

$$\text{Performance} (\%) = \frac{Q_b + Q_r}{Q_t} \quad (4)$$

O cálculo do indicador de qualidade depende apenas das quantidades produzidas, determinado pela Equação 5.

$$Qualidade (\%) = \frac{Q_b}{Q_b + Q_r} \quad (5)$$

Multiplicando esses indicadores definidos anteriormente conseguimos calcular a porcentagem do OEE.

2.4.2 Dock-to-Dock Time (DTD)

O DTD é um indicador que pode ser aplicado em uma avaliação total da empresa ou apenas em uma avaliação de uma linha de produção, pois mede o tempo que demora o processo de levar a matéria prima até o produto finalizado. Portanto, melhorando esse tempo consequentemente melhora-se a capacidade da empresa em realizar as entregas no prazo, reduz o manuseio do material e também reduz os custos de estocagem, ou seja, acontece uma diminuição no custo total de produção do produto (ANDREEVA, 2009).

O cálculo da métrica desse processo é definido pela soma dos volumes de matérias-primas e subcomponentes armazenados em dias (Tmi), volumes das unidades armazenadas acabadas em dias (Tfi) e pelo tempo de ciclo de transformar a matéria prima em unidade acabada (Tmct), ou seja, a equação 6, definida por Andreeva (2009) é apresentada.

$$DTD = Tmi + Tmct + Tfi \quad (6)$$

3 MATERIAL E MÉTODOS

Como a pesquisa é aplicada ao cenário industrial, optou-se pela execução de um estudo de caso. Este método tem caráter empírico e possibilita a compreensão de um fenômeno específico em um determinado cenário sobre um contexto real e atual (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002; CAUCHICK MIGUEL, SOUSA, 2012). O estudo de caso será empregado para análise do cenário empresarial real e obtenção de dados para a aplicação do segundo método de pesquisa proposto.

O uso deste método parte do princípio de que as fronteiras entre o fenômeno pesquisado e a realidade são desconhecidas e precisam ser profundamente exploradas (YIN, 2015). Segundo Cauchick Miguel e Sousa (2012), um importante aspecto deste método, é que ele tem grande potencial de contribuição para vários campos do conhecimento

Yin (2015) informa que se pode optar por um estudo de caso, quando há necessidade de aprofundamento nas análises e compreensão do fenômeno estudo, e também por estudos de caso múltiplos, quando há a necessidade de generalização dos resultados.

Nesta proposta optou-se pelo estudo de caso único, pois:

- Houve necessidade de aprofundamento e melhor compreensão do fenômeno estudado;
- Houve a aplicação de um método de pesquisa complementar (simulação) ao estudo de caso, o que inviabiliza a realização de mais de um estudo de caso devido à necessidade de outros processos de produção disponíveis;
- Para maior eficiência e eficácia na obtenção de dados, análise e compreensão do fenômeno, há a necessidade de estreitar a relação entre o pesquisador e a empresa (SHAH; CORLEY, 2006), o que inviabiliza a realização de mais de um estudo de caso.

Foram adotados os seguintes critérios para a seleção da empresa como estudo de caso:

- Ser do ramo industrial de transformação;
- Ser do setor de Telecomunicações;
- Possuir práticas de PE;

- Apresentar interesse e disponibilidade em ceder as informações necessárias.

O estudo de caso foi realizado conforme preceitos de Yin (2015), buscando-se realizar a Triangulação Intramétodo com a aplicação de no mínimo 3 (três) fontes de evidências para as análises. São elas:

- Visitas *in loco*;
- Acompanhamento e análise do processo produtivo;
- Realização de entrevistas semiestruturadas com gestores e supervisores do processo produtivo em análise;
- Análise de documentos relacionados à medição de desempenho operacional e econômico do processo produtivo;

O MFV é o “mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que utiliza papel e lápis e ajuda a enxergar e entender o fluxo de material e de informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor” (ROTHER; SHOOK, p. 4). Assim, esta ferramenta será útil para esta pesquisa pois apresenta um diagrama simples de todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação necessárias para atender aos clientes, desde o pedido até a entrega do valor.

Assim, foram realizadas visitas iniciais para exploração das instalações da empresa e, especialmente do ambiente produtivo, para a seleção e análise de um processo produtivo-chave do modelo de negócios da empresa. As entrevistas serão realizadas pelos líderes da PE e com a engenharia de manufatura da empresa.

Foi elaborado um protocolo de pesquisa (APÊNDICE A - PROTOCOLO DE ESTUDO DE CASO) juntamente com um instrumento de coleta de dados (APÊNDICE B – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS) que nortearem a pesquisa em campo. As entrevistas e as observações *in loco* desenvolvidas durante os estudos de caso permitirão uma análise mais abrangente da gestão da PE nas empresas. Estas informações contribuirão para a compreensão dos indicadores operacionais e econômicos dentro do contexto organizacional como um todo, e, portanto, serão úteis para avaliação final dos desempenhos.

Em um segundo momento, foram solicitados documentos relacionados à PE, especialmente o MFV do processo-chave. O processo produtivo selecionado foi modelado e simulado com o uso do software TecnomatixTM, que possibilita a criação de

modelos digitais de análise e avaliação de sistemas de produção conforme requisitos da PE, Qualidade, manufatura, Ergonomia, dentre outros.

A simulação computacional em processo de produção tem sido muito utilizada em pesquisas acadêmicas, devido ao seu alto grau de confiabilidade e por possibilitar experimentos em cenários hipotéticos de sistemas de produção, poupando custos e riscos para as empresas (MARBE; HARVEY; BERNTSSON, 2006; LATORRE et al., 2014). Assim, é possível viabilizar as análises em condições empíricas.

O *software* TecnomatixTM permite implantar a PE por meio da validação virtual dos processos de produção, equipamentos e sistemas. Com a simulação da manufatura, os planos de processo são validados antes da implementação da produção, oferecendo a configuração do sistema, dos recursos e operações certos na primeira vez.

Além disso, a Siemens disponibilizou um treinamento para a equipe do projeto ter condições iniciais de realizarem as simulações. Este treinamento está previsto para a segunda semana de dezembro de 2017. Por meio desta simulação será possível:

- Descobrir e resolver previamente as alterações de uma etapa posterior do processo produtivo; e
- Avaliar variações no processo de manufatura e no rendimento de produção com um alto grau de precisão.

Por meio desta simulação em 3D, é possível reproduzir um processo produtivo real, sem oferecer custos e riscos à empresa. Para isso, as simulações terão como *inputs* os dados coletados do processo produtivo do estudo de caso. Com isso, é simular diferentes cenários. Tais cenários são caracterizados pelos principais indicadores de desempenho operacional, tais como:

- *Lead Time*;
- *Tak time*;
- Tempo de *set up*;
- Nivelamento de ciclos;
- Percentual de peças comuns para os produtos da empresa;
- Giro de estoque;
- Distância percorrida pelos funcionários;
- Distância percorrida pelos componentes;

- Percentual de Manutenção Preventiva vs. Manutenção Total;
- Taxa de refugos e retrabalhos;
- Percentual de tempo de equipamento parado por mau funcionamento;
- Número de fornecedores para componentes mais importantes;
- Percentual de trabalhadores atuando em equipes;
- Tamanho do lote de produção;
- Inspeções visuais no controle da qualidade;
- Controle estatístico do processo (CEP);
- Controle Kanban da produção;
- Número de testes de qualidade por peças;
- Percentual de peças recebidas dos fornecedores *Just in Time* (JIT);
- Outras em estudo de viabilidade para simulação nesta pesquisa.

As modelagens e simulações fornecerão cenários compostos por dados quantitativos tabulados que serão analisados quantitativamente. Estas informações permitirão analisar os desempenhos econômico e operacional de forma integrada, na expectativa de que estas informações sirvam como diretrizes para a melhoria dos processos produtivos das empresas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto foi aprovado para ser realizado, por isso foi realizado um amplo estudo sobre as práticas e ferramentas da PE a fim de reconhecer mais a fundo suas aplicações para os processos produtivos da empresa. A pesquisa teve um foco sobre as variáveis do desempenho operacional e econômico em empresas de Telecomunicações.

Finalizando a revisão Bibliográfica pôde-se dar início um estudo de caso em uma empresa, e seu produto, selecionado para participar das simulações com o objetivo de melhorar seu desempenho produtivo.

Um treinamento sobre o *software* Tecnomatix Plant foi realizado, no campus da UNESP em São João da Boa Vista, para ter um primeiro contato sobre o programa e poder se familiarizar sobre as ferramentas disponíveis.

Logo em seguida foi realizada uma visita *in loco* para uma análise dos processos de montagem do produto escolhido pelo aluno e pela empresa para poder entender o funcionamento do processo produtivo e poder observar se há o uso de técnicas da PE.

Portanto, com um treinamento e uma visita *in loco* exploratória foi possível montar um protocolo de pesquisa (APÊNDICE A - PROTOCOLO DE ESTUDO DE CASO) sobre as variáveis necessárias que precisam ser coletadas na empresa, em uma próxima visita, para então poder aplicar na simulação do *software* e observar os resultados obtidos.

A empresa não possuía o processo produtivo plenamente mapeado. Para isso, foi necessária realizar a coleta dos dados de cada subprocesso e atividade deste processo e mapear completamente o processo produtivo estudado (APÊNDICE C – PROCESSO PRODUTIVO MAPEADO).

Logo após reunir todos os dados obtidos através das simulações realizadas no *software* foi possível montar um mapeamento de fluxo de valor de todos os cenários presentes, esses mapas estão representados nos (APÊNDICE D – MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR CENÁRIO REAL), (APÊNDICE E – MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR CENÁRIO A) (APÊNDICE F – MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR CENÁRIO B) e (APÊNDICE G – MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR CENÁRIO C).

A segunda visita foi realizada na primeira semana de Agosto de 2018 em que foram coletados os dados e finalmente mapeada o processo produtivo. Após estas ações,

foi possível analisar o processo produtivo e dar prosseguimento às demais atividades propostas no cronograma da pesquisa.

Com um estudo mais a fundo sobre a PE foi possível identificar qual melhor atividade que deve ser realizada pela empresa de forma que aumente a sua produtividade e consequentemente reduz os desperdícios que prejudica a empresa de forma economicamente.

Para melhor representação do processo produtivo foi necessário dividi-lo em duas partes, cuja primeira parte é todo o setor administrativo, onde não é necessária a simulação no *software*, e a segunda parte é onde envolve os processos de produção de cada setor da empresa, determinada como setor de produção. Portanto, o fluxograma geral do processo foi dividido em vários segmentos para uma explicação mais detalhada do estudo em geral.

