

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
CURSO DE GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**EDSON FERREIRA DA SILVA**  
**MATEUS DE MOURA PRAGANA BEZERRA**

**PROJETO DE MELHORIA EM UMA LINHA DE TRANSFORMAÇÃO  
DE VEÍCULOS UTILITÁRIOS**

**VOLTA REDONDA**  
**2018**

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PROJETO DE MELHORIA EM UMA LINHA DE TRANSFORMAÇÃO  
DE VEÍCULOS UTILITÁRIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do UniFOA como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Alunos:

EDSON FERREIRA DA SILVA

MATEUS DE MOURA PRAGANA BEZERRA

Orientador(a):

Prof. MSc. Byanca Porto de Lima

Corientador(a):

Prof. Dr. Maria Aparecida Rocha Gouvêa

**VOLTA REDONDA**

**2018**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

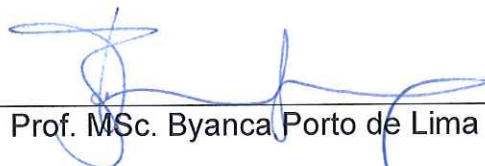
Alunos:

Edson Ferreira da Silva

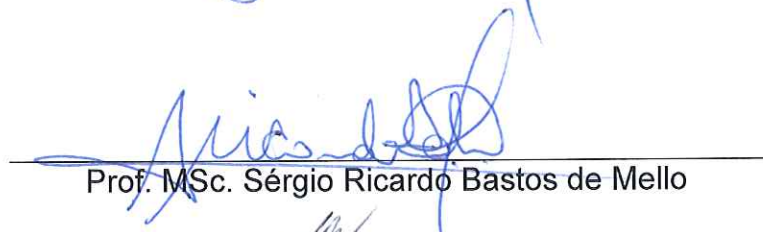
Mateus de Moura Pragana Bezerra

Título do trabalho de conclusão de curso: Projeto de Melhoria em uma Linha de  
Transformação de Veículos Utilitários

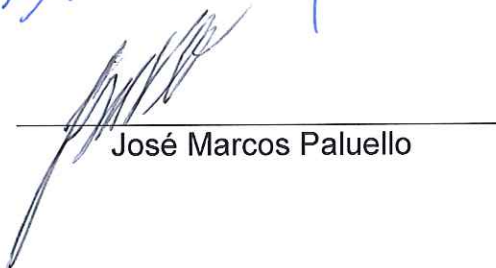
Banca Examinadora



Prof. MSc. Byanca Porto de Lima



Prof. MSc. Sérgio Ricardo Bastos de Mello



José Marcos Paluello

*Dedicamos este trabalho aos nossos pais,  
grandes colaboradores e fonte de  
inspiração em todos momentos.*

## AGRADECIMENTOS

*A Deus, fonte de vida e abrigo nos momentos mais difíceis. Aos nossos pais, por toda motivação e orientações. Às professoras orientadoras, por nos conduzir ao caminho certo e ter paciência conosco. Ao Sr. M. Fernando, Sr. M. Paluello, Sr M. Watanabe, Silvia Oliveira, Daniel Esperança, Daniel Bandeira Leão e Gustavo Trotta, amigos que diretamente e indiretamente contribuíram com este estudo. E aos amigos que nos aconselharam e fizeram parte dessa jornada.*

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo realizado sobre balanceamento de uma linha de transformação de veículos utilitários e elaboração de um arranjo físico aprimorado. A importância da execução desse trabalho é apoiada pela necessidade de atender a demanda esperada, visto que desperdícios e atividades não planejadas dificultam cumprir com o esperado. Fundamentado pela necessidade de agregar competitividade e valor aos processos da organização, de forma que seja possível atender ao *takt time*, evitando assim desperdícios relacionados ao processo e buscando uma cultura de melhoria contínua. Explorar este assunto é um critério indispensável para o sucesso da organização, pois com uma linha de produção sem equilíbrio na utilização dos recursos, pode gerar custos não planejados e comprometer a viabilidade do projeto. A partir do diagnóstico preliminar da situação do processo, foi possível sugerir propostas de melhorias e demonstrar seus resultados. A metodologia utilizada se caracteriza em uma pesquisa-ação com fins intervencionistas, onde o estudo é apresentado seguindo o modelo de solução de problemas DMAIC. Além disso, utilizou-se recursos de simulação no software Arena, comparando a situação anterior ao projeto e após as melhorias, onde foi possível constatar a melhoria da eficiência da linha de produção. Ao fim desta pesquisa, descobriu-se que ao tornar as questões de balanceamento de linha um parâmetro primordial de projeto e realizar uma distribuição harmoniosa das atividades, envolvendo os aspectos de arranjo físico e precedência de atividades, é possível reduzir os desperdícios presentes no sistema e atender a demanda do mercado.

**Palavras-chave:** Balanceamento de linha. Arranjo Físico. Produção Enxuta.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1. JUSTIFICATIVA .....	14
1.2. OBJETIVOS .....	14
1.2.1. Geral.....	14
1.2.2. Específicos .....	14
1.3. METODOLOGIA.....	15
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
2.1. ARRANJO FÍSICO .....	17
2.1.1. <i>Layout</i> Posicional.....	18
2.1.2. <i>Layout</i> por Produto .....	18
2.1.3. <i>Layout</i> por Processo.....	19
2.1.4. <i>Layout</i> Celular.....	20
2.1.5. <i>Layout</i> Misto .....	21
2.2. TIPOS DE PROCESSOS .....	22
2.2.1. Processos de Produção por Projeto .....	22
2.2.2. Processo de Produção por <i>Jobbing</i> .....	23
2.2.3. Processo de Produção por Lotes.....	23
2.2.4. Processo de Produção em Massa .....	23
2.2.5. Processos Contínuos.....	23
2.3. TIPOS DE SERVIÇOS .....	24
2.3.1. Serviços Profissionais.....	24
2.3.2. Loja de Serviços .....	24
2.3.3. Serviços em Massa .....	24
2.4. TÉCNICAS E FERRAMENTAS PARA PROJETO DE LINHA DE PRODUÇÃO	
25	
2.4.1. Balanceamento de Linha .....	25

2.4.2.	Cronoanálise.....	27
2.4.3.	Heurísticas para Balanceamento de Linha .....	30
2.4.4.	PERT/CPM ( <i>Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method</i> )	30
2.4.5.	Método do Diagrama de Precedência (MDP) .....	31
2.4.6.	Método do Diagrama de Setas (MDS) .....	32
2.4.7.	Diagrama de Processo .....	32
2.5.	TEORIA DAS RESTRIÇÕES .....	33
2.6.	SISTEMA <i>KANBAN</i> .....	35
2.7.	DESENVOLVIMENTO DE FORNECEDORES E PARCEIROS .....	36
2.7.1.	Sete Características da Parceria com Fornecedores .....	39
2.7.2.	Pensamento <i>Lean</i> .....	41
2.8.	MÉTODO <i>DMAIC</i> .....	44
2.9.	<i>SOFTWARE</i> DE SIMULAÇÃO .....	44
2.9.1.	Arena.....	44
<b>3.</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>47</b>
3.1.	DEFINIR .....	47
3.2.	MEDIR.....	48
3.3.	ANALISAR.....	55
3.4.	MELHORAR .....	57
3.4.1.	Outras Melhorias .....	58
3.4.2.	Novo Balanceamento de Linha.....	59
3.5.	CONTROLAR.....	63
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>64</b>
<b>5.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>66</b>

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro Explicativo Posto a Posto .....	47
Quadro 2 - Parâmetros Para Cálculo De Números De Medições .....	52
Quadro 3 - Cálculos Do Tempo Padrão .....	52
Quadro 4 - Parâmetros Calculados .....	53
Quadro 5 - Metodologia 5W2H.....	57
Quadro 6 - Novos Parâmetros Calculados.....	62

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Taxa De Utilização Dos Postos De Trabalho Na Situação Inicial .....	54
Gráfico 2 - <i>Takt Time</i> e Tempo Por Posto De Trabalho Antes Da Proposta .....	54
Gráfico 3 - <i>Takt Time</i> e Tempos Por Posto De Trabalho Após Proposta .....	62
Gráfico 4 - Taxa De Utilização De Tempo Dos Postos Após Propostas .....	63

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo De Um Novo Arranjo Físico Posicional Para Salas De Cirurgias Em Um Hospital. ....	18
Figura 2 - Exemplo <i>Layout</i> Por Produto (Em Linha).....	19
Figura 3 - Exemplificação Do <i>Layout</i> Por Processos.....	20
Figura 4 - Exemplificação <i>Layout</i> Celular.....	21
Figura 5 - Exemplo Arranjo Misto, Com A Combinação De Quatro Tipos De Arranjos Clássicos.....	22
Figura 6 - Relação De Volume X Variedade Entre Processos E Serviços. ....	25
Figura 7 - Diagrama De Precedência. ....	31
Figura 8 - Diagrama De Setas.....	32
Figura 9 - Simbologia Usada Na Construção De Um Diagrama De Processo. ....	33
Figura 10 - Representação Do Sistema <i>Kanban</i> .....	36
Figura 11 - Hierarquia De Parceria Com Fornecedores. ....	39
Figura 12 - Relação <i>Lean</i> .....	41
Figura 13 - Área De Trabalho Arena. ....	45
Figura 14 - Layout Atual Do Processo.....	48
Figura 15 - Diagrama Geral Do Processo ....	49
Figura 16 - Representação Do Sistema Produtivo No Arena ....	53
Figura 17 - Esquematização Dos 5 Porquês.....	56
Figura 18 - Proposta De Layout ....	59
Figura 19 - Desenho Das Plataformas Propostas ....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores De $d_2$ .....	29
Tabela 2 - Características Do Desenvolvimento Enxuto .....	43

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Diagrama De Processo Posto 1 e 2.....	70
APÊNDICE B – Diagrama De Processo Posto 3.....	71
APÊNDICE C – Diagrama De Processo Posto 4.....	72
APÊNDICE D – Diagrama De Processo Posto 5.....	73
APÊNDICE E – Diagrama De Processo Posto 6.....	74
APÊNDICE F – Diagrama De Processo Posto 7.....	75
APÊNDICE G – Desenho Técnico Plataforma Proposta.....	76

## 1. INTRODUÇÃO

Desde meados do século XX, o setor automotivo tem gerado resultados muito satisfatórios e inspirado o desenvolvimento rápido das organizações. Podem ser encontradas diversas marcas de veículos que todo ano lançam novos produtos, buscando maneiras para superar os seus concorrentes e conquistar uma maior representatividade no mercado (SIEGLER, 2016). Esses lançamentos são conduzidos por grandes projetos e por um uso intensivo de recursos e ferramentas que permitem o alcance de um objetivo comum, agregando competitividade ao negócio. São processos inovadores, com altos investimentos, longos prazos e que muitas vezes envolvem mudanças nas culturas organizacionais das empresas, com foco no atendimento das especificações e necessidades dos clientes, além de inovações tecnológicas (FLIGENSPAN & CALANDRO, 2002).

Entretanto, para que um produto seja lançado, é necessário que haja um planejamento rigoroso, com equipes técnicas eficientes que possam realizar a estruturação de atividades, desde modificações na linha produtiva de uma indústria até novas implementações em processos administrativos e assistência técnica. Um bom gerenciamento de projetos possibilita utilizar todos os recursos disponíveis, da forma mais eficiente e eficaz possível, para atingir o objetivo dentro do prazo, prevenir eventuais riscos nos processos internos e externos, examinar detalhadamente a proposta e manter o envolvimento da equipe para garantir o sucesso do que está sendo desenvolvido (CARPES JR, 2014). Dessa forma, é preciso ter em mente que um projeto é baseado em esforço temporário pilotado por pessoas, com início, meio e fim nitidamente estabelecidos, visando criar um novo produto, processo ou serviço que respeite os preceitos de tempo, custo e qualidade (MENEZES, 2018).

Nessa perspectiva, este trabalho visou realizar um estudo, na área de projetos de processos, em uma grande multinacional automotiva que possui uma atuação inovadora e marcante no mercado Latino Americano.

## 1.1. JUSTIFICATIVA

O trabalho aqui apresentado é fundamentado pela necessidade de agregar competitividade e valor aos processos e produtos da organização, de forma que seja possível atender ao *takt time*. Abordar esse assunto é indispensável para o sucesso da organização, pois com uma linha de produção sem um equilíbrio na utilização dos recursos, pode-se gerar custos não planejados e comprometer a viabilidade do projeto.

Ademais, um arranjo físico bem planejado permite que o sistema produtivo utilize de melhor maneira os recursos disponíveis, permitindo que a linha de produção tenha uma dinâmica eficiente e desempenho contínuo.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Geral

Realizar uma proposta de um projeto de arranjo físico e balanceamento de linha de produção, visando apresentar uma alternativa que proporcione melhores taxas de utilização dos postos de trabalho e um ritmo de produção regular que permita atender a demanda.

### 1.2.2. Específicos

- a) Elaborar modelo de simulacao do processo no *software* Arena;
- b) Elaborar diagramas de processo para os postos;
- c) Elaborar gráficos de tempo de operação e definir *takt time*;
- d) Elaborar gráficos de taxa utilização do tempo dos postos;
- e) Propor melhorias a partir da análise de causas do não cumprimento da demanda esperada;
- f) Propor melhorias no arranjo físico atual.

### 1.3. METODOLOGIA

Este trabalho foi baseado na metodologia pesquisa-ação, que consiste na participação ativa dos pesquisadores, com propostas de intervenção na realidade social, se caracterizando, então, quanto aos fins, como intervencionista (VERGARA, 1998). O estudo foi realizado nas instalações de transformação de um veículo utilitário, um relevante projeto de uma empresa automobilística multinacional, um segmento industrial que motiva inovações e possui grandes oportunidades de pesquisa.

Realizou-se o projeto em duas etapas: a revisão bibliográfica e um estudo de caso. Na primeira etapa, realizou-se um levantamento teórico acerca dos assuntos de arranjo físico, tipos de processos e serviços, balanceamento de linha, diagramas de processo, teoria das restrições, pensamento *Lean*. Essas informações foram de fundamental importância para a caracterização do ambiente produtivo analisado, permitindo explorar o potencial do sistema. Além disso, técnicas de balanceamento da produção, ferramentas que auxiliam a gestão de processos, cronoanálise e simulação foram abordadas no trabalho em questão.