A primeira parte determinada como setor administrativo é o ponto de partida do processo produtivo e realiza como primeira atividade uma análise dos Pedidos de Produção (pp) e em seguida determina os pedidos recebidos de acordo com a prioridade de execução, dessa maneira foi possível criar uma sequência de execução sobre as demandas, conforme ilustrado na Figura 2.

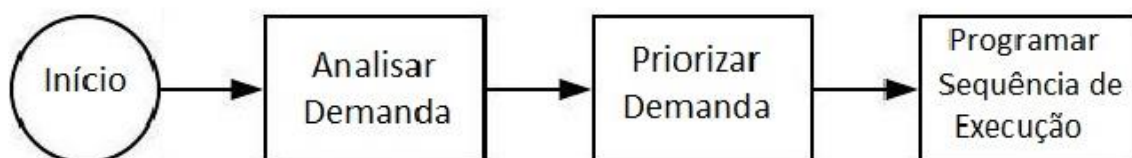


Figura 2 – Definição da ordem dos Pedidos de Produção (pp).

Em seguida é realizada a separação física dos materiais para serem enviados para a produção onde acontece uma ultima vistoria sobre as peças separadas e caso o material esteja incompleto todo o pedido é recusado e reencaminhado para a etapa de separação física caso contrário o pp é encaminhado para o setor de produção, conforme representado pela Figura 3. Essa ultima tarefa é importante, pois evita desperdícios de tempo no processo de produção da empresa.

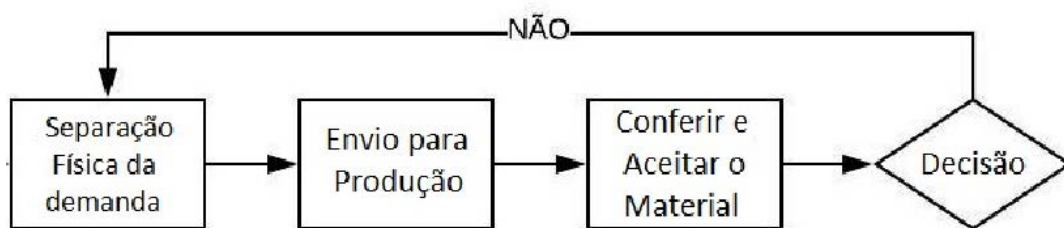


Figura 3 – Separação e aceitação do material necessário.

Essas atividades citadas anteriormente forma todo o setor administrativo dos pps. Neste setor foi necessário utilizar de algumas ferramentas da PE estudadas anteriormente, entre elas estão a *Kanban*, utilizada para a separação das demandas de acordo com suas prioridades, e a JIT, pois a empresa trabalha com o mínimo de estoque possível, ou seja, a produção só acontece com a demanda, também foi possível a utilização de vários indicadores de desempenho para ir acompanhando o processo da empresa nesses setores. Dessa maneira, foi possível diminuir o estoque da empresa e o tempo de produção desse setor, conforme previsto na teoria dessas ferramentas e utilizar.

Após a realização das etapas anteriores pode dar início no setor de produção, área que realiza passo a passo toda a montagem do equipamento desejado. Em um primeiro momento o processo de produção foi dividido em dois subprocessos de montagens, um para a Placa 1 e outro para a Placa 2, onde todas essas atividades serão realizadas de maneira simultânea.

O subprocesso da Placa 1 possui atividades mais simples e mais rápidas. Foram realizadas as atividades de soldagem na placa e em seguida a instalação do *software* necessário, processo ilustrado na Figura 4. Com essas tarefas realizadas essa placa fica aguardando a segunda placa para poder acontecer o processo de junção das placas.

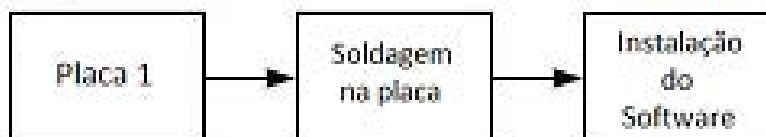


Figura 4 – Subprocesso da Placa 1.

Por outro lado o subprocesso da Placa 2 acontece em dois momentos, no primeiro momento foi realizado a fusão óptica das peças e em seguida uma preparação

da placa para a soldagem de algumas peças necessárias, conforme representado na Figura 5.

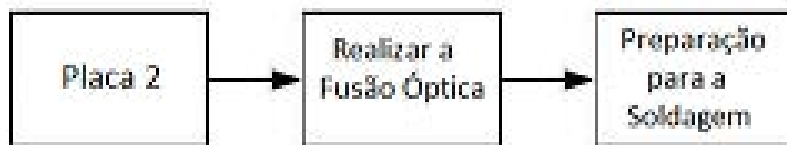


Figura 5 – Fusão e soldagem da Placa 2.

No segundo momento é realizada emendas na Placa 2 para em seguida ser aplicada em alguns testes de qualidade, nessa parte é tomada uma decisão importante, se a placa não passar nesse teste é necessário envia-la para a etapa anterior a fim de realizar correções de erros, caso contrário essa placa fica disponível para a próxima etapa do setor produtivo, conforme ilustrado na Figura 6.

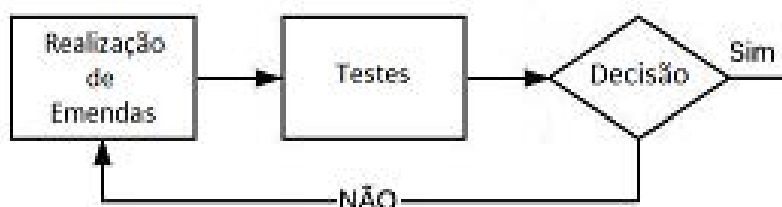


Figura 6 – Realização de testes na Placa 2.

Nessas etapas anteriores foi possível observar o uso de algumas técnicas da PE como a *Jidoka*, que são sistemas de avisos se no processo de montagem acontecer erros previstos ou não, e o *Takt-Time*, que calcula o tempo de produção necessário para o produto, esse será utilizado em todo o resto da linha de produção, além dessas técnicas a utilização de alguns indicadores chaves de performance (KPI). Desse modo foi possível notar algumas melhorias na produção, entre elas aconteceu uma diminuição no tempo de trabalho nesses setores e simultaneamente houve uma melhoria na qualidade do produto.

Com todo esse processo realizado é possível realizar a junção das duas placas e montar o produto final. Realizado a junção são feitos alguns testes rápidos para a avaliação do funcionamento do produto, nesse momento também foi realizado uma decisão sobre a sequência da placa, se o equipamento estiver funcionando é passado para a próxima etapa da linha de produção que é o revestimento do produto, onde é adicionada uma camada protetora para preservação do próprio, caso contrário a placa é

direcionado para o fluxo de suporte e manufatura, onde será corrigido os erros encontrados, processo ilustrado na Figura 7.



Figura 7 – Realização de testes das Placas.

Com a placa revestida e funcionando corretamente, é encaminhada para uma sequência de testes de qualidade que possui como objetivo inspecionar mais a fundo as principais funções da placa, nesse setor do processo por inteiro também acontece outra tomada de decisão, caso algum teste não mostre resultados favoráveis ou insignificantes a placa também é reencaminhada para o fluxo de suporte e manufatura, conforme apresentado na figura 8.

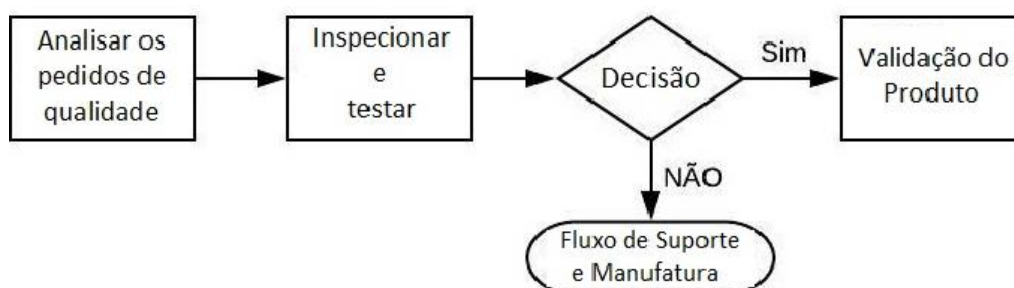


Figura 8 – Realização de teste de qualidade na Placa final.

Após a validação do produto em relação aos testes de qualidade, a placa é encaminhada para as duas últimas etapas da linha de produção, e podem ser consideradas as etapas mais importantes do processo em geral. Nessas etapas foram realizados mais algumas séries de testes rigorosos na placa final. A primeira série de testes, nomeada como primeiro teste possui um período de duração de aproximadamente cinco dias e leva a placa ao seu limite, testando assim a sua durabilidade e desempenho. Esses valores obtidos nos testes são armazenados como indicadores de desempenho, dessa maneira é possível analisar a evolução da placa, conforme ilustrado na Figura 9.

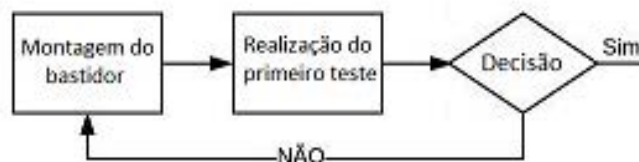


Figura 9 – Realização do primeiro teste final.

E por último foi realizado o segundo teste final, esse pode ser presenciado pelo cliente que fez a ordem do pedido para que avalie e acompanhe os indicadores da placa, esse teste normalmente tem uma duração de sete dias, assim o cliente pode pedir para simular cenários diferentes para testar o seu produto e caso não passe por essa etapa, a placa é enviada novamente para o fluxo de suporte e manufatura para ultimas correções, conforme apresentado na Figura 10. Depois de realizado todo esse processo, desde o setor administrativo até o segundo teste final do setor de produção, a placa enfim foi encaminhada para o seu destino final.



Figura 10 – Realização do segundo teste final e envio para expedição.

Como foi feito o MFV para analisar minuciosamente todo o processo produtivo da placa na empresa a próxima etapa foi utilizar o *software* TecnomatixTM e buscar através das métricas e indicadores de desempenho melhorar a linha de produção e identificar desperdícios de maneira a conseguir resolvê-los de uma forma simples e eficaz. Com a utilização desse *software* foi possível simular todo o setor de produção da empresa, representado pela Figura 11 onde cada bloco é representado por uma atividade separada, e levar em conta os principais fatores que afetam a produção da placa chegando ao resultado mais próximo possível do que é feito na realidade.