Na segunda parte, abordou-se as características do sistema produtivo e questões quantitativas. O estudo de caso foi estruturado utilizando-se o método DMAIC, permitindo ilustrar o passo a passo do estudo, desde os objetivos até os resultados alcançados. Nele, foi realizado um levantamento prévio de atividades da operação e tomada de tempos parciais referentes às atividades. Os dados coletados foram aplicados de acordo com a metodologia de cronoanálise que definiu parâmetros relevantes para o balanceamento, como, por exemplo, a partir de estatística, a quantidade de tomada de tempos que seja significativa para a definição aproximada dos tempos de ciclo, número de postos de trabalho e eficiência da operação.

Com essas informações estabelecidas, definiu-se o ritmo de produção e a reestruturação dos postos *versus* atividades, utilizando-se técnicas de fluxo de produção, cartas de processo, pensamento *Lean* e modelos de simulação, fundamentais para definir as alternativas de *layout*, balanceamento do sistema produtivo e redirecionamento de atividades entre os postos de trabalho. E, por fim,

foram elaborados gráficos para auxiliar na visualização da performance de cada posto de trabalho.

A proposta de balanceamento de linha foi realizada a partir dos dados da cronoanálise, utilizados conforme os conceitos e fórmulas representados na revisão bibliográfica. Após a realização da proposta e definição do número de postos de trabalho, construiu-se um novo modelo de *layout*, com as tarefas alocadas de maneira a suavizar os postos com gargalo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A crescente competitividade no setor automotivo se reflete na busca pela eliminação de perdas e um melhor aproveitamento de tempos e movimentos, com o objetivo de melhorar os níveis operacionais.

Nesse contexto, é possível notar que é preciso ter processos e atividades bem definidos, padronização dos tempos e que o espaço físico seja projetado para otimizar os processos. Portanto, o intuito deste capítulo foi sustentar teoricamente os temas de arranjo físico, cronoanálise, ferramentas de melhorias e gestão de processos, simulação e sistematização de experiências.

### 2.1. ARRANJO FÍSICO

Segundo Slack(2018), o arranjo físico é a primeira visão que observamos ao entrar em uma fábrica, porque ele determina a imagem da operação. O arranjo físico ou *layout* é criado a partir das definições de posicionamento dos recursos produtivos disponíveis (LAUGENI; MARTINS, 2015). Trata do aspecto visual, o sentido em que os recursos são transformados, sistematiza a segurança e a flexibilidade da operação (SLACK, 2018).

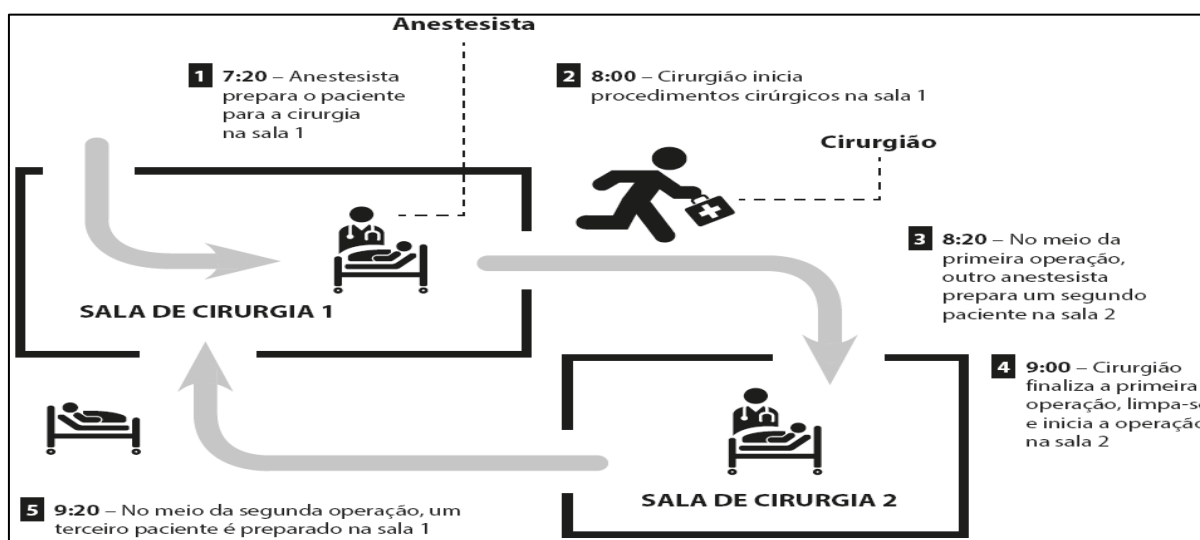
É notável que um *layout* eficiente pode gerar grandes economias na produção, pois aumenta a competitividade e melhora os resultados da organização (NEUMANN, 2015). Porém, se houver um planejamento incorreto, os fluxos de produção serão mais longos, podendo gerar grandes filas de materiais em espera, perda de tempo e insatisfação dos clientes (SLACK, 2018).

De acordo com Laugeni e Martins (2015), pode-se considerar cinco tipos de *layouts* como os principais: *Layout* Posicional, *Layout* por Produto, *Layout* por Processos, *Layout* Celular e *Layout* Combinado. A seguir, são apresentadas as principais características e aplicações de cada arranjo físico, bem como variações de nomenclatura e pontos importantes.

### 2.1.1. *Layout* Posicional

Pode ser denominado também por *Project Shop* ou *Layout* Fixo. Esse arranjo físico possui uma característica marcante: o produto que está sendo transformado permanece imóvel, geralmente por possuir grandes dimensões (NEUMANN, 2015). Os recursos transformadores ficam dispostos ao redor do que está sendo transformado, gerando grande flexibilidade para reagir sob mudanças nas especificações de projetos e produto (LAUGENI; MARTINS, 2015). A figura 1 apresenta um esquema de *layout* posicional, onde o recurso disponível, no caso o cirurgião, se desloca até o paciente e realiza suas atividades, ilustrando as características principais do arranjo em questão.

Figura 1 - Exemplo De Um Novo Arranjo Físico Posicional Para Salas De Cirurgias Em Um Hospital



Fonte: SLACK (2018).

O objetivo desse tipo de arranjo, conforme Neumann (2015), é melhorar a disposição dos recursos ao redor de produtos com grandes dimensões que passam por uma sequência de longas atividades e complexas.

### 2.1.2. *Layout* por Produto

Também conhecido por *Layout* em Linha ou *Flow Shop*, é orientado pela necessidade de organizar os recursos de transformação segundo uma sequência linear e obedecendo uma ordem de atividades (SLACK, 2018). É utilizado em

operações onde há pouca diversidade entre produtos e com grande volume (LAUGENI; MARTINS, 2015). Um exemplo desse tipo de arranjo físico é a linha de montagem de automóveis ou um programa de imunização em massa, conforme figura 2.

Figura 2 - Exemplo *Layout* Por Produto (Em Linha)



Fonte: Jacobs e Chase (2009).

Neumann (2015) mostra que o principal objetivo desse *layout* é buscar máxima eficiência da operação, aumentando a taxa de utilização do funcionário e da máquina, com algumas características particulares, como:

- Maiores taxas de produção;
- Menores custos unitários para grandes volumes produzidos;
- Simplificação do controle da produção.

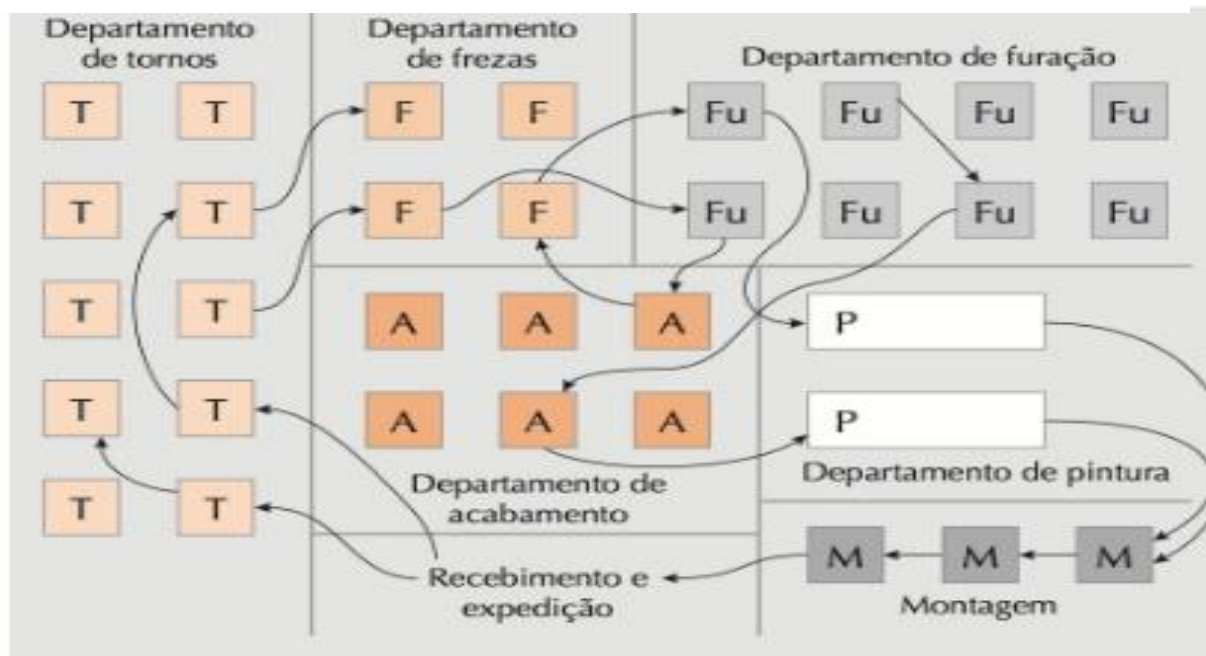
### 2.1.3. *Layout* por Processo

Pode ser chamado também de *Layout* Funcional ou *Job Shop* e consiste no agrupamento de processos semelhantes em uma área determinada. Essa decisão leva em consideração a rota que cada produto terá que seguir de acordo com a necessidade especificada, considerando que essa alta variedade gera pequenos lotes de produção (NEUMANN, 2015). Sobre esse *layout*, Laugeni e Martins (2015) registram que "todos os processos e equipamentos do mesmo tipo são desenvolvidos na própria área, e, ainda, operações ou montagens semelhantes são agrupadas em área específica". O material em transformação percorre um fluxo de acordo com o posicionamento do processo que está programado para sua operação.

Neumann (2015) cita a indústria metalomecânica como um exemplo de utilização do arranjo físico em questão. Nesse setor, as operações semelhantes costumam ser agrupadas em uma área específica para tornos, fresadoras, serras,

retíficas e ferramentaria. Na figura 3, é representado um modelo de arranjo físico por processos.

Figura 3 - Exemplificação Do *Layout* Por Processos



Fonte: Laugeni e Martins, (2015).

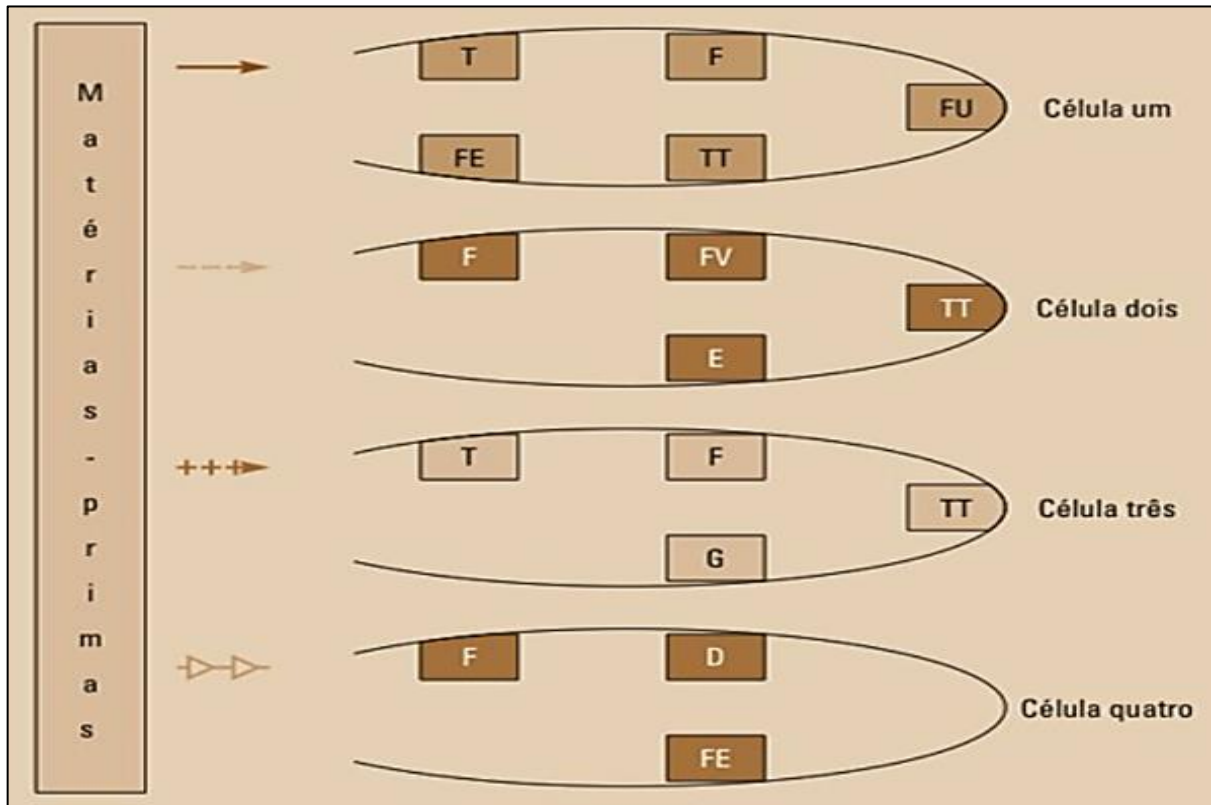
#### 2.1.4. *Layout* Celular

Nesse *Layout* o que está sendo transformado é iniciado na operação e, posteriormente, há uma seleção que direciona a qual rota de transformação o produto deve ser submetido. As diferentes rotas entregam o produto para uma célula específica, onde há um processamento interno organizado pela mistura de algum outro tipo de arranjo (SLACK, 2018). Indo além, Neumann (2015) sugere uma forma didática de tratar desse arranjo físico, onde cada célula pode ser vista como uma subunidade produtiva que recebe produtos de acordo com um grau de similaridade entre suas definições.

Um dos objetivos é gerar uma maior flexibilidade no processo, agrupando produtos e máquinas a partir do que há em comum, otimizando a operação e o dimensionamento do número de máquinas (NEUMANN, 2015). É visto também, redução no transporte de material e volume de estoques, conforme apresentam

Laugeni e Martins (2015). Na figura 4, é representado quatro células de um processo de produção.

Figura 4 - Exemplificação *Layout* Celular



Fonte: Jacobs e Chase (2009).

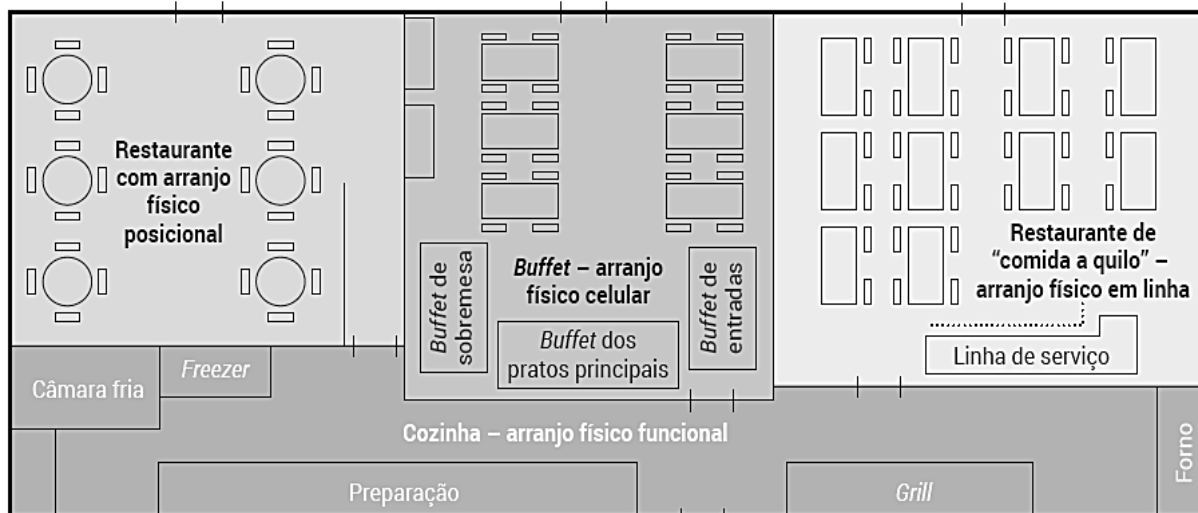
É preciso direcionar os esforços no planejamento de quais produtos agrupar e, dessa forma, propor células. Com isso, é possível atingir grande flexibilidade e integração da operação, maior controle e confiabilidade no sistema (NEUMANN, 2015).

#### 2.1.5. *Layout* Misto

Projetos de arranjos físicos que combinam características de alguns tipos básicos de *layout* são conhecidos como arranjos físicos híbridos (SLACK, 2018) e são utilizados como alternativa, quando os tipos clássicos não atendem às necessidades de uma empresa, seja por questões de volume ou variedade (NEUMANN, 2015). A

figura 5 exemplifica essa combinação de diversos arranjos físicos em um arranjo híbrido.

Figura 5 - Exemplo Arranjo Misto, Com A Combinação De Quatro Tipos De Arranjos Clássicos



Fonte: SLACK (2018).

## 2.2. TIPOS DE PROCESSOS

Quando se deseja realizar um desenvolvimento de projeto de fábrica, é necessário levar em consideração as formas de classificação dos processos de produção e tipos de serviços. Sendo assim, Neumann (2015) sugere que a relação de volume com a variedade dos bens e serviços deve ser critério de decisão nessa classificação.

### 2.2.1. Processos de Produção por Projeto

O fundamento desse tipo de processo é a rigorosa definição da sua duração, onde é definido claramente o início e fim das atividades (NEUMANN, 2015). O alto nível de variedade entre os produtos e um baixo volume faz com que esse processo seja longo e com muitas modificações ao longo do projeto, devido aos grandes níveis de customização (BIAGIO, 2015). Os recursos transformadores são alocados de forma específica, de acordo com os atributos individuais de cada projeto (SLACK, 2018).

### 2.2.2. Processo de Produção por *Jobbing*

Esse processo apresenta duas características muito fortes, no qual a primeira é referente ao baixo volume e, a segunda, referente ao alto grau de variedade entre os produtos (BIAGIO, 2015). De acordo com Slack (2018), os recursos transformadores e máquinas são compartilhados com outros *jobs*, ou seja, diversos itens podem compartilhar máquinas e equipamentos durante a transformação.

### 2.2.3. Processo de Produção por Lotes

Também conhecido por bateladas, são processos similares aos processos por *jobbing*, porém se divergem no nível de variedade e o grau de repetitividade aumenta, conforme o tamanho do lote (SLACK 2018). De acordo com Biagio (2015), quando há baixas quantidades nos lotes, é confundido com o processo por *jobbing* e, quando há altas quantidades nos lotes, pode ser confundido com a produção em massa. São usados equipamentos que podem ser compartilhados com todos outros produtos e possui um tipo de fluxo conhecido como intermitente, onde a produção ocorre em intervalos e após ajustes nas máquinas entre lotes de produtos muito diferentes (NEUMANN, 2015).

### 2.2.4. Processo de Produção em Massa

São processos que geram produtos com baixo grau de variedade e customização, porém é sempre produzido em grandes quantidades e operações previsíveis e com grande repetitividade (SLACK, 2018).

### 2.2.5. Processos Contínuos

De acordo com Neumann (2015), nesses processos as máquinas e equipamentos operam com mínima interrupção e sofrem alterações em fluxo contínuo até o fim do fluxo, ressaltando-se que é um processo pouco flexível. As características dos produtos são limitadas por baixa variedade e grandes quantidades. Em comparação com ao processo de produção em massa, apresenta menor variedade

(SLACK, 2018). Biagio (2015) cita a automatização do processo e a mínima interferência humana como características relevantes.

### 2.3. TIPOS DE SERVIÇOS

Os tipos de serviços são critérios decisivos na definição de uma operação, pois uma escolha coerente com o tipo de processo contribui para atender especificações programadas e não programadas de volume e variedade (NEUMANN, 2015).

#### 2.3.1. Serviços Profissionais

Os serviços profissionais possuem uma característica de alto nível de customização, devido ao alto grau de relacionamento com o cliente. Esse serviço é capaz de atender as necessidades e especificações de cada cliente em particular e, geralmente, é voltado para pessoas e não para máquinas (SLACK, 2018). Biagio (2015) adiciona que o processo é moldado para a melhor realização da prestação de serviço.

#### 2.3.2. Loja de Serviços

Esse serviço é caracterizado pelo compartilhamento de esforços de maneira equivalente tanto para o processo quanto para o produto, resultando em uma associação de pessoas e equipamentos (BIAGIO, 2015). Os níveis de relacionamento com o cliente, variedade e volume podem ser posicionados entre o mais alto grau e o menor grau, ou seja, níveis intermediários de acordo com a operação (SLACK, 2018).

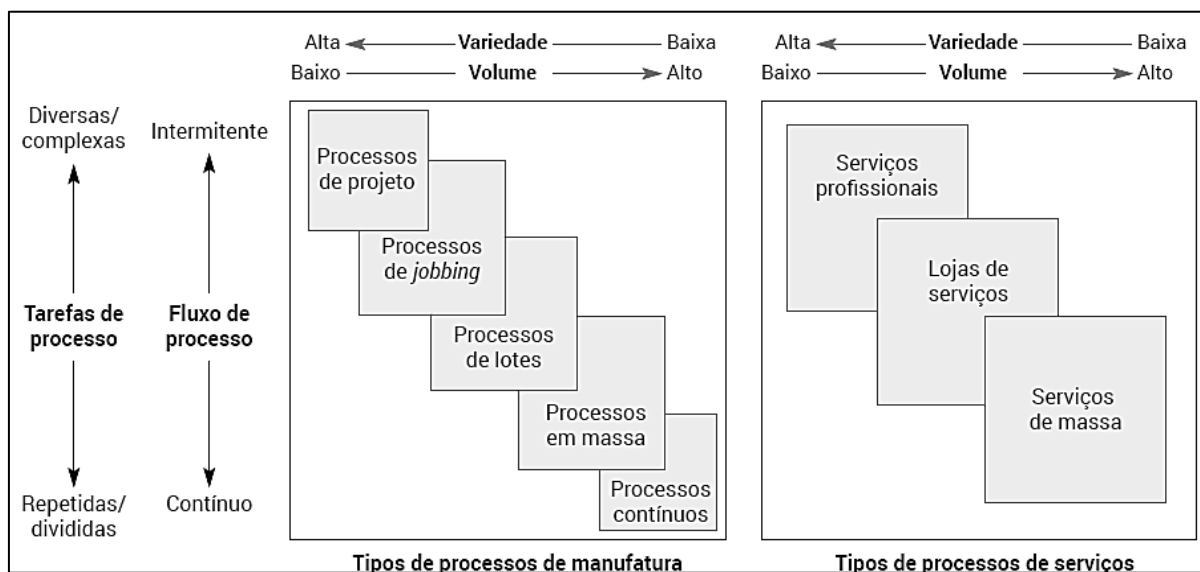
#### 2.3.3. Serviços em Massa

Os serviços em massa são caracterizados pelo curto contato com os clientes e, devido ao alto nível de rotatividade de clientes, é dirigido ao produto e não ao cliente (NEUMANN, 2015). Esse processo é baseado em fluxos e procedimentos muito bem definidos (SLACK, 2018). Uma característica importante é ressaltada por Biagio

(2015): esse serviço é distribuído entre os funcionários e, devido ao nível de padronização, há pouca independência na realização das atividades.

A figura 6 demonstra a relação dos assuntos descritos acima. É uma forma didática de como cada tipo de processo ou serviço está posicionado, conforme variedade e volume.

Figura 6 - Relação De Volume X Variedade Entre Processos E Serviços



Fonte: SLACK (2018).

## 2.4. TÉCNICAS E FERRAMENTAS PARA PROJETO DE LINHA DE PRODUÇÃO

### 2.4.1. Balanceamento de Linha

Laugeni e Martins (2015) registram que, com a utilização do balanceamento de linha, é possível melhorar os tempos das operações, garantindo assim uma boa distribuição das atividades nos postos. Neumann (2015) enfatiza que é um método capaz de dimensionar a capacidade da operação e adiciona os objetivos do balanceamento de linha como a definição da quantidade de estações de trabalho do sistema produtivo e definição das atividades posto a posto.

O primeiro estágio para a execução do balanceamento de linha é entender os conceitos básicos acerca desse método (LAUGENI; MARTINS, 2015):

- Tempo de Ciclo (TC) - representa o intervalo de tempo em que item a item é produzido em uma operação, ou seja, o ritmo em que a linha de produção deve operar.

$$TC \text{ (tempo de ciclo)} = \frac{\text{tempo disponível para a produção}}{\text{demanda total do período}} \quad (1)$$

- Número Mínimo de Operadores – é a quantidade de colaboradores necessários para o atendimento do TC, com número teórico encontrado por:

$$N = \frac{\sum \text{tempo de uma peça em cada posto}}{\text{takt time}} \quad (2)$$

De acordo com o Slack (2018), ao balancear a linha de produção, temos que calcular dois fatores, sendo um o *takt time* e o outro, a quantidade de postos de trabalho. O *takt time* é a razão do tempo disponível de produção pelo número de pedidos a serem processados nesse intervalo de tempo. E o número de postos de trabalho, que também é conhecido como número de estágios, é dado pela razão do total de tempo gasto para confecção de um produto sobre o *takt time*.

Slack (2018) registra que o gargalo é o ponto onde ocorre uma paralisação das atividades gerada pela falta de capacidade da estação de trabalho em atender uma carga de trabalho.

A eficiência do balanceamento de linha pode ser dada a partir da divisão do *Takt Time* com o tempo de ciclo.

$$e = \frac{\text{Takt Time}}{\text{tempo de ciclo}} \times 100 \quad (3)$$

#### 2.4.2. Cronoanálise

As empresas no mercado de trabalho buscam excelência em suas operações, utilizando menos recursos para a confecção de uma quantidade igual ou maior de produtos. Um desses recursos é o tempo gasto nas atividades relacionadas à linha de produção.

Taylor realizou a racionalização do trabalho operário, baseando-se no estudo de tempos e deslocamentos. Ele afirmou que o trabalho pode ser executado de forma mais eficiente e menos dispendiosa, caso seja dividido e subdividido todos os deslocamentos precisos para execução de cada atividade de uma determinada tarefa (JUNIOR *et al.*, 2015)

Para Costa *et al.* (2008), o estudo de tempos e deslocamentos traz a capacidade produtiva de uma linha de produção ou até mesmo do setor. Logo, é possível comparar a produtividade atual com a produtividade do estudo (JUNIOR *et al.*, 2015).

Anis (2010) afirma que é perceptível atividades voltadas à melhoria em busca de certificados, assim como programas de melhoria, todavia não é comum observar um foco na cronoanálise, a fim de se alcançar critérios reais, pois, na maioria das vezes, esses valores são extraídos do histórico da empresa.

Então, nessa perspectiva, pode-se afirmar que a cronoanálise é um método de calcular o tempo padrão através de meios estatísticos. Esse tempo abrange vários fatores, como velocidade do operador, necessidades fisiológicas e alívio da fadiga (REGINATO, 2016).

De acordo com o Programa Nacional de Qualificação de Chefias Intermédias – PRONACI (2003), a metodologia-base se baseia em quatro atividades que são observação, registro de dados, análise e proposta de novo modelo.

Dessa forma, Peinado e Graeml (2007) propõem alguns instrumentos para a coleta de tempo das atividades como cronômetro, máquina fotográfica, folha de observação e prancheta.

Para Júnior *et al.* (2015), o processo da coleta de tempo contém uma certa flexibilidade, mas ele sugere oito etapas que devem ser executadas na cronoanálise, que são:

- registrar informações sobre operação e o operador;
- dividir a operação em elementos;
- anotar o tempo gasto pelo operador;
- determinar o número de medidas a serem tomadas;
- avaliar o ritmo do operador;
- verificar se foi tomado tempo de um número suficiente de ciclos;
- estipular as tolerâncias;
- determinar o tempo padrão.