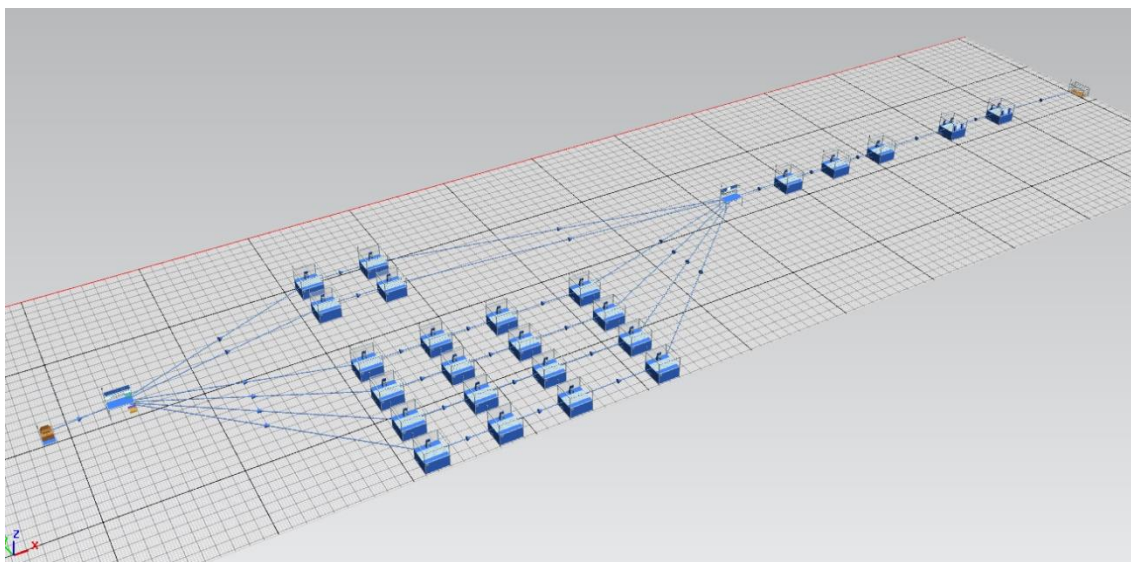


Figura 11 – Simulação geral do setor de produção em 3D.

Após a montagem de toda a estrutura da linha de produção foi necessário definir alguns dados importantes para dar início as simulações. A primeira informação a ser inserida no *software* foi o período de trabalho dos funcionários, de acordo com a visita técnica foi estabelecido um período de oito horas de trabalho diariamente durante a semana, segunda a sexta, com um intervalo para o almoço de duas horas, ou seja, o período de trabalho foi estabelecido em duas partes, das oito da manhã até ao meio dia, e das duas às seis da tarde, outra questão levantada foi o numero de funcionários que trabalham em cada setor da linha de montagem.

Inserido os horários de trabalho dos funcionários foi necessário definir o tempo de execução de cada bloco montado na Figura 11, esse tempo foi medido e anotado durante a realização da visita *in loco*, e utilizam o conceito de *Takt-time*. Outra informação importante levada em conta foi que todos os equipamentos utilizados na linha de produção não sofrem paradas para manutenção preventiva ou corretiva, dessa maneira nas simulações foram descartados essas possíveis paradas de tempo de trabalho.

No início da simulação foram criados dois blocos, um de entrada de pedidos de produção (*Source*) e outro de divisão das peças, onde as peças serão divididas para as linhas de montagem da Placa 1 e da Placa 2, e por possuir varias divisões na sua saída está relacionado ao numero de funcionários que trabalham em cada setor, na Placa 1 são dois funcionários que operam simultaneamente, já na Placa 2 operam quatro funcionários juntos para a montagem do produto, conforme apresentado na Figura 12.

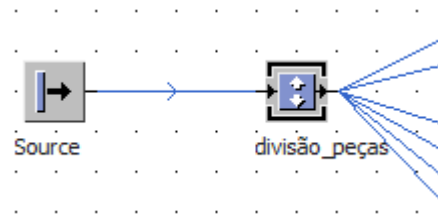


Figura 12 – Início da simulação do setor de produção em 2D.

Uma representação em 3D sobre o início da simulação é apresentada pela Figura 13:

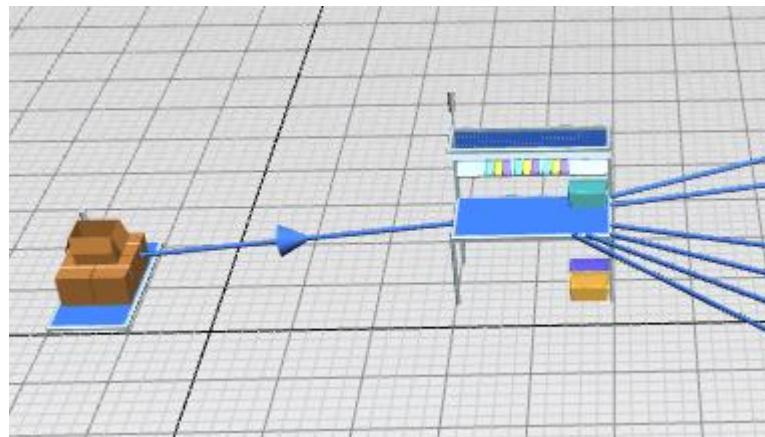


Figura 13 – Início da simulação do setor de produção em 3D.

Foi previsto uma entrada de aproximadamente de 99 Placas, mensalmente, para serem montadas. Uma dificuldade encontrada, que seguiu em todas as outras etapas do programa, foi à representação de cada peça individual. No TecnomatixTM cada bloco inserido é como se fosse representado por uma peça só, e como na montagem de cada Placa envolve uma quantidade de peça muito grande, não foi possível representar todas. Como solução para esta limitação do *software*, foi considerado o trabalho realizado em cima da Placa final, que não atrapalhou o resultado obtido no final da simulação.

Com a divisão das peças nas linhas de montagem, foi possível analisar o tempo de trabalho, espera e de bloqueio de cada setor, dessa maneira é possível visualizar onde está o gargalo da produção.

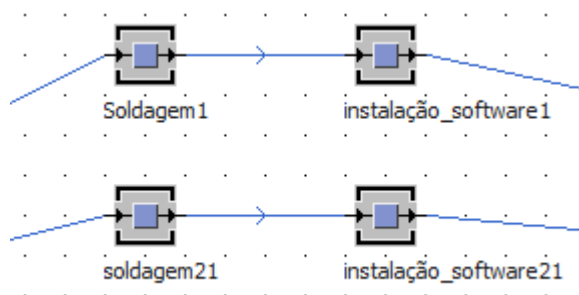


Figura 14 – Montagem da Placa 1 em 2D.

Os blocos do subprocesso da placa 1, representados pela Figura 14, foram divididos da seguinte maneira, a soldagem1 e a instalação_software1 são representados pelo serviço de um funcionário e a soldagem21 e a instalação_software2 são representados pelo segundo funcionário que trabalha nesse setor, conforme ilustrado na Figura 15 em 3D.

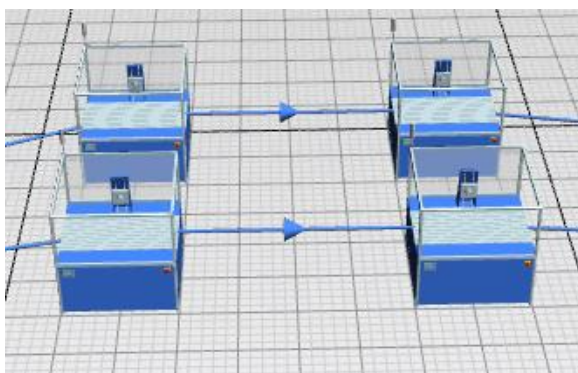


Figura 15 – Montagem da Placa 1 em 3D.

O total de partes que entram e saem de conjuntos de peças para formar a placa 1 são de 99 conjuntos, tendo em média 57% do tempo vazio em que os funcionários não realizam esse tipo de serviço e são designados para outros setores de trabalho.

Tabela 1 – Entradas e Saídas da Placa 1.

Objeto	Número de Entradas	Número de Saídas	Tempo Vazio (%)
Soldagem1	99	99	57.63
Instalação_software21	99	99	57.63
Soldagem21	99	99	57.63
Instalação_software1	99	99	57.63

No subprocesso da placa 1 as porcentagens de tempos de trabalho, espera e bloqueio são representados pelas Tabelas 2, 3 e 4, respectivamente.

Tabela 2 – Tempo de trabalho da Placa 1.

Objeto	Porcentagem (%)	Número de Placas
Soldagem1	1.78	99
Instalação_software21	0.36	99
Soldagem21	1.78	99
Instalação_software1	0.36	99

Tabela 3 – Tempo de espera da Placa 1.

Objeto	Porcentagem (%)	Número de Placas
Soldagem1	57.63	2
Instalação_software21	57.22	2
Soldagem21	57.63	2
Instalação_software1	57.22	2

Tabela 4 – Tempo de bloqueio da Placa 1.

Objeto	Porcentagem (%)	Número de Placas
Soldagem1	40.59	98
Instalação_software21	42.42	99
Soldagem21	40.59	98
Instalação_software1	42.42	99

De acordo com as imagens anteriores foi possível analisar que a porcentagem do tempo de espera e de bloqueio de cada funcionário para realizar as tarefas é muito grande em relação ao tempo de trabalho de cada um, isso se deve ao fato do *software* considerar o trabalho de cada peça de forma individual e não por um produto final, como foi explicado anteriormente. Foi notado que no tempo de espera, apenas 2 peças ficam ociosas esperando que sejam montadas. Porém, a execução dos 99 produtos mensais foi realizada corretamente e de maneira eficiente.

Pelo outro lado, o subprocesso da Placa 2 foi representado em 2D pela Figura 16 e em 3D pela Figura 17.



Figura 16 – Montagem da Placa 2 em 2D.