O número de ciclos representa quantas vezes o tempo de uma determinada tarefa tem que ser tomado. A determinação desse número é dada por uma prévia das coletas dos dados. Quanto mais tempos você colher previamente e menor for a amplitude dos tempos, menor será o número de ciclos. Onde:

$$NC = \left( \frac{Z \times R}{Er \times d_2 \times \bar{x}} \right)^2 \quad (4)$$

- NC = número de ciclos, valor que será determinado
- R = Amplitude dos dados
- Er = Erro relativo
- $\bar{x}$  = Valor Médio das Medidas
- $d_2$  = Coeficiente em função do número de cronometragens
- Z = Coeficiente de distribuição normal

De acordo com Júnior *et al.*, (2015) no valor Z, se costuma usar para um valor entre 90% e 95%, com o Z de 1,68, quando 90%, e 1,96, quando 95%.

Os valores de  $d_2$  são tabelados, conforme o quadro a seguir:

Tabela 1 - Valores De  $d_2$

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d_2$	1.128	1.693	2.059	2.326	2.534	2.704	2.847	2.970	3.078

Fonte: Peinado e Graeml (2007).

Onde o N aqui representa o número de tempos preliminares.

Barnes (1977) registra que a cadência do colaborador também tem que ser considerada e isso ocorre de forma subjetiva. Menezes (2010) afirma que, se o operador estiver num ritmo mais devagar, o tempo deverá ser ajustado para cima; caso o operador esteja em um ritmo mais acelerado, o tempo deverá ser ajustado para baixo.

Após determinar o número de tomadas de tempo suficientes para determinar o tempo das atividades, Peinado e Graml (2007) propõem que seja feita a estimativa de tempo através das duas equações abaixo:

$$TN = TC \times v \quad (5)$$

O Tempo Normal representado por TN, tempo cronometrado representado por TC e  $v$  como a velocidade do colaborador. A velocidade do operador é determinada subjetivamente pelo responsável pela análise dos tempos e movimentos.

Com o Tempo Normal, é necessário definir o tempo padrão de execução das atividades, representado por TP, conforme equação abaixo:

$$TP = TN \times FT \quad (6)$$

Onde FT é o fator de tolerância definido por:

$$FT = \frac{1}{1 - P} \quad (7)$$

Com P representado pela soma dos tempos de intervalos divididos pelo tempo disponível de trabalho.

#### 2.4.3. Heurísticas para Balanceamento de Linha

Métodos heurísticos são definidos por algumas estratégias simples que entregam a um resultado rápido e fácil, porém não representam uma solução ótima por não considerar parte das informações disponíveis (NEUMANN, 2015).

- Heurística do tempo de processamento: as operações com menor tempo são alocadas no fim, permitindo o preenchimento de tempos vazios entre operações de maior tempo. Consiste em distribuir as operações se limitando ao tempo de ciclo e às precedências.
- Heurística do número de sucessores imediatos: a partir de um diagrama de precedência, é preciso separar as atividades pela quantidade de atividades necessárias para sua execução e representar de forma decrescente. Além disso, é necessário verificar a dependência de atividades e preencher espaços de tempo com atividades que já têm suas restrições atendidas até chegar ao tempo de ciclo.

#### 2.4.4. PERT/CPM (*Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method*)

Segundo Neumann (2015), PERT/CPM "são técnicas de planejamento e controle de grandes projetos em que, a partir do escalonamento das diversas atividades, é possível montar gráficos e estudar o planejamento do projeto". E também é possível verificar a disponibilização de recursos transformadores precisos para a execução das atividades. Para Slack *et al.* (2013), com esse método é possível contribuir para a finalização do projeto dentro do prazo, pois as estimativas

probabilísticas de duração das atividades consideram situações otimistas, mais prováveis, pessimistas e a média.

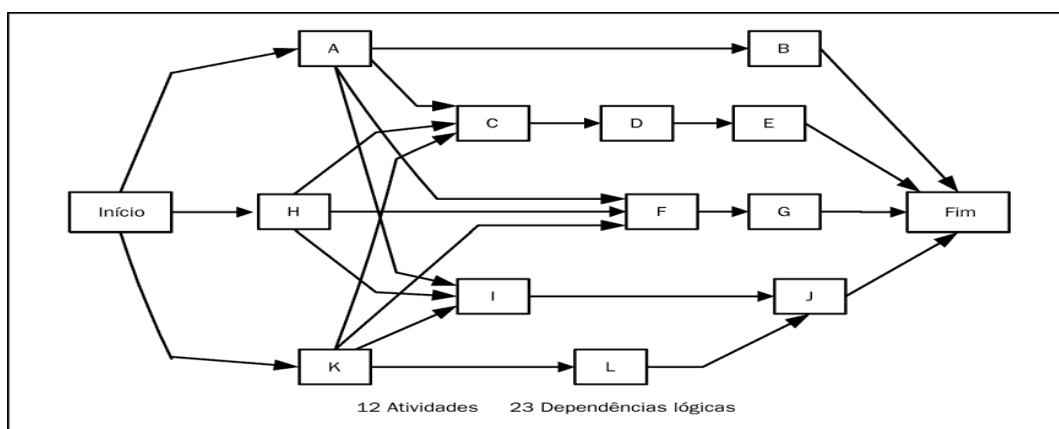
O método consiste da elaboração de redes de caminhos que representarão atividades e sequências, considerando tempos de execução de atividades e restrições de precedência. Para isso, é necessário considerar alguns conceitos (NEUMANN, 2015):

- caminho crítico: refere-se ao conjunto de atividades ligadas a uma ou mais atividades isentas de atrasos, isto é, atividades livres de folgas;
- folgas: aborda os tempos de paradas que antecedem atividades e é mensurado pela lacuna entre tempos de finalização tardios e cedo de cada atividade;
- prazo esperado do projeto: trata do maior tempo até o efetivo fim do projeto, seguindo as atividades da rede.

#### 2.4.5. Método do Diagrama de Precedência (MDP)

Consiste na elaboração de um diagrama de rede, representado na figura 7, capaz de representar o cronograma e atividades do projeto, onde os nós são equivalentes às atividades e as setas representam a sequência em que uma atividade deve obedecer (NEUMANN, 2015).

Figura 7 - Diagrama De Precedência

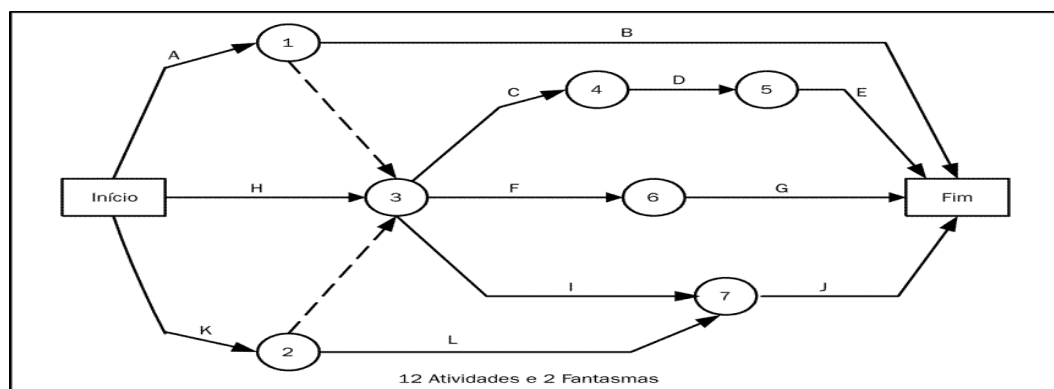


Fonte: Neumann (2015).

#### 2.4.6. Método do Diagrama de Setas (MDS)

Similar ao método anterior, porém a diferença surge na representação das atividades e dependências. Os nós representam as atividades que devem ser realizadas antes da atividade seguinte e as setas representam as atividades (NEUMANN, 2015). A figura 8 ilustra o diagrama de setas.

Figura 8 - Diagrama De Setas









Fonte: Neumann (2015).

#### 2.4.7. Diagrama de Processo

Conhecido também por carta de processo, é uma ferramenta interessante e de um alto nível de detalhamento de atividades, tempos e movimentos (NEUMANN, 2015). Para desenvolver esse diagrama é necessário representar cada atividade de acordo com a figura abaixo:

Figura 9 - Simbologia Usada Na Construção De Um Diagrama De Processo

FORMA	NOME	AÇÃO
	Operação	Agrega valor
	Espera/Atraso	Atraso/retenção
	Estocagem	Armazenamento formal
	Transporte	Movimenta itens
	Inspeção	Verifica defeitos
	Montagem	Operação dedicada

Fonte: Adaptado de Neumann (2015).

## 2.5. TEORIA DAS RESTRIÇÕES

A Teoria das Restrições (TOC) teve início com o físico Eliyahu Moshe no final dos anos 70, quando ele foi requisitado para ajudar uma empresa. O físico elaborou seu método de gerenciamento de produção ao perceber que a empresa em não apresentava métodos objetivos de gerenciamento. Com boas repercussões de seu método após implantação, o físico Eliyahu Moshe decidiu aprimorar ainda mais seu estudo a fim de disseminá-lo (SEGET, 2011).

A base lógica do TOC está relacionada com a correlação dos componentes de um sistema, onde as partes dependem umas das outras, e que o rendimento global está relacionado à performance do conjunto como um todo e não do rendimento individual isoladamente (GOLDRATT, 1994).

A premissa do TOC consiste que todo sistema de produção possui, pelo menos, uma restrição. De acordo com Corbett(1997), isso se deve ao fato de que, se não houver algum limitador no sistema, ele seria infinito, uma vez que nada iria impor resistência à evolução de performance.

Outra perspectiva forte da TOC se relaciona à melhoria de processo. Na visão tradicional, tem-se em mente que uma política de melhoria com foco em todas as fases do processo resultaria em um aumento de desempenho como um todo. A TOC apresenta outra perspectiva, mostrando que o investimento em melhoria já surtirá efeito, caso traga ganhos à meta da empresa (SEGET, 2011).

Holmes e Hendricks (2005) afirmam que a gestão da qualidade contribui para o corte de desperdícios e elevação do processo como um todo. Contudo a TOC tem uma visão oposta, pois defende que a atuação tem que ser no limitador da linha, não se prendendo com o resto dos processos. Tendo essa linha de raciocínio, otimizar um processo anterior à restrição sobrecarregaria ainda mais a restrição. E, caso fosse otimizado um processo posterior à restrição, não seria observado nenhum efeito, uma vez que teria que esperar o tempo da restrição do sistema para dar continuidade no fluxo de processo (SEGET, 2011).

Nessa perspectiva, a administração usual visa manter todos os equipamentos e colaboradores sempre trabalhando para manter a eficácia da linha de produção. A TOC busca manter a cadência de acordo com as restrições da linha e a eficiência, muitas vezes, pode não ser alcançada, mas as medidas operacionais e globais sofrem positivas influências (COX III, 2008).

Um problema que pode ocorrer na produção sincronizada diz respeito ao baixo inventário, onde qualquer pausa faz com que toda a linha pare. A fim de tratar esse problema da TOC, opta-se pela utilização do sistema Tambor-Pulmão-Corda (TPC), que diz respeito a um sistema de programação, de planejamento e controle da produção. O método TPC permite harmonizar a produção por meio do balanceamento de fluxo e não da capacidade individual dos recursos (SEGET, 2011).

O tambor trata da programação detalhada da restrição. Visto que todos os processos possuem imprecisões, uma proteção deve ser empregada para liberar os itens algum tempo antes do seu processamento na restrição. O tamanho do pulmão não é medido por quantidade de itens e sim por unidade de tempo, ou seja, quando maior agilidade de outros recursos, menor é o pulmão. A corda é o que assegura a liberação da quantidade certa de itens a serem processados pela restrição (COX III, 2008).

## 2.6. SISTEMA *KANBAN*

As primeiras indústrias surgiram durante a revolução industrial. Naquela época, a gestão de estoque de materiais era monitorado por pessoas que não agiam diretamente nas linhas de produção, o que ainda acontece na maioria das empresas. Isso faz com que as pessoas do sistema produtivo não precisem se atentar com os materiais necessários para o progresso do trabalho, pois tem o conhecimento de que alguém será o responsável em controlar os estoques desses materiais (AGUIAR; PEINADO, 2007).

Essa forma de operação pode ocasionar muitas peças sobrando perto do colaborador ou falta de peças, fazendo com que a produção pare. Observando esse sistema, temos clareza de que o estoque empurra a produção.

O mesmo autor ainda esclarece que o *kanban* teve sua criação quando um executivo japonês observou o sistema de abastecimento de prateleiras de um supermercado dos Estados Unidos da América. O executivo percebeu que os produtos estavam armazenados nas prateleiras e eram retirados pelo cliente de acordo com sua necessidade, e percebeu também que os produtos de maior demanda continham maior espaço destinado a eles.

Schonberg (1984) afirma que esse sistema pode ser implementado em qualquer instante não dependendo do nível do estoque, contudo se sua capacidade não for utilizada para encontrar não conformidades e aumentar a eficácia, o *kaban* estará sendo utilizado ineficiente.

O executivo japonês Taiichi Ohno concluiu que os clientes determinavam a hora de repor os produtos nas prateleiras, através de um controle visual, à medida que as prateleiras esvaziavam. Com essa metodologia de controle visual, a Toyota, em 1953, resolveu adotar o sistema de abastecimento do supermercado norte-americano, fazendo as devidas alterações para atender a linha de produção (AGUIAR; PEINADO, 2007).

O cartão *kanban* é o componente responsável por fazer a comunicação e o funcionamento de todo sistema. Cada contentor de estoque deve ter um cartão que será disposto em um quadro de controle visual à medida que o material for consumido. O quadro deve se encontrar no setor de produção do fornecedor do material (AGUIAR; PEINADO, 2007). De acordo com Moura (1989), o *kanban* é visto com bons olhos por ser barato e por ser de fácil aplicação, permitindo que qualquer empresa o implemente. Em seguida, apresentamos a representação de um quadro *kanban*.

Figura 10 - Representação Do Sistema *Kanban*

Produto	Kanban								
1	Red	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Green	Green
2	Red	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Green	Green
3	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green

Fonte: Elaborado pelos autores.