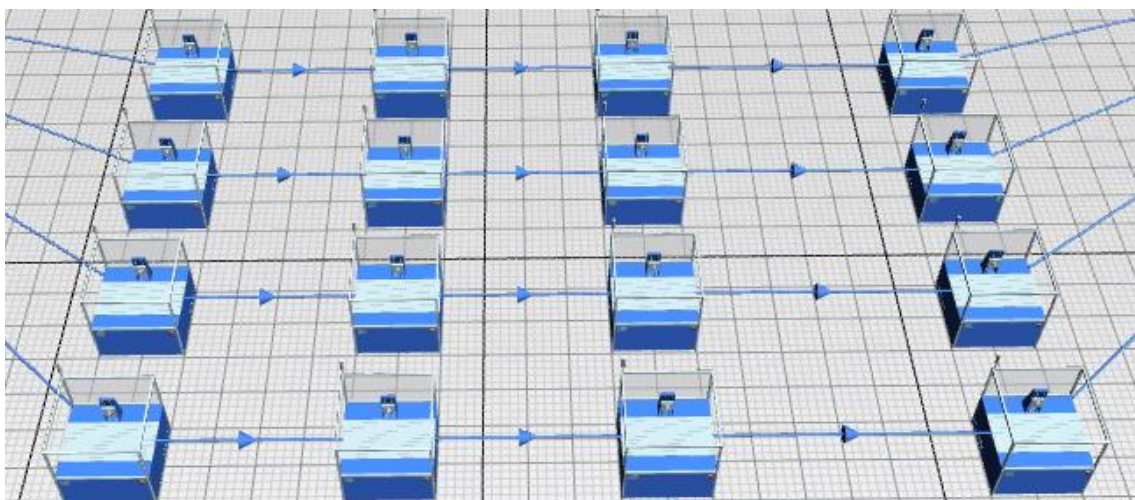


Figura 17 – Montagem da Placa 2 em 3D.

Os blocos do subprocesso da placa 2 foram divididos da mesma maneira em relação a placa 1, ou seja, cada linha de montagem é representada por um funcionário. O total de partes que entram e saem desse subprocesso para formar a placa 2 também são de 99 peças, e cada fase no processo de montagem tem em média 58% do tempo vazio, em que os funcionários não realizam esse tipo de serviço e são designados para outros setores de trabalho, só a fase dos testes que possuem um tempo de não trabalho relativamente alto devido a execução de sua função ser rápida.

Tabela 5 – Entradas e Saídas da Placa 2.

Objeto	Número de Entradas	Número de Saídas	Tempo Vazio (%)
Fusao1	99	99	58.65
Fusao_2	99	99	58.65
Kit_montagem1	99	99	57.83
Kit_montagem_2	99	99	57.83
Emendas1	99	99	57.33
Emendas_2	99	99	57.33
Testes1	99	99	99.75
Testes_2	99	99	99.75
Kit_montagem_3	99	99	57.83
Kit_montagem_4	99	99	57.83
Emendas_3	99	99	57.33
Emendas_4	99	99	57.33
Testes_3	99	99	99.75
Testes_4	99	99	99.75
Fusao_3	99	99	58.65
Fusao_4	99	99	58.65

No subprocesso da Placa 2 as porcentagens de tempos de trabalho e espera são representados pelas Tabelas 6 e 7, respectivamente.

Tabela 6 – Tempo de Trabalho da Placa 2.

Objeto	Porcentagem (%)	Número de Placas
Fusao1	10.67	99
Fusao_2	10.67	99
Kit_montagem1	1.78	99
Kit_montagem_2	1.78	99
Emendas1	42.67	99
Emendas_2	42.67	99
Testes1	0.25	99
Testes_2	0.25	99
Kit_montagem_3	1.78	99
Kit_montagem_4	1.78	99
Emendas_3	42.67	99
Emendas_4	42.67	99
Testes_3	0.25	99
Testes_4	0.25	99
Fusao_3	10.67	99
Fusao_4	10.67	99

Tabela 7 – Tempo de Espera da Placa 2.

Objeto	Porcentagem (%)	Número de Placas
Fusao1	58.65	98
Fusao_2	58.65	98
Kit_montagem1	57.83	3
Kit_montagem_2	57.83	3
Emendas1	57.33	2
Emendas_2	57.33	2
Testes1	99.75	100
Testes_2	99.75	100
Kit_montagem_3	57.83	3
Kit_montagem_4	57.83	3
Emendas_3	57.33	2
Emendas_4	57.33	2
Testes_3	99.75	100
Testes_4	99.75	100
Fusao_3	58.65	98
Fusao_4	58.65	98

No subprocesso da Placa 2 as porcentagens de bloqueio da linha de produção é representada pela Tabela 8, e ilustra o bloqueio em que cada etapa sofre durante o processo de produção do produto.

Tabela 8 – Tempo de Bloqueio da Placa 2.

Objeto	Porcentagem (%)	Número de Placas
Fusao1	30.68	97
Fusao_2	30.68	97
Kit_montagem1	40.39	98
Kit_montagem_2	40.39	98
Emendas1	0.00	0
Emendas_2	0.00	0
Testes1	0.00	0
Testes_2	0.00	0
Kit_montagem_3	40.39	98
Kit_montagem_4	40.39	98
Emendas_3	0.00	0
Emendas_4	0.00	0
Testes_3	0.00	0
Testes_4	0.00	0
Fusao_3	30.68	97
Fusao_4	30.68	97

A porcentagem do tempo de espera nesse subprocesso também é alto em relação ao tempo de trabalho, uma diferença notada em relação ao subprocesso da Placa 1 foi que em algumas atividades, como emendas e testes, não possuem tempo de bloqueio, ou seja, nenhuma peça fica parada na bancada sem nenhuma atividade sendo realizada. No tempo de espera, foi observado que nas atividades de fusão e testes todas as peças passam por um tempo de espera muito grande em relação aos outros dois processos, isso se deve ao fato da importância dessas tarefas que são realizadas.

Com a utilização do *software* foi possível analisar e observar os tempos de cada atividade desses dois subprocessos para que possa ser aplicado melhorias no setor em que apresentou pior desempenho nas suas atividades.

Continuando com a sequência da linha de produção, os próximos procedimentos que foram tomados são representados pela Figura 18 em 2D e o mesmo processo é representado pela Figura 19 em 3D.

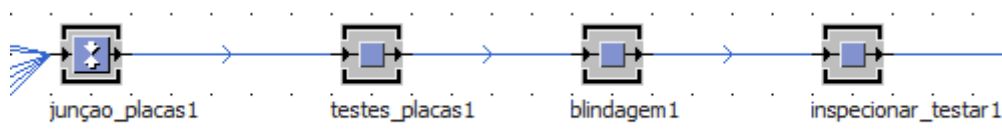


Figura 18 – Montagem da Placa final em 2D.

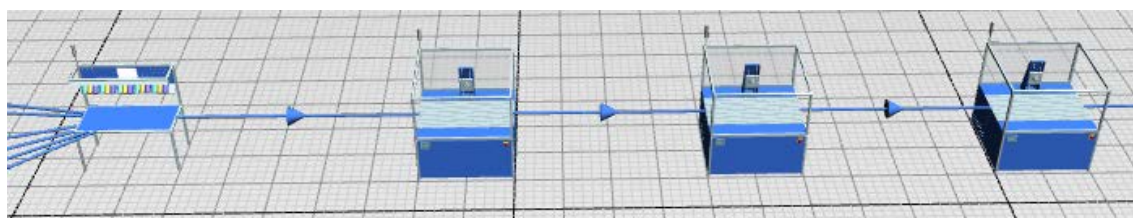


Figura 19 – Montagem da Placa final em 3D.

No bloco de junção das placas, 1 e 2, chega as 99 peças de cada parte do processo anterior e foram unidas de forma a representar uma única placa final, que seria o produto pronto para começar as fases de testes finais, representado pela Tabela 9.

Tabela 9 – Entradas e Saídas da Placa Final.

Objeto	Número de Entradas	Número de Saídas	Tempo Vazio (%)
Junção_placas1	99	99	92.89
Testes_placas1	99	99	89.33
Blindagem1	99	99	98.22
Inspecionar_testar1	99	99	89.33

Esses procedimentos possuem um tempo relativo vazio (tempo de espera) muito alto, isso se deve ao fato de serem atividades rápidas, ou seja, as peças não precisam ficar muito tempo na bancada e serem operadas pelos funcionários e por isso

que apresenta uma pequena parte da porcentagem de trabalho, representada pela Tabela 10. Dessa maneira, foi observado que nessa parte da linha de produção não existe tempo de bloqueio.

Tabela 10 – Tempo de trabalho da Placa Final.

Objeto	Porcentagem (%)	Número de Placas
Junção_placas1	7.11	99
Testes_placas1	10.67	99
Blindagem1	1.78	99
Inspecionar_testar1	10.67	99

Após a realização dessas atividades, começa a fase de testes da placa final, conforme ilustrado na Figura 20. Essa é a principal parte de toda a linha de produção, pois é onde defini se o produto esta ou não pronto para ser entregue para o cliente.



Figura 20 – Demonstração fase de testes em 2D.

Fase de testes na placa final representada a seguir em 3D pela figura 21.

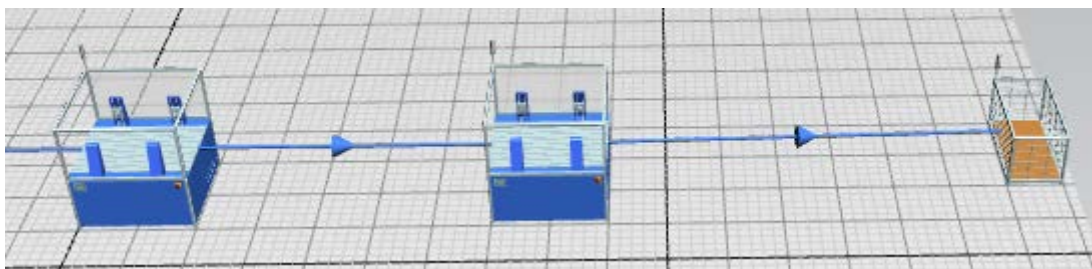


Figura 21 – Demonstração fase de testes em 3D.

Nesse setor foi encontrada uma dificuldade na representação no software, na linha de produção real da fábrica esses testes acontecem de acordo com a demanda de produtos pronta, ou seja, podem acontecer diversos testes com uma quantidade de

placas pronta, no caso da simulação foi considerado a realização do teste quando todas as 99 placas estiverem concluídas, dessa maneira é realizado apenas uma vez o teste.

Tabela 11 – Entradas e Saídas nos Testes.

Objeto	Número de Entradas	Número de Saídas
Teste_1	99	99
Teste_2	99	99

Nesses dois testes a porcentagem de trabalho já é maior que a do tempo de espera e de bloqueio, isso acontece porque o tempo de operação das máquinas é muito maior do que todas as outras atividades anteriores e por realizar os testes em todas as peças de uma vez só não possui tempo de bloqueio, por isso esse setor foi considerado um dos mais importantes de toda a linha de produção. As porcentagens de trabalho, *Set-up*, espera e bloqueios são representados na Tabela 12.

Tabela 12 – Porcentagens de operações nos testes.

Objeto	Trabalho (%)	Set-up (%)	Espera (%)	Bloqueio (%)
Teste_1	68.10	0.00	31.90	0.00
Teste_2	73.27	0.00	26.73	0.00

Depois da aceitação dos testes, o produto segue para a expedição onde será entregue e instalado para o cliente com 100% de funcionamento. Assim, encerra toda a simulação real da linha de produção da empresa.

Para aumentar o conhecimento sobre as teorias aplicadas, foram simulados mais 2 cenários com o objetivo de alterar algumas informações em atividades críticas e obter uma melhoria no desempenho operacional da empresa. Por outro lado, foi encontrada uma dificuldade para simular o desempenho econômico da empresa, isso se

deve ao fato de existir informações sigilosas onde a empresa não pode fornecer por conta da concorrência no mercado.

4.1. Primeiro cenário

Para a configuração de um primeiro cenário foi adicionado um segundo subprocesso nas fases dos testes 1 e 2, conforme ilustrado nas Figuras 22 e 23, dessa maneira foi possível dobrar a produção do produto. Como essas duas atividades ocupam um tempo maior de execução, ao dobrá-la, tornou possível testar mais equipamentos simultaneamente sem alterar o tempo de bloqueio do sistema. Por outro lado, a porcentagem de trabalho aumentou o que indica que esta passando mais peças por essas atividades.

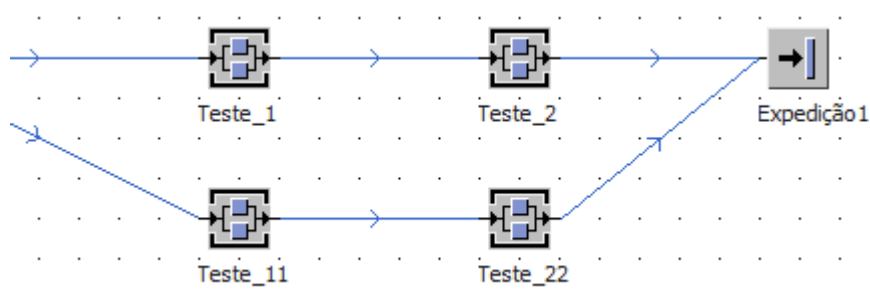


Figura 22 – Demonstração primeiro cenário em fase de testes em 2D.

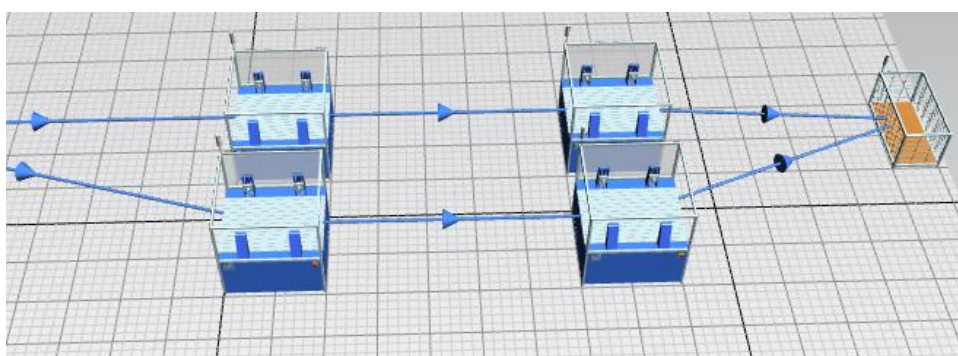


Figura 23 – Demonstração primeiro cenário em fase de testes em 3D.

Como não foi limitado o número de peças que foram produzidas, acontece uma diferença no número de produtos que entra e sai em determinado teste. O primeiro teste, determinado como teste_1 e teste_11, possui uma entrada de 238 produtos, porém quando atingiram os vinte dias de trabalho mensais a simulação foi encerrada e nesse tempo ficaram prontos 178 produtos, por isso o saiu mais peças do que entrou nessa

fase, o mesmo acontece com a segunda fase de testes, que possui um total de 106 peças prontas.

Tabela 13 – Entradas e Saídas cenário 1.

Objeto	Número de Entradas	Número de Saídas
Teste_1	238	178
Teste_2	178	106
Teste_11	238	178
Teste_22	178	106

Outra mudança notável foi as porcentagens de operações de cada máquina, a primeira fase de testes possui quase 100% de trabalho, ou seja, quase chegou no seu limite de operação, já a segunda fase de teste obteve um aumento de apenas 1% em relação a linha de produção real, ou seja, mesmo aumentando a quantidade de peças que passam por essa fase o seu tempo de operação é quase o mesmo.

Tabela 14 – Porcentagens de operações cenário 1.

Objeto	Trabalho (%)	Set-up (%)	Espera (%)	Bloqueio (%)
Teste_1	99.16	0.00	0.84	0.00
Teste_2	74.16	0.00	25.84	0.00
Teste_11	99.16	0.00	0.84	0.00
Teste_22	74.16	0.00	25.84	0.00

Portanto esse cenário foi benéfico caso a empresa queira aumentar a sua produção sem mexer muito em toda a sua linha de produção, pois a sua produtividade foi de 99 para 212 peças prontas. Porém, não foi possível mencionar os custos para a realização dessa mudança e analisar em quanto tempo a empresa teria o retorno desse investimento.

4.2. Segundo cenário

Outra mudança realizada foi adicionar o sábado nos dias de trabalho, dessa maneira foi possível aumentar a produtividade sem efetuar nenhuma mudança na linha de produção da empresa, ou seja, não teve investimentos em novos equipamentos, porém foi necessário investir nos funcionários para que seja possível trabalharem mais oito horas diárias. Dessa maneira o cenário é representado pela figura 11 em 3D, citada anteriormente, e pela Figura 24 em 3D representada a seguir.

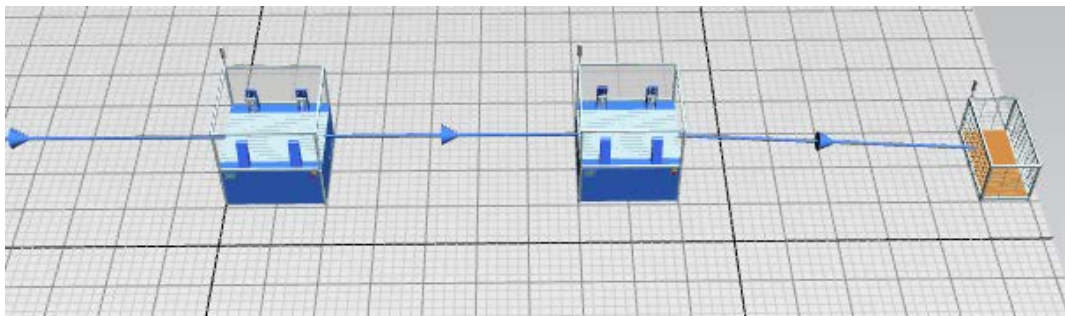


Figura 24 – Demonstração segundo cenário em fase de testes em 3D.

Com essa mudança, a produção de 99 peças saltou para 154 peças mensais, foi considerada uma melhoria aceitável. Uma comparação necessária seria em fator do desempenho econômico da empresa, para saber se com essas novas peças sendo realizadas pagaria os custos das novas horas de trabalho dos funcionários sem trazer nenhum prejuízo para a empresa. Não foi possível analisar este *payback* e nem o Valor Presente Líquido, pois a empresa não forneceu dados econômicos do processo produtivo e da mão de obra.

Como não foi feita nenhuma alteração no programa de simulação e a mudança de 8 horas diárias a mais, a maioria das atividades não sofreram muitas mudanças, por isso não foi necessário mostrar todo o passo a passo da linha de produção novamente.

Dessa maneira, foram recolhidos apenas os dados presentes nas fases de testes para realizar a comparação com o modelo original de trabalho.

Tabela 15 – Entradas e Saídas cenário 2.

Objeto	Número de Entradas	Número de Saídas
Teste_1	154	154
Teste_2	154	154

Tabela 16 – Porcentagens de operações no cenário 2.

Objeto	Trabalho (%)	Set-up (%)	Espera (%)	Bloqueio (%)
Teste_1	74.21	0.00	25.79	0.00
Teste_2	78.39	0.00	21.61	0.00

Foi possível observar, pela tabela 16, um pequeno aumento na porcentagem de trabalho das máquinas em relação ao cenário real, tendo em média 75% do tempo em que as máquinas realizaram algum tipo de tarefa determinante para a produção da empresa.

4.3. Terceiro cenário

Um possível cenário diferente foi à combinação dos anteriores, pois se continuassem a aumentar o numero de máquinas para a realização de testes os resultados não aumentariam significativamente e se aumentasse o horário de trabalho poderia a vir ter que contratar mais funcionários ou então pagar mais horas extras e assim não traria resultados benéficos economicamente. Então uma solução mais palpável foi unir as soluções anteriores que assim traria um aumento significativo na produção e um possível desempenho econômico melhor para a empresa e a sua representação é a mesma das Figuras 22 e 23.

Com essa união foi analisado um aumento no numero de produtos realizados em relação a todos os cenários anteriores.

Tabela 17 – Entradas e Saídas cenário 3.

Objeto	Número de Entradas	Número de Saídas
Teste_1	286	226
Teste_2	226	154
Teste_11	286	226
Teste_22	226	154

No final do ultimo teste foram realizados 154 produtos cada, totalizando uma produção mensal de 308 produtos que passam para a expedição e ficam disponíveis para serem entregues a seus clientes.

Tabela 18 – Porcentagens de operações cenário 3.

Objeto	Trabalho (%)	Set-up (%)	Espera (%)	Bloqueio (%)
Teste_1	99.30	0.00	0.70	0.00
Teste_2	78.47	0.00	21.53	0.00
Teste_11	99.30	0.00	0.70	0.00
Teste_22	78.47	0.00	21.53	0.00

Os tempos de trabalhos também apresentaram resultados melhores em relação a todos os anteriores, ou seja, as máquinas possuem mais horas de trabalhos do que paradas sem executar nenhuma tarefa. Mesmo com todas essas melhorias, ainda é necessário um estudo do desempenho econômico para analisar se essas mudanças trazem mesmo todas essas melhorias que apresentam para a empresa.