É importante destacar que há prioridade de produção de uma peça em relação às outras. Considerando que o consumo do produto 1 atinja primeiro a zona vermelha do quadro, ele terá prioridade de produção em relação aos produtos 2 e 3.

## 2.7. DESENVOLVIMENTO DE FORNECEDORES E PARCEIROS

Sabendo-se que a elaboração de novos produtos engloba também a criação de novos processos, ou aprimoramento de processos existentes, é totalmente inviável a empresa ficar refém de um único fornecedor. Caso o projeto se encontre na metade de seu percurso e um fornecedor essencial falhe, muito dinheiro terá sido desperdiçado, visto que congelaria o projeto por tempo indeterminado. Com isso, é importante sempre ter fornecedores alternativos que tenham potencial. Tendo isso em

mente, a Toyota tem em torno de 2 a 3 fornecedores para cada componente exclusivo (LIKER & MEIER, 2007).

Cabe ressaltar também que desenvolver um fornecedor e criar uma relação de benefícios mútuos é a chave elementar para atingir qualidade, integração das equipes, precisão do *Just-in-Time*, inovação, saúde financeira e uma parceria capaz de agregar vantagem competitiva.

Quando o fornecedor está bem alinhado com o objetivo da empresa, passa a ter um papel indispensável para a evolução da operação e dos produtos. Com essa atitude, cria-se uma forma de pensamento em que a empresa e seus fornecedores atuam em conjunto para encontrar oportunidades de eliminar problemas e desenvolver melhorias. As equipes são treinadas para resolver problemas de qualidade, para ter flexibilidade e precisão na operação e ter uma comunicação efetiva entre os setores. Esse conjunto de conceitos e benefícios contribuem para que o *Just-in-Time*, que promove a redução de estoques e resolução de problemas na cadeia de suprimentos, tenha sucesso e esteja conectado às cadeias mais estáveis (LIKER; MEIER, 2007).

Ao falar de desenvolvimento de fornecedores, temos que mesmo a Toyota sabendo que os preços das *commodities* vindas do oriente são mais baratos, pois sua mão de obra é de baixo custo, ela optou por investir intensamente em parcerias com fornecedores locais durante extensos períodos. Dessa forma, todo novo fornecedor deve passar pelos testes mais exigentes para provar que consegue fazer parte da rede de parceria. No ponto de vista da Toyota, fornecedores que possuem bom desempenho não são dispensados devido a alternativas de menores custos. Para entender a preferência da montadora em investir em parceria durante longas décadas ao invés de comprar as *commodities* mais baratas, é preciso entender a sua visão.

Liker e Meier (2007) elencam cinco parâmetros que auxiliam no entendimento e como as parcerias da Toyota são realizadas:

- a) O primeiro parâmetro que sustenta o ponto de vista japonês é a qualidade. Focar na qualidade do fornecedor acarreta custos mais baixos, uma vez que

custos em inspeção, retrabalho e garantia são postos à margem. Vale ressaltar que assim a confiabilidade do cliente com os produtos aumenta, uma vez que o produto não deixa a desejar;

- b) O segundo fator é a engenharia de produtos e a engenharia de processos. Para uma empresa sobreviver, os projetos dela têm que ter alta qualidade e os processos têm que ser precisos e flexíveis. A integração entre esses dois setores é de extrema importância, pois impactam a vida do produto, visto que os fornecedores fabricam os componentes, a fabricação de alta qualidade e o projeto pode ser realizado em melhor sinergia com eles ou por eles próprios;
- c) O terceiro ponto se trata do sistema *Just-in-time* que não só foca em redução de estoque, mas também expõe os problemas de forma que as pessoas possam resolver. É um sistema “frágil” da cadeia de suprimentos. E a Toyota estende esse sistema aos seus fornecedores, que passam a ser extensões de linha de montagem. Assim, a perda em qualquer ponto do fluxo de valor continua sendo perda e deve ser eliminada. Contar com fornecedores que não têm essa capacidade cria elos fracos na cadeia de valor, ou seja, é sempre bom buscar que todos os integrantes sejam fortes e preparados;
- d) O quarto ponto é a inovação, que é responsável pelo sucesso ao longo prazo da empresa. Nesse ponto, a Toyota estabelece alvos específicos para inovação para seus fornecedores, estabelecendo planos específicos em P&D, para disponibilizar tecnologias que a manterão na frente no mercado;
- e) O quinto parâmetro é a saúde financeira da rede. Mesmo que os fornecedores consigam entregar peças boas em *just-in-time* e oferecer reduções de preços, em algum momento ela será retirada do negócio e, caso não haja uma estabilidade financeira, a empresa tem a visão geral, como se todos os integrantes formassem um único integrante.

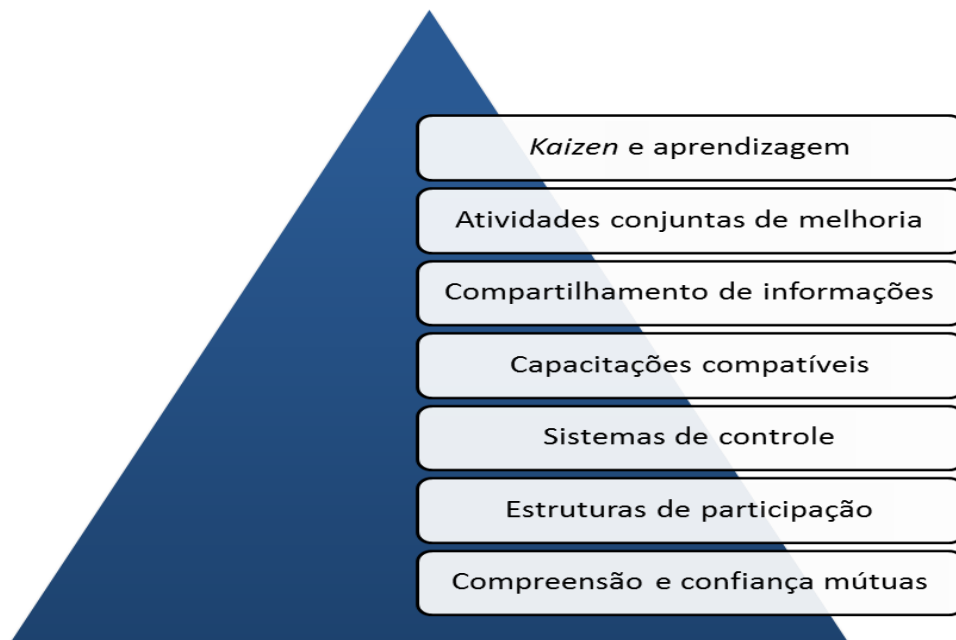
Amato Neto (2008) exemplifica que não se deve escolher um fornecedor apenas pelo preço acrescentando que, quando uma escolha é feita a partir desse parâmetro, algumas consequências podem ser esperadas, como a queda na qualidade e aumento de custos de retrabalho. Liker e Meier (2007) acrescentam também que desenvolver um fornecedor não consiste em simplesmente arrumar

empresas que podem fabricar as peças, pois o contato deve ir além e promover uma conexão cultural e um ambiente de comunicação confiante e transparente.

### 2.7.1. Sete Características da Parceria com Fornecedores

A seguir, são apresentadas sete características que devem ser desenvolvidas, quando se deseja criar uma relação duradoura e sustentável com um fornecedor (LIKER; MEIER, 2007). São descritas de baixo para cima, conforme a figura abaixo:

Figura 11 - Hierarquia De Parceria Com Fornecedores



Fonte: Adaptado de Liker e Meier (2007).

- Compreensão mútua

É a base das características, fundamentada pelo conceito Genchi Genbutsu (parte real, lugar real), que significa se deslocar diretamente até uma situação e se envolver para entender o que ocorreu. Essa atitude demonstra um comprometimento com a prosperidade de ambos os lados, estabelece confiança entre as partes e contribui para a criação de uma ligação de compreensão.

- Estruturas de participação

É a parte do estabelecimento de uma ligação forte entre os sistemas técnicos, sociais e culturais entre as partes envolvidas. É preciso contribuir para que os processos sejam interdependentes e que haja fontes paralelas, de forma que cada parceiro integralize o outro.

- Sistemas de controle

Composto por uma forma rígida de controle, a partir de sistemas de avaliação, estabelecimento de preço alvo e um modelo de gerenciamento de custos.

- Capacitações compatíveis

É baseado na criação de um programa de excelência em engenharia e excelência operacional.

- Compartilhamento de informações

É o compartilhamento de informações técnicas pautada na confiança entre as partes, indispensável para potencializar o desenvolvimento de produtos e atendimentos às especificações.

- Atividades conjuntas de melhorias

É motivar os fornecedores a aprender sobre os métodos enxutos e criar oportunidades de melhorias para os envolvidos, promover treinamentos e troca de experiências. Fundamentalmente, refere-se ao desenvolvimento do fornecedor e investimento nos parceiros, para que estejam alinhados a reduzir custos e aumentar a estabilidade nos níveis de qualidade e entrega.

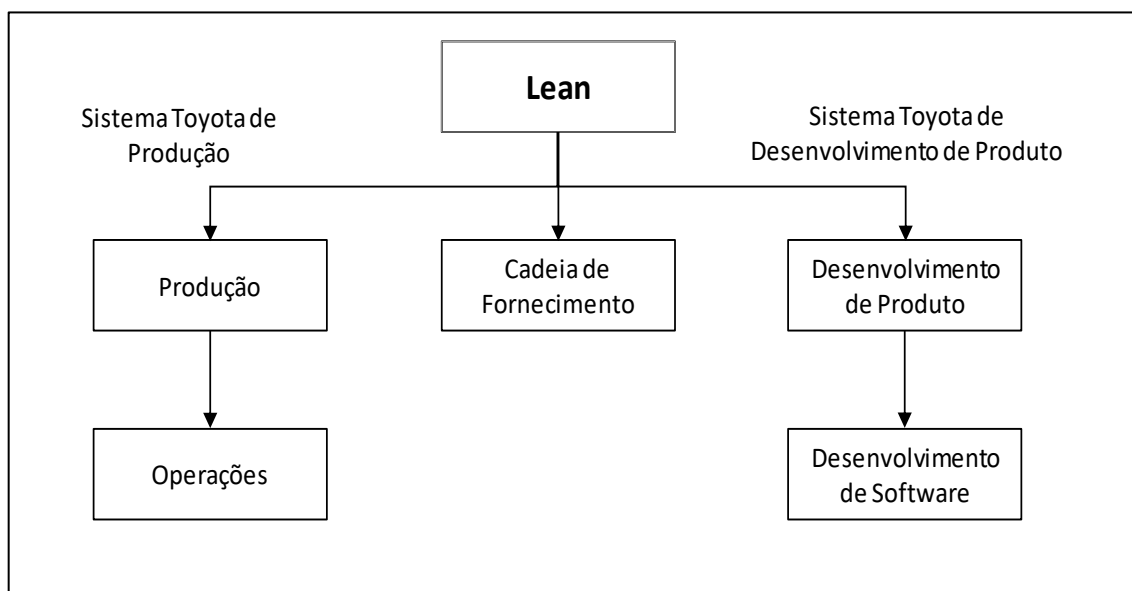
- *Kaizen* e aprendizagem

A extremidade superior da parceria com os fornecedores é a sólida fundamentação de processos padronizados e o desenvolvimento de aprendizagem em colaboração entre os parceiros e a empresa.

### 2.7.2. Pensamento *Lean*

A partir de 1990, o mundo passou a conhecer uma abordagem de produção chamada Produção Enxuta (*Lean Production*). A chegada desse conceito trouxe padrões de disciplina, eficiência e eficácia, visando agregar valor ao produto (POPPENDIECK, 2011). Para Machado (2006), essa mentalidade está relacionada com a palavra *Muda* – que, em japonês, está relacionada com desperdício. Especialmente faz alusão a alguma atividade que consome algum recurso e não converte em valor ao produto.

Figura 12 - Relação *Lean*



Fonte: adaptado de Machado (2006); POPPENDIECK (2011).

Segundo Dennis (2008), a *Muda* é composta por oito tipos de desperdícios, que representam uma grande oportunidade de melhoria e que devem ser retiradas do processo em questão.

- Movimento: é relacionado com o movimento desperdiçado por um colaborador ou um equipamento, movimentos que não precisam ser feitos e que, geralmente, estão relacionados com projetos ergonômicos com elaboração inapropriada;
- Espera: diretamente ligada ao tempo que um colaborador ou máquina deve esperar para que uma operação seja iniciada ou entregue, impactando diretamente o *Lead Time*, que é a soma do tempo de processamento e o tempo de retenção no sistema;
- Transporte: desperdício associado ao projeto ineficiente de *layout*, onde há uma movimentação que precisa ser feita, porém, há a necessidade de minimizá-lo;
- Correção: representada pela produção de itens e, posteriormente, pela necessidade de consertar itens defeituosos, incorrendo diretamente nos custos;
- Excesso de processamento: relacionado com a falta de uma sequência lógica de processamento;
- Estoque: é o desperdício de produzir quantidades a mais do que o necessário, onde os custos de manutenção de matérias-primas, peças e produtos em processo são aplicados sem necessidade;
- Excesso de produção: é vista pelo criador da metodologia *Lean*, como o desperdício que dá origem aos outros, e significa produzir itens que não serão vendidos, gerando altos custos que afastam a organização das metas;
- Conhecimento sem ligação: relacionado com a comunicação, onde há a falta de comunicação e relacionamento entre colaboradores, equipes, parceiros e fornecedores, impedindo que a informação flua e diminuindo oportunidades para que ideias criativas possam nascer.

Quando se aplica as metodologias *Lean*, o processo passa a criar conhecimento. Essa aplicação gera uma grande exploração das soluções pertinentes, focada na aplicação e experimentação de muitos protótipos e integração de componentes. Outro ponto importante é a questão da tomada de decisões, que é baseada em um alto grau de detalhamento das informações (POPPENDIECK, 2011).

Além disso, com foco principal no cliente, o *Lean* propõe uma intensa busca pela maior qualidade possível, menor custo possível e eliminação constante de desperdícios, sendo sustentados pela padronização, estabilidade e envolvimento das equipes (DENNIS, 2008).

Tabela 2 - Características Do Desenvolvimento Enxuto

<b>Desenvolvimento Enxuto</b>
Mudanças frequentes de produto
Prazos de desenvolvimento reduzidos
Informações reduzidas entre as etapas de desenvolvimento
Transferência frequente de informação preliminar entre as etapas de desenvolvimento
Um prazo reduzido requer folga de recursos e maior fluxo de informação entre as etapas de desenvolvimento
Adaptabilidade às mudanças em design de produto, cronograma e metas de custos
Uma ampla atribuição de tarefas para os engenheiros (desenvolvedores) resulta em maior produtividade
Foco na frequente inovação incremental e na melhoria contínua de produto e processo
Melhoria simultânea da qualidade, prazos de desenvolvimento e produtividade

Fonte: Poppendieck (2011).

A tabela 2 exemplifica alguns parâmetros importantes no desenvolvimento de produtos baseado na metodologia *Lean*, sendo orientada por duas dimensões principais: eliminar desperdícios e criar valor, devendo-se ter um processo dinâmico e com foco no cliente (MACHADO, 2006). O Desenvolvimento de Produtos seguido pela Toyota detém quatro elementos fundamentais. O primeiro deles é referente ao líder do projeto, que além de experiência deve ser capaz de criar todo o projeto e desenvolver um grande entendimento do mercado alvo. As pessoas envolvidas no projeto devem ser especialistas e dominar certos campos de atuação. Deve haver um calendário de desenvolvimento que seja claro quanto à sincronização das atividades e prazos. E, por fim, é preciso ter cuidado na tomada de decisões, não sendo recomendado adiantá-las, de maneira que o amadurecimento das informações seja aproveitado e a decisão seja tomada com base nas melhores informações possíveis (POPPENDIECK, 2011).

## 2.8. MÉTODO *DMAIC*

O *DMAIC*, em português, significa Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, e é uma metodologia aplicada para resolução de problemas. É um ciclo que funciona a partir do roteiro definido por cada letra de seu nome. Geralmente é aplicado em projetos *Six Sigma*, que são desenvolvidos para maximizar a performance de processos e eliminar defeitos (TOLEDO, 2017).

Slack (2013) enfatiza o modo intuitivo de execução do modelo e descreve o ciclo de atividades:

- Definir: etapa dividida por definir o problema e entendê-lo, bem como metas a atingir;
- Medir: consiste da comprovação de que o problema realmente está presente no processo e definir quais parâmetros serão medidos;
- Analisar: é o momento de identificar as causas raízes dos problemas;
- Melhorar: desenvolvimento de soluções para eliminar as causas raízes, testes e formalização dos resultados;
- Controlar: tornar o processo sustentável quanto ao nível de estabilidade do sistema e de melhoramento.

Para Jacobs e Chase (2009), a aplicação da metodologia *DMAIC* é focada em entender o que o cliente deseja, sendo considerada uma das chaves para rentabilidade em um processo de produção.

## 2.9. SOFTWARE DE SIMULAÇÃO

### 2.9.1. Arena

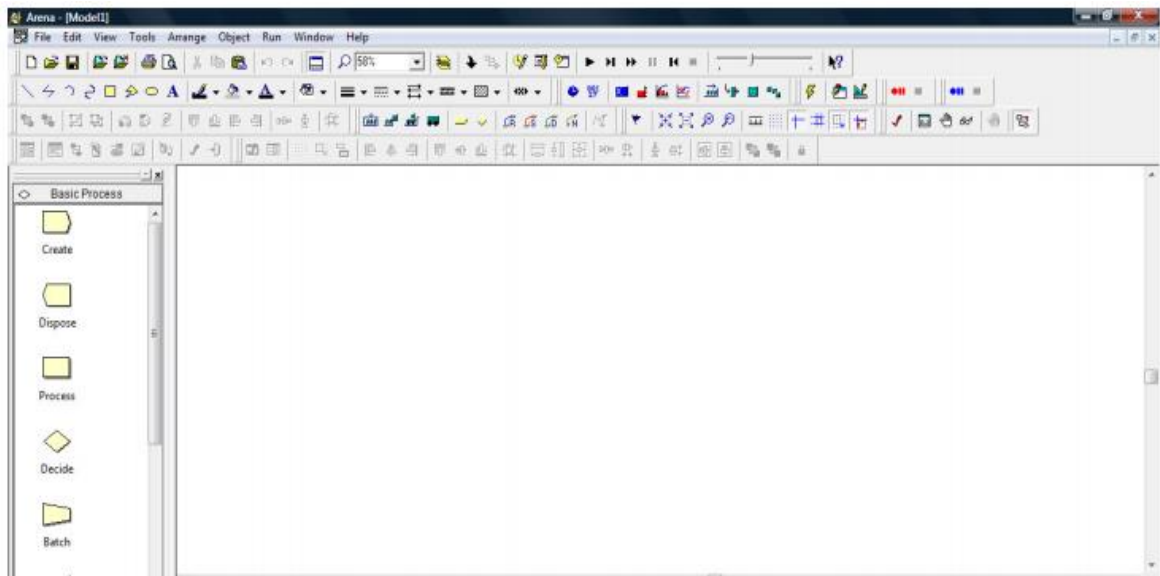
O Arena é um sistema de modelamento do *Systems Modeling Corporation*. É uma ferramenta flexível e poderosa capaz de permitir ao analista criar modelos de simulações animados que representam virtualmente qualquer sistema. O *software* foi

lançamento em 1993 e emprega um *design* inteiramente baseado em modelos gráficos. A construção da simulação se baseia na colocação de objetos gráficos, chamados de módulos, no *layout* do programa, a fim de definir os componentes dos sistemas como máquinas, operadores e dispositivos de manipulação. O *software* é baseado na linguagem de simulação SIMAN (TAKUS, 1997).

A grande vantagem do *software* se baseia no fato de ser muito intuitiva sua utilização, não requisitando conhecimento aplicado em linguagens de programação. Isso ocorre pelo fato da modelação ser hierárquica, permitindo a qualquer instante utilizar a linguagem base SIMAN através de um conjunto com os módulos já existentes no programa (FERNANDES, 2012).

Abaixo segue uma figura que contempla as áreas do *software*.

Figura 13 - Área De Trabalho Arena



Fonte: Elaborado pelos autores.

A área de trabalho é o espaço onde os módulos serão distribuídos para representação do sistema em estudo e a área de planilha mostra os parâmetros de cada módulo, quando selecionados, que podem ser editados.

Feita a simulação, o programa abre uma janela com resultados, nos quais, em uma rápida análise, podemos obter parâmetros de utilização dos recursos, tempo de

espera da entidade na fila e tempo gasto da entidade no processo, sendo esses, parâmetros importantes para o nosso estudo de balanceamento de linha.

### 3. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado numa montadora multinacional, que começou a desenvolver um novo modelo de negócio para aumentar e abranger sua participação de mercado na América Latina. Trata-se de um projeto de transformação de veículos utilitários leves em veículos utilitários de transporte comercial, agregando valor ao produto e explorando o mercado de veículos comerciais. O trabalho está estruturado segundo a metodologia *DMAIC*, apresentado a seguir.

#### 3.1. DEFINIR

Durante o projeto, o *Takt Time* sempre foi um parâmetro a ser explorado, buscando-se atender à demanda e padronizar a operação. O problema do sistema produtivo é caracterizado pelo não cumprimento do nível de produção esperado para determinado período, ou seja, perdas de produção. O objetivo de *Takt Time* do projeto é de 2,1h que se obtém a partir da razão do tempo disponível de trabalho pela demanda que se deseja obter, esse parâmetro diz como deve ser o ritmo de produção para que a demanda seja atendida.

O quadro 1 foi elaborado para ilustrar a caracterização dos níveis de modificações realizadas na linha de transformação.

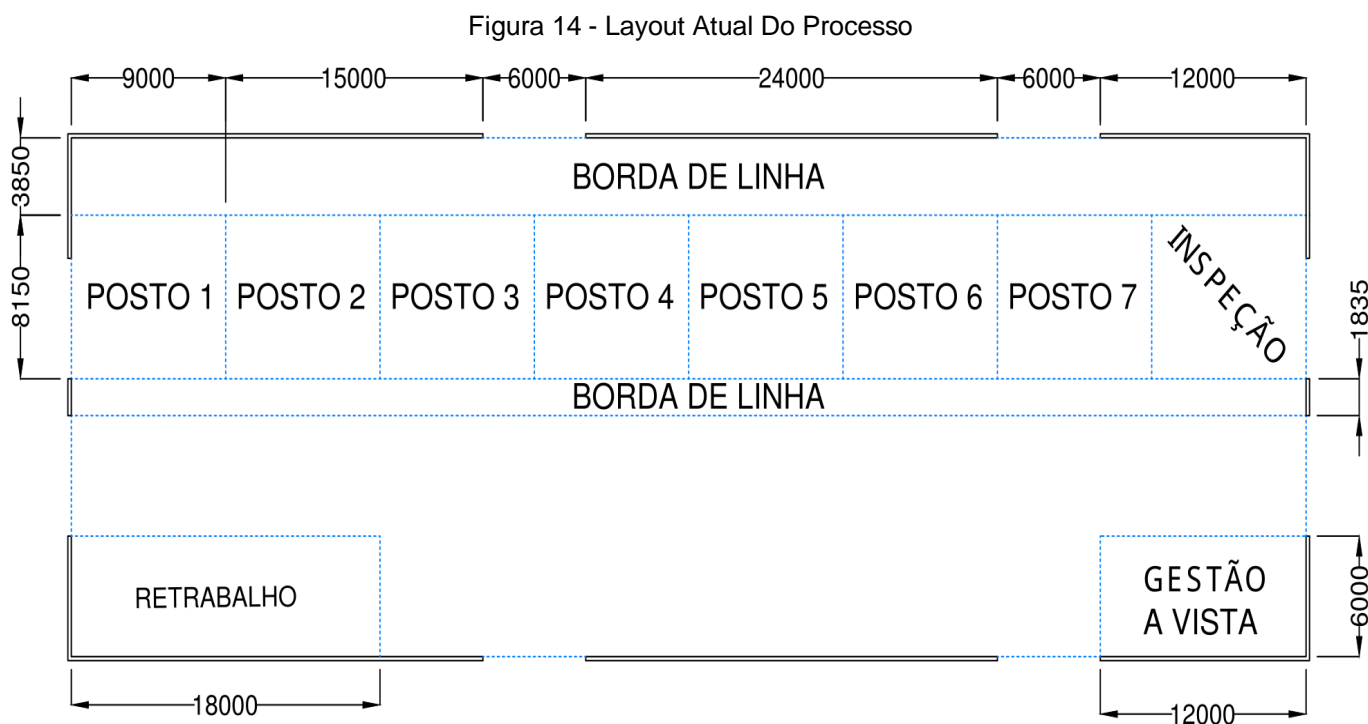
Quadro 1 - Quadro Explicativo Posto a Posto

LINHA DE TRANSFORMAÇÃO	
Associação do Nível de Modificação e Transformação	
Nível 0	Veículo Sem Modificações
Nível 1	Modificações na Carroceria (laterais)
Nível 2	Modificações na Carroceria (superiores)
Nível 3	Modificações Internas A
Nível 4	Instalação de Acessórios
Nível 5	Modificações Carroceria (inferiores)
Nível 6	Modificações Internas B
Nível 7	Modificações Exteriores e Aspecto

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.2. MEDIR

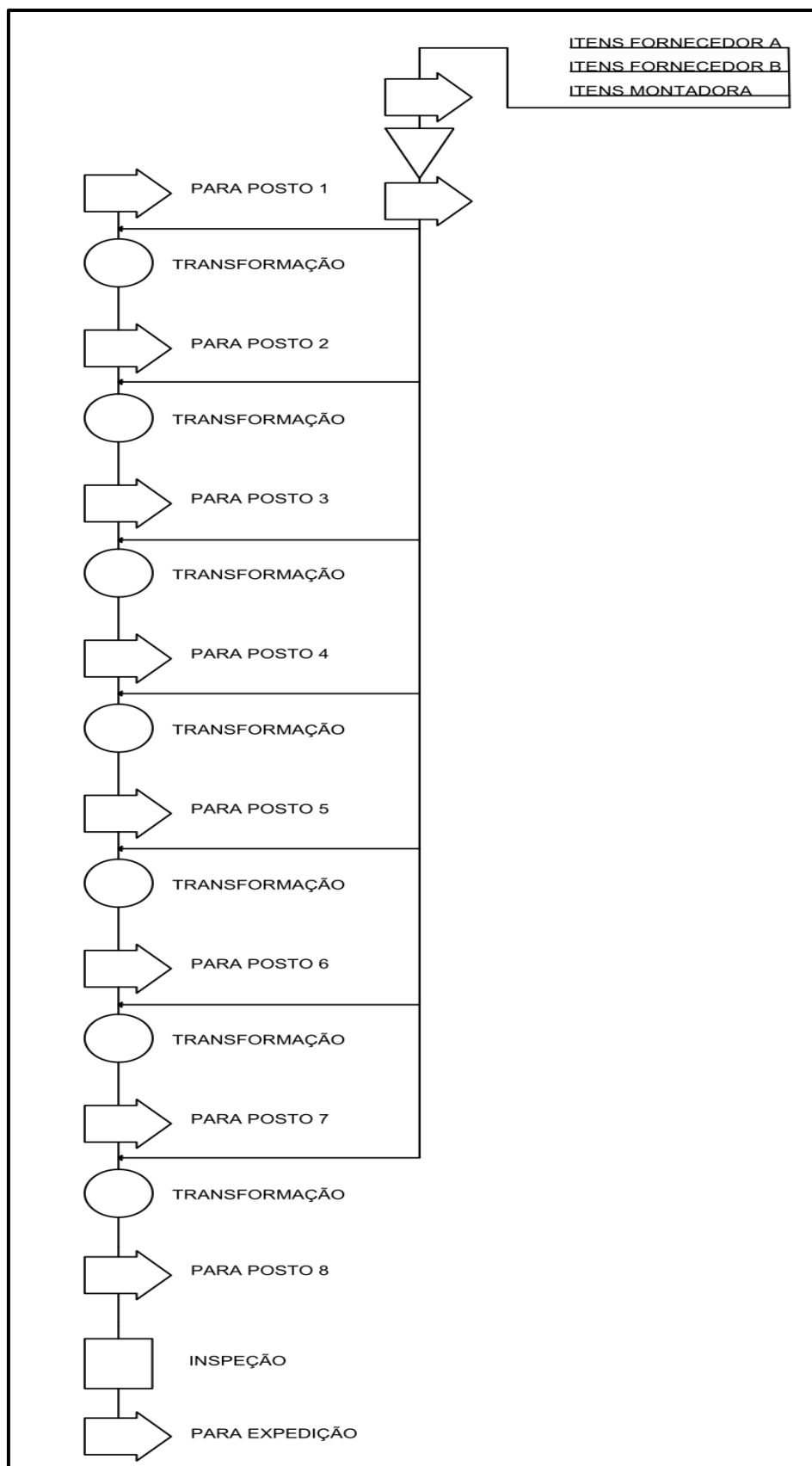
Para caracterizar e ilustrar o arranjo físico do processo estudado, foi elaborada a figura 15.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após isso, elaborou-se oito diagramas de processo, sendo um do processo completo e o restante de cada um dos postos de trabalho, que podem ser visualizados nos Apêndices A, B, C, D, E e F. Por questões de privacidade da empresa pesquisada, no diagrama do processo por posto de trabalho, foram alteradas as designações das atividades, sendo substituídas por uma nomenclatura alternativa, porém ainda seguindo o fluxo e precedência das atividades. Abaixo, na figura 18, é apresentado o diagrama de processo que aborda o processo de transformação completo, evidenciando movimentações do que está sendo transformado e de suprimentos para as operações.