5. CONCLUSÃO

Após a realização do estudo sobre a PE em uma linha de produção foi possível notar que a empresa utiliza em cada setor uma técnica diferente da PE, mas buscando sempre o mesmo objetivo em geral, eliminar desperdícios e aumentar o desempenho operacional e econômico.

O objetivo desse estudo foi entender sobre essas técnicas citadas anteriormente, e com a ajuda de visitas *in loco* e com a utilização do *software* TecnomatixTM foi possível compreender e alcançar esses objetivos por meio de simulações de toda a linha de produção junto com as teorias por trás dessas práticas para avaliar os resultados obtidos.

Com os resultados obtidos pelas simulações, e com os diferentes cenários obtidos, foi viável apresentar resultados onde a empresa aumentaria o seu desempenho operacional, ou seja, produzindo mais e com o mesmo selo de qualidade já existente. A utilização de técnicas da PE é muito importante, mas neste caso as que mais se destacaram para o aumento do desempenho da empresa foram o MFV, JIT, *Kanban*, *Jidoka* e o *Takt-time*, pois foi necessário criar um fluxograma da empresa, desde a primeira atividade até a última, em seguida instalou-se o programa de JIT, onde evitaria estoques que gerariam prejuízos para a empresa, e foram determinados as atividades mais importantes a partir do *Kanban*, assim as ordens de pedido com mais urgências seriam feitas na hora sem gerar transtornos.

Dessa maneira, com as simulações as empresas podem gerar vários cenários conforme suas necessidades, assim pode escolher aquele que melhor o representa, ou seja, que atenda todas as suas necessidades e que simultaneamente tragam os melhores resultados operacionais e econômicos.

Com esse *software* disponível para todas as empresas e estudos sendo realizados a todo o momento, não só as empresas de Telecomunicações, mas todas as outras tendem a melhorar o seu processo de produção. Portanto, com a otimização do tempo, mantendo a qualidade do produto e aumentando a produção, todas as empresas tendem a ganhar, desde as pequenas até as grandes nacionais, e como consequência alavancaria a economia brasileira perante esse cenário de Telecomunicações.

Porém, algumas dificuldades fizeram parte no decorrer da pesquisa. Entre essas dificuldades a primeira a surgir foi conseguir que alguma empresa aceitasse a participar da pesquisa junto com a universidade e logo após o primeiro contato com a empresa a dificuldade passou a ser o tempo, pois foi difícil conseguir tempo na agenda das empresas para realizar a coleta de dados, devido ao fato de parar toda a ordem de produção e alocar os funcionários para ajudar nas possíveis dúvidas durante o processo de coleta de dados. Por outro lado, no decorrer da pesquisa a dificuldade foi na parte de demonstração do desempenho econômico da empresa, isso se deve ao fato da própria empresa não poder fornecer valores de compras e vendas dos equipamentos, devido a forte concorrência no mercado de telecomunicações e por isso a maioria das empresas evitam até de participar da linha de pesquisa junto com a universidade e buscar uma melhoria juntas.

De modo geral, a pesquisa foi interessante para entender não só como funciona toda a linha de produção de uma empresa, mas compreender todo o processo, subprocesso e atividades que estão envolvidas em cada setor de produção junto com toda a teoria da PE que está envolvida. Desse modo, para estudos nessa área de pesquisa é importante que recolha o máximo de informações sobre a linha de produção para que seja possível simular o mais próximo possível da realidade ou até mesmo simular toda a realidade da produção da empresa, dessa maneira se torna mais fácil buscar melhorias operacionais e econômicas.

Para um avanço dessa pesquisa, seria importante conseguir recolher dados econômicos com a empresa e dessa maneira conseguir realizar simulações que melhoram o desempenho econômico, caso ainda não seja possível obter essas informações seria importante fazer projeções de valores, dessa maneira as simulações ficariam mais completas e teriam resultados econômicos para serem estudados.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos o fomento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Processos 2017/06535-4 – Projeto Regular e 2017/24626-7– Iniciação Científica). As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade dos autores e não necessariamente refletem a visão da FAPESP.

REFERÊNCIAS

ALHURAISH, I. ROBLEDO, C.; KOBI, A. The Effective of Lean Manufacturing and Six Sigma Implementation. **International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)**, 2015.

AMARATUNGA, D.; BALDRY, D.; SARSHAR, M. Process improvement through performance measurement: the balanced scorecard methodology. **Work study**, n. 5, v. 50, p. 179-188, 2001.

ANDREEVA, Natalia. Lean manufacturing performance-metrics and evaluation. In: **Proceedings of 18th national scientific and technical conference with international participation, Sofia, Bulgaria**. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. Balança Comercial - Janeiro - Agosto de 2017. Disponível em <http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon10.htm>. Acesso em 18 Outubro de 2017.

BOND, Emerson. **Medição de desempenho para gestão da produção em um cenário de cadeia de suprimentos**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAUCHICK MIGUEL, P. A.; SOUSA, R. **O Método do Estudo de Caso na Engenharia de Produção**. In: Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações, 2aed. – Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

COSTA R. S.; JARDIM E. G. M. As cinco principais dimensões do diagnóstico operacional. Rio de Janeiro, 2010.

CROSS, K. F.; LYNCH, R. L. The “SMART” way to define and sustain success. **National Productivity Review**, v. 8, n. 1, p. 23-33, 1988/89.

DE JESUS PACHECOA, Diego Augusto. Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. **Production**, v. 24, n. 4, p. 940-956, 2014.

DOS REIS ALVAREZ, Roberto; ANTUNES JR, José Antonio Valle. Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção, 2001.

DO NASCIMENTO, Sabrina; KROENKE, Adriana; BEUREN, Ilse Maria. Indicadores de desempenho abordados em artigos de periódicos do QUALIS CAPES. **FACEF Pesquisa-Desenvolvimento e Gestão**, v. 13, n. 2, 2010.

ECCLES, Robert G. The Performance Measurement Manifesto. Harvard Business Review. USA, jan./feb., 1991.

ESPOSTO, K. F. **Elementos Estruturais para Gestão de Desempenho em ambientes de Produção Enxuta**. 2008. 244 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

FUGATE, B. S.; STANK, T. P.; MENTZER, J. T. Linking improved knowledge management to operational and organizational performance. **Journal of Operations Management**, v. 27, n. 3, p. 247-264, 2009.

GHANE, K. A model and system for applying Lean Six sigma to agile software development using hybrid simulation. **Technology Management Conference (ITMC)**. IEEE International, 2014.

GRANT, K. P.; HALLAM, C. R. A. Case studies on the implementation of lean manufacturing in the automotive Malaysian companies. **International Journal of Technology Management**, v. 70, n. 2-3, 2016.

GODINHO FILHO. **Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura**: configuração, relações com o Planejamento e Controle da Produção e estudo exploratório na indústria de calçados. 2004. 286 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos

GROOVER, M.P. **Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing**. 3thed. New York: Prentice Hall, 2007.

GUPTA, S.; VERMA, R.; VICTORINO, L. Empirical research published in production and operations management (1992-2005): trends and future research directions. **Production and Operations Management**, v. 15, n. 3, p. 432-448, 2006.

HARRY; M. J.; SCHROEDER, R. **Six Sigma**: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations. New York: Doubleday, 2000.

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

HRONEC, S. M. **Sinais vitais: usando medidas do desempenho da qualidade, tempo e custo para traçar a rota para o futuro de sua empresa**. São Paulo: Makron Books, 1994. 240 p.

HRONEC, S. M. **Sinais vitais: usando medidas do desempenho da qualidade, tempo e custo para traçar a rota para o futuro de sua empresa**. São Paulo: Makron Books, 1993.

KALPAKJIAN, S. **Manufacturing engineering and technology**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **A Estratégia em Ação**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

KEPPKE, Helmer Walter. **Aplicabilidade dos conceitos de manufatura enxuta e ágil em serviços: caso de telecomunicações**. 2004. Tese de Doutorado.

LATORRE, J.; CERISOLA, S.; RAMOS, A.; PEREA, A.; BELLIDO, R. Coordinated Hydropower Plant Simulation for Multireservoir Systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 140, n. 2, p. 216-227, 2014.

LENZ, Geanderson Souza et al. **Medição de desempenho: uma proposta de sistema de avaliação de performance para redes horizontais de cooperação**. 2008.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O Modelo Toyota manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LEE-MORTIMER, A. A continuing lean journey: an electronic manufacturer's adopting of Kanban, **Assembly Automation**, v. 28, n. 2, pp.103 – 112, 2008.

MARBE, Â.; HARVEY, S. BERNTSSON, T. Technical, environmental and economic analysis of co-firing of gasified biofuel in a natural gas combined cycle (NGCC) combined heat and power (CHP) plant. **Energy**, v. 31, n. 10-11, p. 1614-1631, 2006.

MESQUITA, Marco Aurélio de et al. Análise das práticas de planejamento e controle da produção em fornecedores da cadeia automotiva brasileira. **Gestão & Produção**, v. 15, n. 1, p. 33-42, 2008.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design: a literature review and research agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, n. 4, v. 15, p. 80-116, 1995.

OLIVEIRA, J. A.; EWALD, M. **Sistemas de gestão ambiental como auxílio para processos industriais limpos**. In: Silveira, M. A. Gestão da Sustentabilidade Organizacional: Inovação, Aprendizagem e Capital Humano. Volume 2. 2011.

OLIVEIRA, José Augusto de. **Relação entre as práticas de Produção mais Limpa e as de Produção Enxuta: estudos de casos múltiplos e survey sobre os impactos no desempenho ambiental, econômico e operacional da empresa**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2016.

OZGUNES, Beatriz Moura Canelas Marmelo et al. Implementação de conceitos e práticas de Lean Manufacturing na empresa metalomecânica Ciclo Fapril SA. 2009.

PASSONI, Edgar; RAUPP, Fabiano Maury; FEY, Vladimir Arthur. O uso de indicadores de desempenho em fundações privadas. **Pensar Contábil**, v. 8, n. 33, 2007.

RODRIGUES, Mário Jorge Ferreira et al. Implementação de práticas Lean numa linha de produção eletrônica. 2012.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, v. 1.2, 1999.

ROTHER, M; SHOOK, J. *Aprendendo a Enxergar*. Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Enterprise Institute, 2003.

SHAHADA, T. M.; ALSYOUF, I. Design and Implementation of a Lean Six Sigma Framework for Process Improvement: a Case Study. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, 2012.

SILVA, Rodrigo. 13 Métricas e indicadores de desempenho essenciais para gestores. Disponível em: < <http://www.vistasoft.com.br/blog/indicadores-de-desempenho/>> Acesso em: 10 de abril de 2018.