Figura 15 - Diagrama Geral Do Processo



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com o processo caracterizado, é importante mencionar que a linha de transformação conta com a prestação de serviços de parceiros, responsáveis pelas transformações e alimentação da cadeia de suprimentos. A figura 16 descreve o processo de forma geral, na seguinte ordem:

- Posto 1: um veículo sem modificações é movimentado para o Posto 1, onde ocorre um processo de proteção do veículo e modificação nas laterais da carroceria, onde o veículo ficará até finalizar a modificação de nível 1;
- Posto 2: o veículo anterior é movimentado para o Posto 2, onde é realizada a modificação na parte superior da carroceria, com o auxílio de uma plataforma que permite o acesso ao teto do veículo e, após o término das atividades, o veículo avança para o próximo posto com a modificação nível 2 finalizada;
- Posto 3: com o veículo da operação anterior posicionado no Posto 3, é realizada a modificação do tipo A no interior do veículo e ocorre a instalação de um acessório específico no veículo, atribuindo ao veículo a modificação de nível 3;
- Posto 4: nesse posto, com o veículo anterior posicionado no Posto 4, ocorre a instalação de alguns dispositivos na parte interna e, ao fim instalação, a modificação de nível 4 está completa e o veículo avança para o próximo posto;
- Posto 5: o veículo anterior é movimentado para o Posto 5, onde é realizada a modificação da parte inferior da carroceria e o veículo ficará nesse posto até finalizar a modificação de nível 5;
- Posto 6: com o veículo anterior nesse posto, são realizadas modificações internas do tipo B, caracterizando a modificação de nível 6;
- Posto 7: e, por fim, com todas as modificações anteriores finalizadas, é realizada a modificação exterior do veículo, tais como aspecto e instalações externas, finalizando a modificação de nível 7 e finalizando o produto.

Para realizar o diagnóstico da capacidade do processo atual e atender a demanda, de acordo com as estratégias abordadas no estudo, as seguintes variáveis foram determinadas na avaliação do processo:

- Tempo de operação dos postos;
- Tempo de ciclo;
- Taxa de utilização dos postos;
- Produção por turno.

A medição dos itens acima foi realizada através da aplicação da metodologia de cronoanálise, diagnóstico do balanceamento de linha e simulação no *software Arena*.

A cronoanálise foi aplicada seguindo-se o procedimento de coleta de tempos preliminares e foi realizada a verificação dessas tomadas de tempo, para garantir que os resultados eram estatisticamente aceitáveis.

O quadro a seguir mostra todos os parâmetros que foram levados em consideração para o cálculo de número de medições necessários, de acordo com a fórmula 4. O “Z” com valor de 1,65 representa um nível de confiança de 90%. O “R” representa a amplitude das amostras de cada posto. O erro relativo (Er) adotado em relação às amostras foi de 10%. O “D2” refere-se a um valor tabelado de acordo com a quantidade de tempos de cada posto. E, por último, temos a média da amostra de cada posto de trabalho. Adotando a fórmula citada na revisão bibliográfica, temos os resultados de cada posto, representados na última coluna.

Por exemplo, para o Posto 1, o cálculo foi realizado de acordo com a fórmula 4 e é descrito abaixo na equação:

$$NC = \left( \frac{1,65 \times 0,367}{0,1 \times 2,059 \times 1,675} \right)^2 = 4 \text{ medições}$$

Quadro 2 - Parâmetros Para Cálculo De Números De Medições

POSTOS DE TRABALHO	Número de Operadores	Z	R	Erro Relativo	D <sub>2</sub>	Média	Número de medições
Posto 1	2	1,65	0,367	0,100	2,059	1,675	4,0
Posto 2	1		0,917		2,326	3,500	4,0
Posto 3	2		0,330		1,128	3,500	2,0
Posto 4	3		0,070		1,128	1,860	1,0
Posto 5	2		0,100		1,128	1,960	1,0
Posto 6	2		0,030		1,128	1,883	1,0
Posto 7	2		0,420		2,059	1,875	4,0

Fonte: Elaborado pelos Autores.

E, de acordo com as fórmulas 5, 6 e 7, onde o FT foi calculado a partir da informação cedida pela empresa com um tempo de intervalo de 11 minutos em relação ao tempo disponível por turno, elaborou-se o quadro abaixo:

Quadro 3 - Cálculos Do Tempo Padrão

OPERAÇÃO	MÉDIA	v	TN	FT	TP
Posto 1	1,667	1	1,667	1,023	1,705
Posto 2	3,500	1	3,500	1,023	3,581
Posto 3	3,500	1	3,500	1,023	3,581
Posto 4	1,867	1	1,867	1,023	1,909
Posto 5	1,967	1	1,967	1,023	2,012
Posto 6	1,883	1	1,883	1,023	1,927
Posto 7	1,867	1	1,867	1,023	1,909

Fonte: Elaborado pelos autores

O diagnóstico do balanceamento de linha foi realizado por meio dos cálculos do *Takt Time* e eficiência de balanceamento, fórmulas 1 e 3, utilizando-se o TP de cada posto descrito no quadro 3, cujos resultados são apresentados abaixo:

Quadro 4 - Parâmetros Calculados

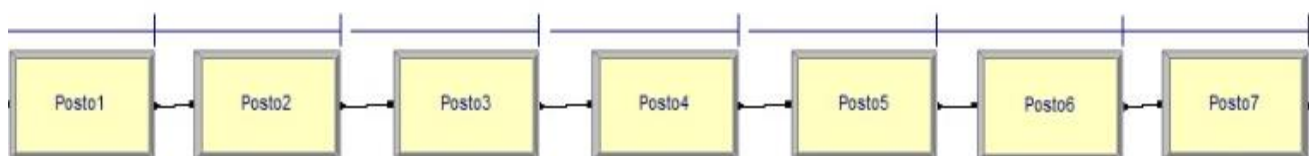
Tempo de trabalho por Turno (horas)	Demanda de unidades produzidas por Turno	Takt Time (hora)	Tempo de Ciclo (hora)	Eficiência da Linha Produtiva Inicial
8,4	4	2,10	3,57	59%

Fonte: Elaborado pelos Autores

No quadro 4, a demanda de unidades produzidas por turno foi um dado informado pela empresa e, com a interpretação dos cálculos, é possível verificar que o processo atual apresenta uma baixa eficiência.

Com esses resultados, elaborou-se um modelo do sistema produtivo atual a partir da interface gráfica do *software* Arena, onde foi possível avaliar a situação atual da taxa de utilização do tempo disponível em cada posto de transformação. A partir da avaliação desse parâmetro, é possível identificar quais postos estão sendo subutilizados, ou seja, postos que poderiam ter seus tempos aproveitados de uma maneira mais eficiente.

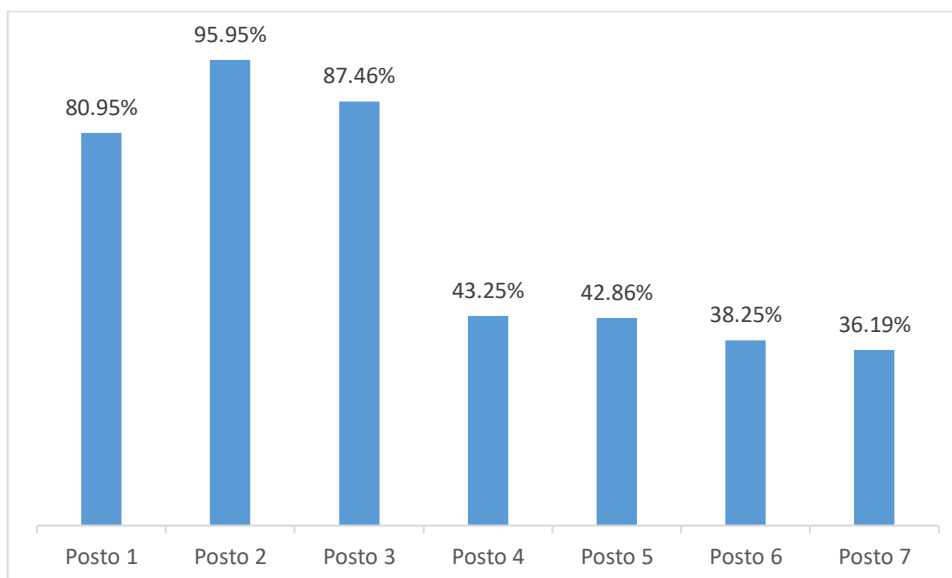
Figura 16 - Representação Do Sistema Produtivo No Arena



Fonte: Elaborado pelos Autores

O gráfico 1 representa o resultado da simulação realizada no Arena.

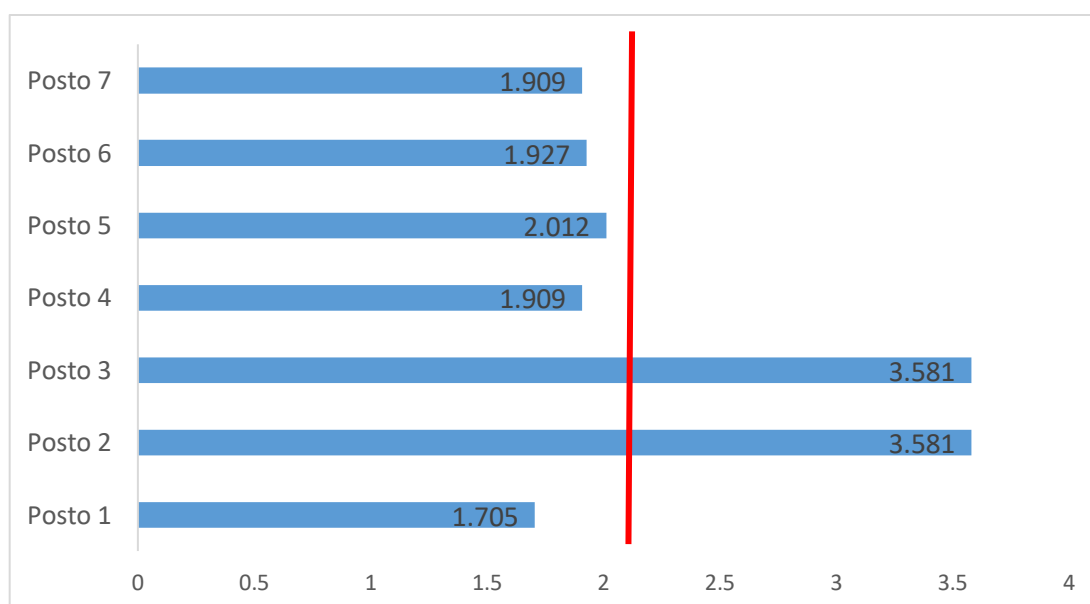
Gráfico 1 - Taxa De Utilização Dos Postos De Trabalho Na Situação Inicial



Fonte: Elaborado pelos Autores

A partir do gráfico acima, pode-se ver que os Postos 2 e 3 têm uma alta taxa de utilização do tempo disponível; enquanto isso, os postos posteriores ao Posto 3 apresentam uma redução acentuada na taxa de utilização.

Para avançar com a interpretação do resultado acima, foi realizado um diagnóstico dos postos de transformação em relação ao *Takt Time*, de acordo com a metodologia de balanceamento de linha e com os dados do quadro 3.

Gráfico 2 - *Takt Time* e Tempo Por Posto De Trabalho Antes Da Proposta

Fonte: Elaborado pelos Autores

No gráfico 2, o *Takt Time* é representado pela linha vermelha na vertical posicionada no valor 2,1h. Pode-se observar que os Postos 2 e 3 ultrapassam consideravelmente o *Takt Time*, e os postos 1,4,5,6,7 precisam ser projetados para posições mais próximas da linha vermelha, o que significa a melhor situação de uso das operações e atendimento da demanda estipulada pela organização.

Com a interpretação do gráfico 1 e 2, fica evidente que os Postos 2 e 3 são as restrições da linha de transformação e que, mesmo apresentando uma boa taxa de utilização do tempo, as atividades demandam mais tempo do que o *Takt Time* exige, justificando a alta taxa de utilização. Essa demanda de tempo excedente ocasiona em tempo ocioso nos postos seguintes, justificando a baixa taxa de utilização dos Postos 4,5,6 e 7.

### 3.3. ANALISAR

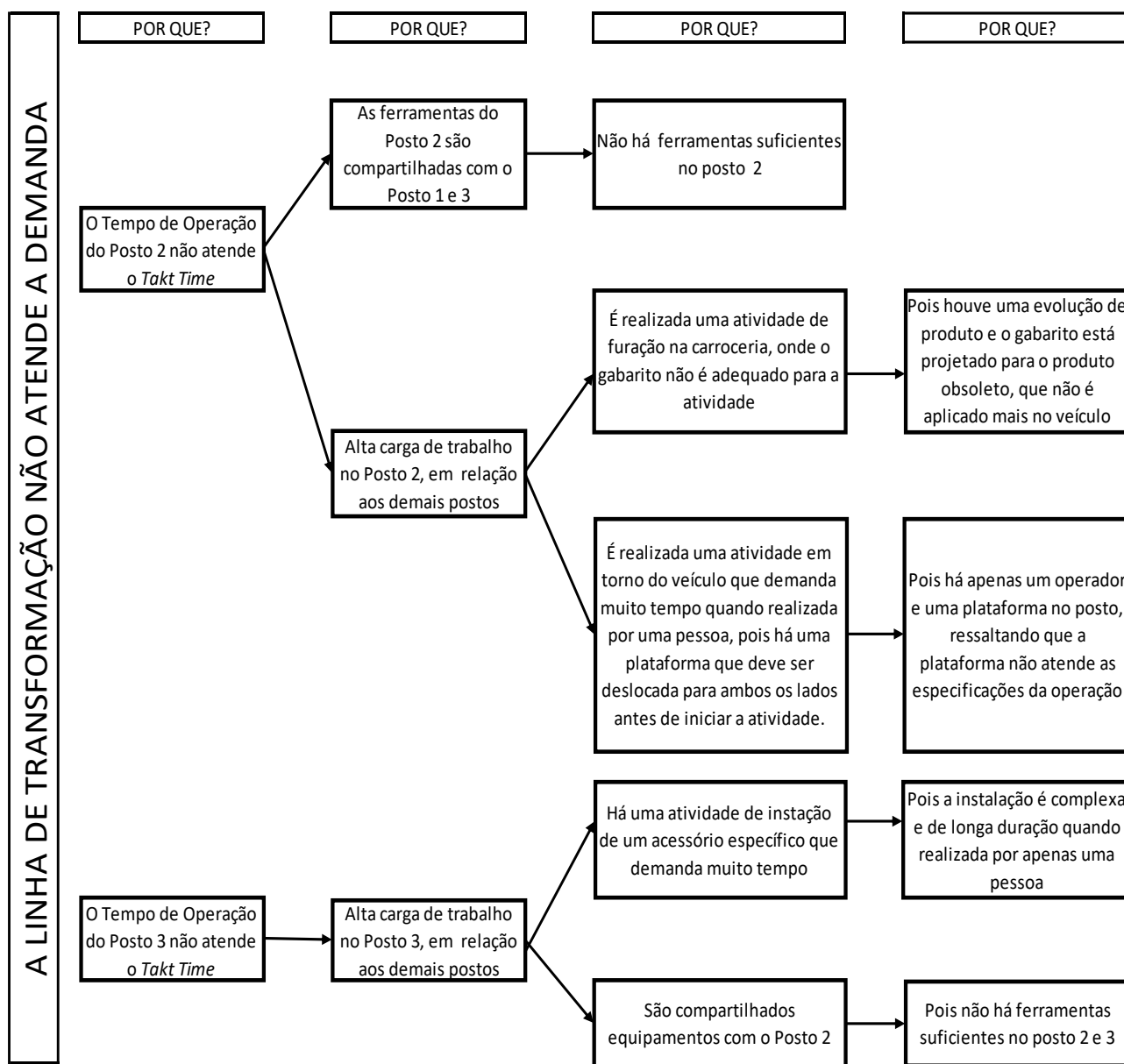
- Identificação do Problema

A linha de transformação não atende a demanda, onde os tempos de operação dos Postos 2 e 3 ultrapassam o *Takt Time*.

- Análise das Causas

Com os resultados da fase de Medição, foi possível realizar o levantamento das possíveis causas do problema identificado. Para isso, foi utilizada a ferramenta “5 Porquês”, conforme a figura 17.

Figura 17 - Esquematização Dos 5 Porquês



Fonte: Elaborado por Autores.

Com a interpretação da figura acima, é possível identificar alguns problemas e suas possíveis causas raízes. As causas encontradas são detalhadas abaixo.

- Sobre os Postos 2 e 3, foi identificado, utilizando-se o método “5 Porquês”, que as ferramentas disponíveis para a operação na carroceria não atendiam a necessidade dos colaboradores, pois faltava ferramentas,

gerando um gasto de energia e tempo no revezamento de ferramentas entre os postos de trabalho;

- Ainda sobre os postos anteriores, 2 e 3, foi identificado também que as atividades alocadas nesses postos demandam um número de operadores maior do que o atual.
- E foi identificado que a plataforma disponível para operação no posto 2 não é a mais adequada para o processo, pois o comprimento é menor do que o veículo.

Na etapa a seguir, melhorar, as causas citadas acima serão exploradas e propostas de melhorias serão apresentadas.

### 3.4. MELHORAR

Nessa fase, foi aplicado e proposto um plano de ação, abordando-se as causas encontradas e utilizando-se o método 5W2H.

Quadro 5 - Metodologia 5W2H

<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>How</i>	<i>Where</i>	<i>Who</i>	<i>When</i>	<i>How Much</i>	<i>Andamento</i>
O que	Porque	Como	Onde	Quem	Quando	Quanto?	Status
Comprar mais ferramentas e equipamentos para os Postos 2	Com ferramentas disponíveis será possível atender demandas dos operadores e reduzir o tempo de ciclo.	Requisitar novas ferramentas	Setor de Compras	Analista de Compras	Jul/2018	Restrito	Finalizado
Comprar mais ferramentas e equipamentos para o Posto 3	Com ferramentas disponíveis será possível atender demandas dos operadores e reduzir o tempo de ciclo.	Requisitar novas ferramentas	Setor de Compras	Analista de Compras	Dez/2018	Restrito	Em curso

Comprar duas plataformas novas	Pois a plataforma disponível não é a mais adequada	Requisitar novas plataformas	Setor de Compras	Analista de Compras	Dez/2018	Restrito	Em Curso
Contratar novo colaborador para o posto 3	Reduzir o tempo de ciclo dos postos	Realizar pedido de contratação	Setor de Recursos Humanos	Analista de Recursos Humanos	Jul/2018	Restrito	Finalizado
Contratar novo colaborador para o posto 2	Reduzir o tempo de ciclo dos postos	Realizar pedido de contratação	Setor de Recursos Humanos	Analista de Recursos Humanos	Dez/2018	Restrito	Em curso

Fonte: Elaborado pelos autores

### 3.4.1. Outras Melhorias

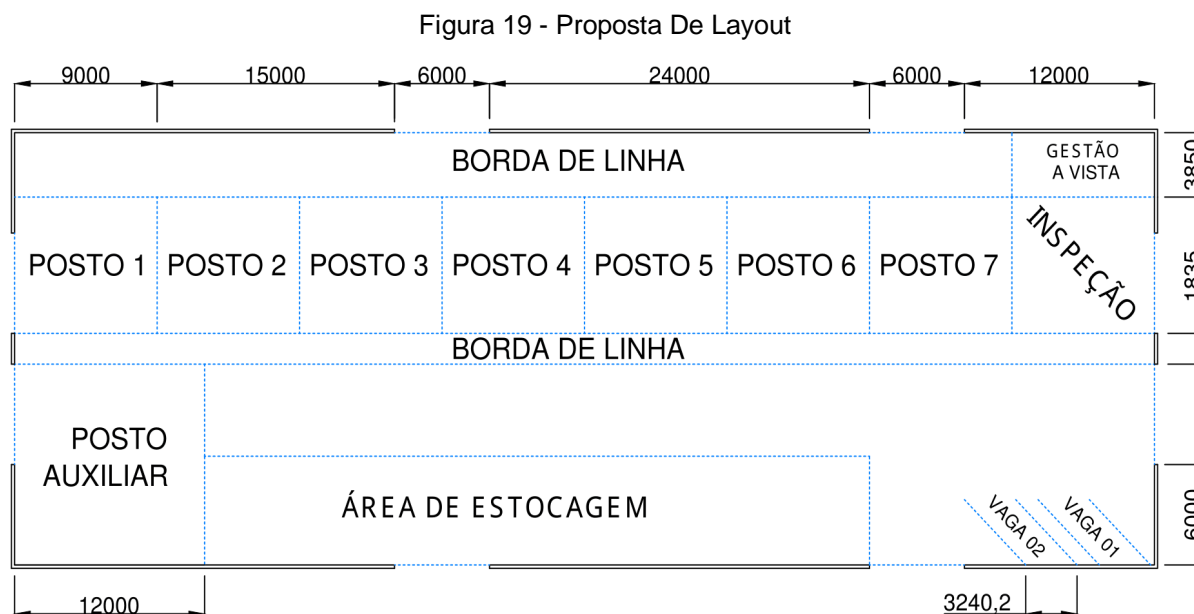
- *Novo Layout*

Foi elaborada uma nova proposta de um novo *layout*, conforme figura 18, visando a um melhor aproveitamento da área física disponível. Nele, pode ser observada a inclusão do posto auxiliar, cuja área foi disponibilizada para um dos parceiros do projeto fabricar uma das peças utilizadas no processo, e a adição de uma área de estocagem de peças.

A decisão da adição desse posto auxiliar foi tomada por um dos fornecedores do projeto, baseado na necessidade da resolução de dois pontos: a) defeitos de qualidade da peça devido ao transporte; e b) alto *Lead Time* e risco de falta de peças. Essa peça era fabricada em outro estado e não há complexidade na sua produção, facilitando a transferência para as instalações do projeto em questão e reduzindo o desperdício com movimentação, transporte e problemas de qualidade.

Criou-se também uma área de estocagem próxima à borda de linha, que foi importante para reduzir o tempo de deslocamento dos colaboradores que fazem o reabastecimento da linha de produção, eliminando desperdícios nos deslocamentos, visto que, na situação anterior, a área de estocagem ficava fora das instalações da

linha de transformação. Essa decisão foi tomada em conjunto com os envolvidos no processo e visou otimizar a área disponível nas instalações do projeto e reduzir desperdícios de tempo e movimento.



Fonte: Elaborado pelos autores

### 3.4.2. Novo Balanceamento de Linha

No Posto 3, estão alocadas as atividades de instalação de um equipamento com algumas particularidades e, para diminuir o tempo de instalação e de modificações, foi contratado um novo colaborador, conforme relatado anteriormente. Com isso, conforme informação cedida pelo responsável do processo, o tempo de ciclo do posto foi reduzido para 2h10min.

No Posto 2, concentram-se modificações significantes na carroceria do veículo e foram identificadas algumas justificativas da elevada duração da operação, tais como:

- Há uma atividade é necessário que o colaborador esteja sobre uma plataforma para realizar algumas modificações na parte superior direita e esquerda do veículo, porém, só existe uma plataforma e é necessário deslocá-la para o lado direito e esquerdo da carroceria antes de realizar a atividade.

- b) Há também uma atividade que necessita de um gabarito com furos específicos. Na situação atual, os furos estão posicionados de maneira diferente do que é necessário para que a peça seja instalada no local do furo realizado a partir do gabarito. Essa diferença acontece porque há uma transição de fornecedor, por motivos financeiros e tempo de entrega e, conseqüentemente, uma evolução de produto que tem outras especificações dimensionais, gerando essa diferença no alinhamento dos furos e provocando movimentos desnecessários pelo fato do gabarito estar desatualizado.

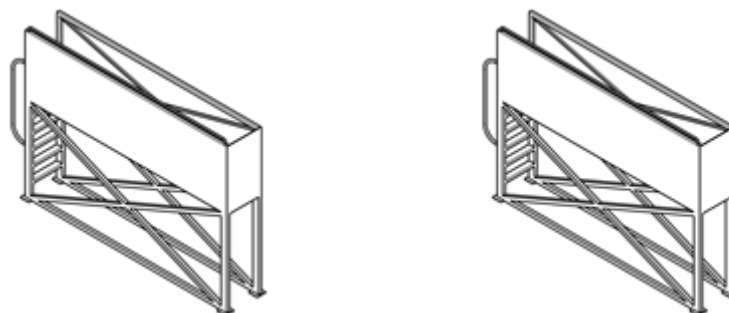
Dessa forma, foram propostas as ações de melhorias, visando contribuir para a redução do tempo de ciclo do Posto 2:

- a) aquisição de novas ferramentas, que passam a estar disponíveis no posto de trabalho e eliminam o tempo de deslocamento e de procura;
- b) avaliação e aprovação de investimento para a aquisição de duas plataformas, conforme figura 19, personalizadas para o veículo e contratação de um auxiliar de serralheiro, que estará operando diretamente nas modificações na carroceria. Ressalta-se, ainda, que as plataformas serão posicionadas ao lado do veículo, o que elimina a movimentação que havia anteriormente, evitando-se possíveis riscos de avarias no produto em transformação. Além disso, cada um dos colaboradores faria as modificações pertinentes, utilizando-se plataformas posicionadas em lados opostos, reduzindo tempo de ciclo;
- c) estudo da viabilidade da proposta de correção dos gabaritos disponíveis, de forma que sejam totalmente funcionais com o novo produto em aplicação. É esperado um ganho de 7 minutos na aplicação de um novo gabarito, visto que é utilizado em três posicionamentos na carroceria do veículo. Nesse posto, com a aplicação das melhorias é esperado uma redução acumulada de 87 minutos.

A figura 19 representa as duas plataformas propostas para aprimorar as atividades do operador e melhorar o tempo de ciclo do posto 2. Esses equipamentos permitem que o colaborador tenha acesso ao teto do veículo e realize suas operações com segurança e ergonomia, de maneira eficiente. A grande diferença entre a proposta da nova plataforma e a atual está no comprimento e na estabilidade da

plataforma, onde a nova tem o comprimento ideal da lateral do veículo e é estruturada por vigas que permitem um bom equilíbrio, quando o operador estiver trabalhando. No apêndice I, são expostas as medidas projetadas e o desenho técnico em formato A3.

Figura 20 - Desenho Das Plataformas Propostas



Fonte: Elaborado por autores.

Com essa redução acumulada do Posto 2, é esperado que o posto de trabalho tenha um ritmo de produção de 2h07min.

Como este novo *layout* e com as propostas de melhorias nos postos 2 e 3 oriundas do balanceamento proposto, é esperado um aumento na taxa de utilização do tempo disponível dos postos seguintes. Foi realizada uma nova simulação no *software* ARENA, conforme figura 17, e sua eficiência de balanceamento foi novamente calculada, conforme gráfico 4. A eficiência aumentou de 59% para 97%.

Apesar da melhora na eficiência do balanceamento de linha, o objetivo de *takt time* não foi atingido pelos postos 2 e 3, conforme gráfico 3. As justificativas e as novas propostas de melhorias são relatadas a seguir.