- SHAH, R.; WARD, P. T. Defining and developing measures of lean Production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 4, p. 785-805, 2007.
- SHAH, S. K.; CORLEY, K. G. Building better theory by bridging the quantitative-qualitative divide. **Journal of Management Studies**, v. 43, n. 8, p. 1821-1835, 2006.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C. **Administração da Produção**. 1ª. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- STELZER, J.; SILVEIRA, A. K. O Comércio Internacional de Eletrônicos e a Lei Nº 8.248/1991. **Revista da Faculdade de Direito**, n. 30, 2016.
- WAHAB, A. N. A.; MUKHTAR, M.; SULAIMAN, R. A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. **Procedia Technology**, v. 11, p. 1292-1298, 2013.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- WONG, C. Y.; BOON-ITT, S.; WONG, C. W. Y. The contingency effects of environmental uncertainty on the relationship between supply chain integration and operational performance. **Journal of Operations Management**, v. 29, n. 3, p. 604-615, 2011.
- VIANNA, N. W. H.; SOUZA, N. A.; MURITIBA, S. N.; ALMEIDA, S. R.; PEREIRA, L. H. Indústria Eletroeletrônica brasileira: estratégias de entrada e desafios de internacionalização, **Revista Eletrônica de Administração**, v. 13, n. 4, 2007.
- VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, 2002.
- YANG, H. Z.; CAO, X. Y.; CAO, B. Y. Analysis of Production Management System of Electronic Manufacturing Industry, **Advanced Materials Research**, v. 834-836, pp. 2029-2032, 2014.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2015.

APÊNDICE A - PROTOCOLO DE ESTUDO DE CASO

1. *Visão geral dos estudos de caso*

Será realizado um estudo de caso seguindo orientações de Yin (2015). Desta forma, pretende-se aumentar o grau profundidade (validade interna) das informações obtidas.

O estudo de caso será longitudinal pois servirá para explorar o desempenho operacional e econômico das práticas de PE no tempo atual da empresa. Ele será empregado visando alcançar-se alguns dos objetivos específicos da pesquisa, indo de encontro à questão de pesquisa, às hipóteses propostas e ao objetivo geral do trabalho.

O estudo de caso será conduzido por no mínimo 3 (três) instrumentos de coleta de dados, seguindo o princípio da triangulação estabelecido por Yin (2015). As fontes de evidência previamente adotadas são:

- Visitas *in loco*;
- Acompanhamento e análise do processo produtivo;
- Realização de entrevistas semiestruturadas com gestores e supervisores do processo produtivo em análise;
- Análise de documentos relacionados à medição de desempenho operacional e econômico do processo produtivo; e principalmente
- Modelagem e simulação do processo produtivo para avaliação do seu desempenho operacional e econômico.

Para compor a amostra de pesquisa, as empresas devem atender aos seguintes critérios:

- Ser do ramo industrial de transformação;
- Ser do setor de Telecomunicações;
- Possuir práticas de PE; e
- Apresentar interesse e disponibilidade em ceder as informações necessárias.

2. *Questão de Pesquisa*

Qual o grau do desempenho operacional e econômico dos processos produtivos das empresas industriais do setor de Telecomunicações brasileiras, obtido pela implementação das práticas de PE?

2.1 *Objetivos dos estudos de caso*

O objetivo geral deste trabalho é propor diretrizes para otimização do desempenho operacional e econômico de um processo produtivo de uma empresa industrial do ramo de Telecomunicações. Para isso, será necessária a realização de alguns objetivos específicos:

- Identificar e classificar as variáveis relacionadas ao desempenho operacional de processos produtivos da empresa em estudo;
- Identificar e classificar as variáveis relacionadas ao desempenho econômico de processos produtivos da empresa em estudo;
- Modelar e simular o processo produtivo;
- Avaliar os desempenhos operacional e econômico do processo produtivo em análise; e
- Projetar diferentes cenários visando a otimização dos desempenhos operacional e econômico do processo produtivo.

3. *Procedimentos operacionais dos estudos de caso*

O procedimento operacional do estudo de caso será composto por:

- Visita *in loco* exploratória para ambientação do pesquisador, definição do produto e do processo produtivo;
- Visita *in loco* para o mapeamento do processo produtivo e coleta dos dados;
- Modelagem e simulação do processo produtivo;

- Visita *in loco* para realização de entrevista semiestruturada;
- Análise dos dados e geração do relatório; e
- Visita *in loco* para apresentação e validação dos resultados.

4. Material

O pesquisador se deslocará até a unidade fabril para a realização do estudo portanto os seguintes materiais:

- Notebook pessoal;
- Protocolo impresso;
- Papel; e
- Caneta esferográfica.

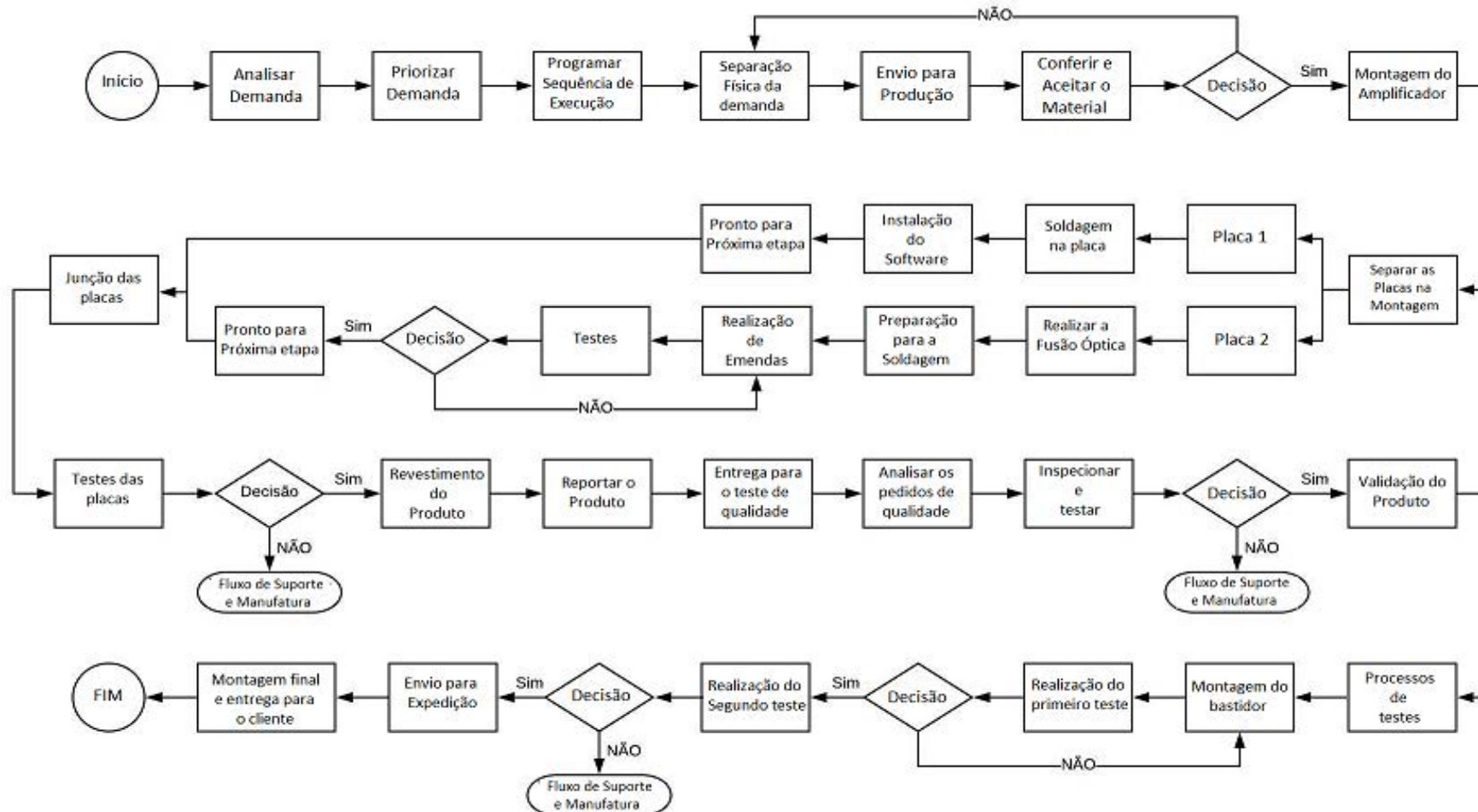
APÊNDICE B – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Foi realizada uma série de perguntas a serem feitas aos funcionários e gestores da empresa a fim de reunir o máximo de informações necessárias para seguir com as simulações.

A série de perguntas é composta por:

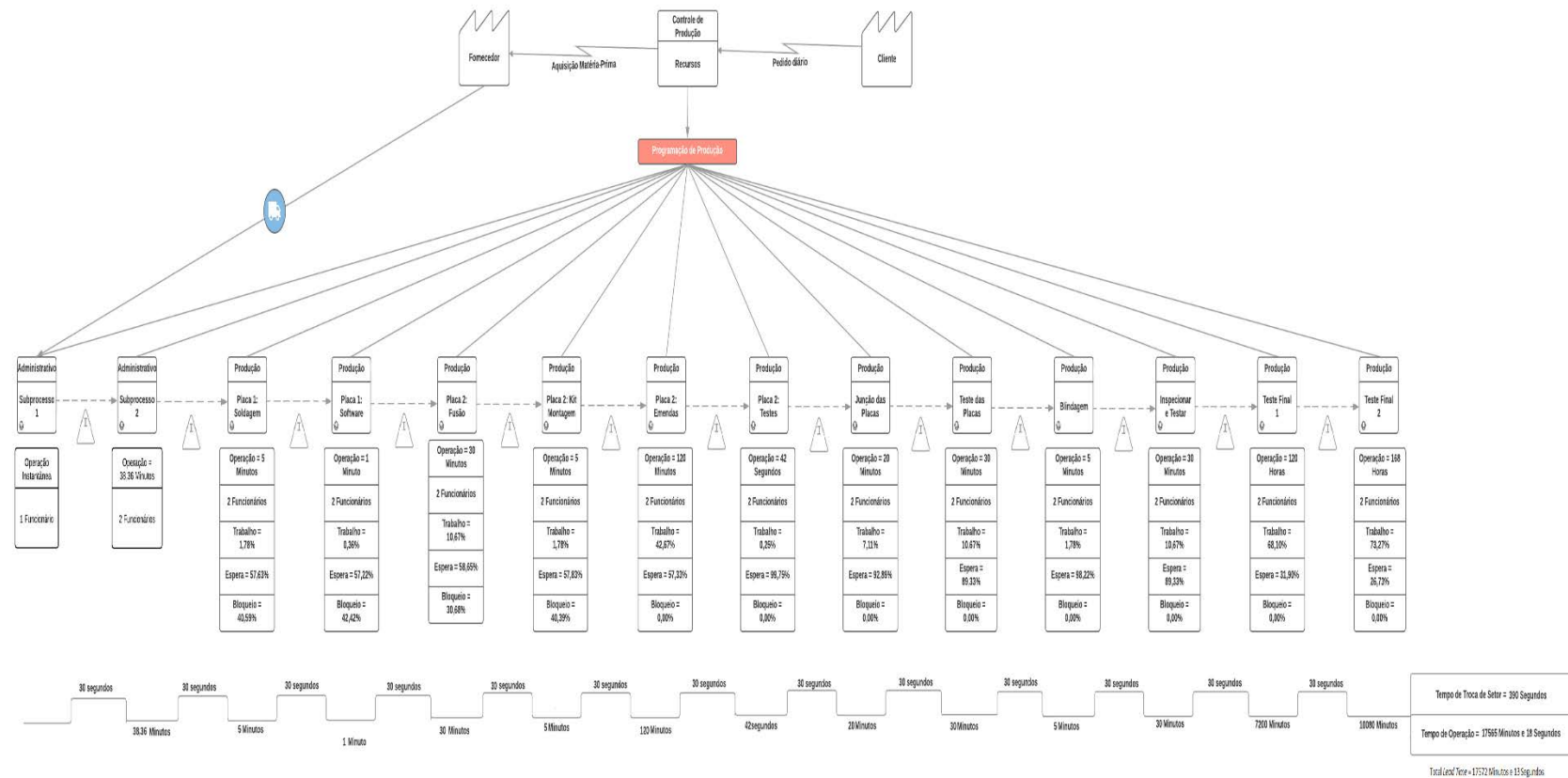
- Qual o numero de funcionários que trabalham no setor?;
- Como funciona a ordem de trabalho em determinado setor?;
- Em quantas atividades é dividida determinado serviço?;
- Quantos equipamentos necessários para a utilização do serviço?;
- Qual horário de trabalho dos funcionários?;
- Quanto tempo demora cada atividade dentro do processo em geral?;
- Se existe a necessidade de estoque intermediário;
- Se existe a manutenção preventiva dos equipamentos; e
- Se existe parada dos funcionários durante o dia de trabalho.

APÊNDICE C – PROCESSO PRODUTIVO MAPEADO



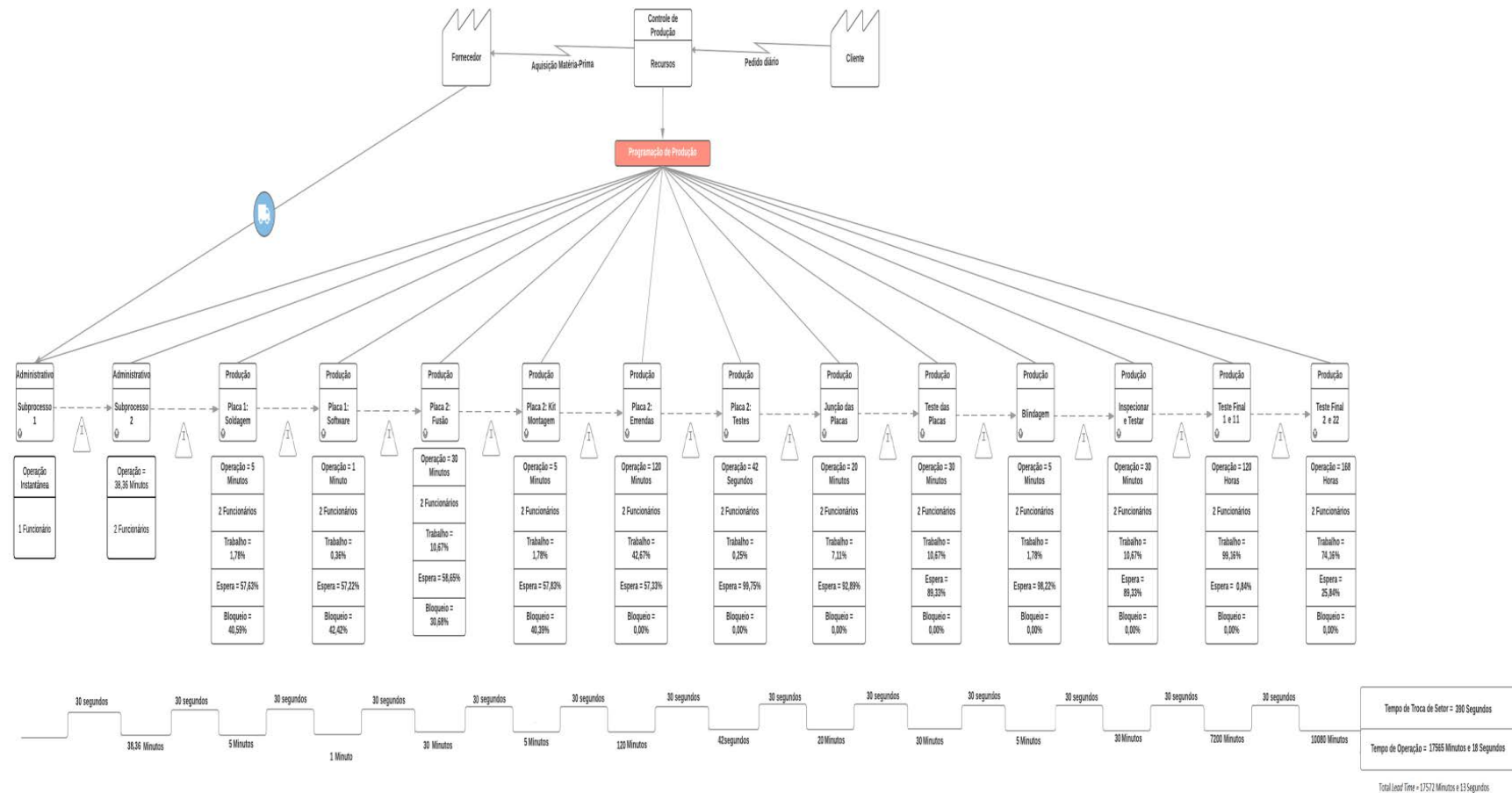
APÊNDICE D – MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR DO CENÁRIO REAL

MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR



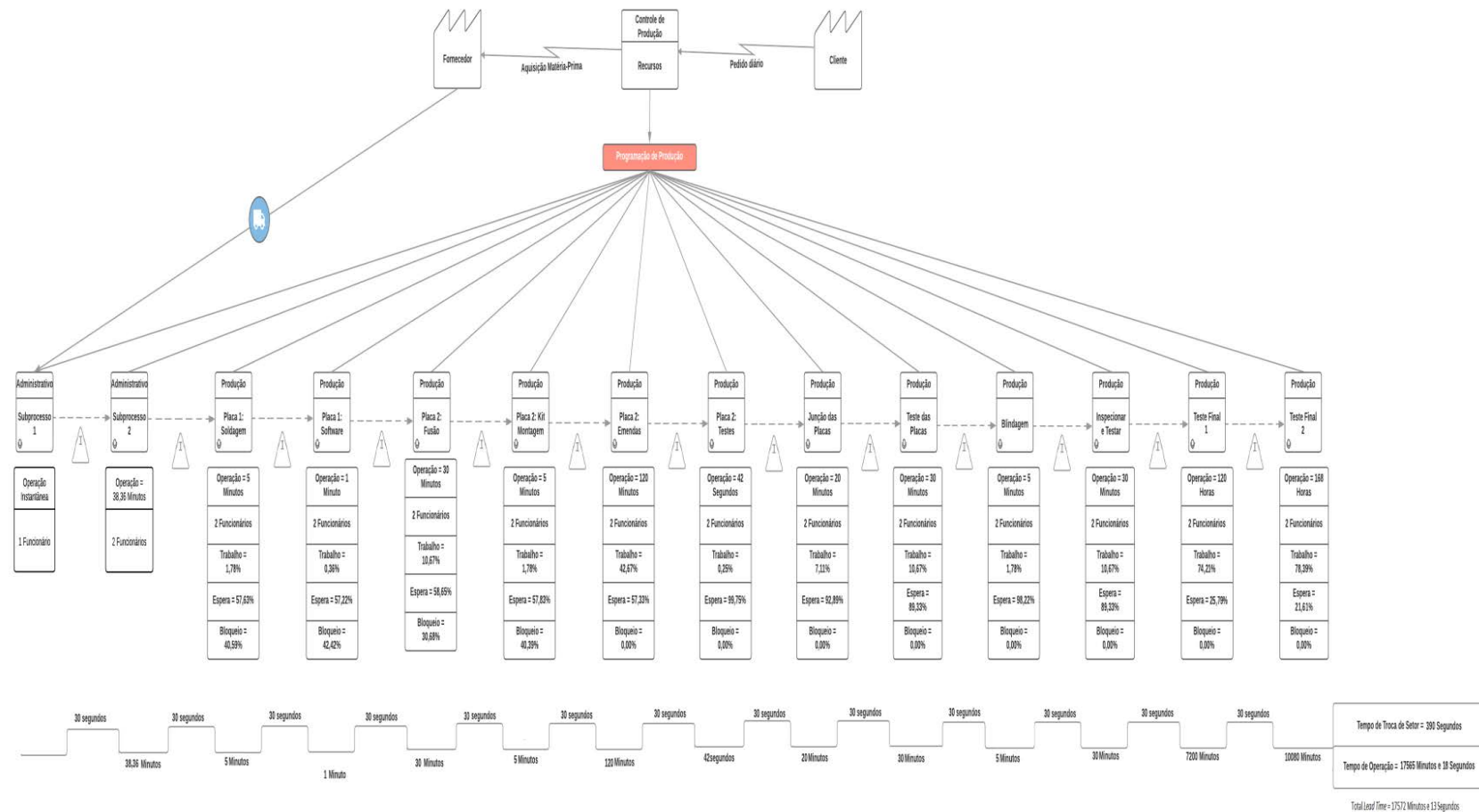
APÊNDICE E - MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR CENÁRIO A

MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR



APÊNDICE F: MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR CENÁRIO B

MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR



APÊNDICE G: MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR CENÁRIO C

MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR

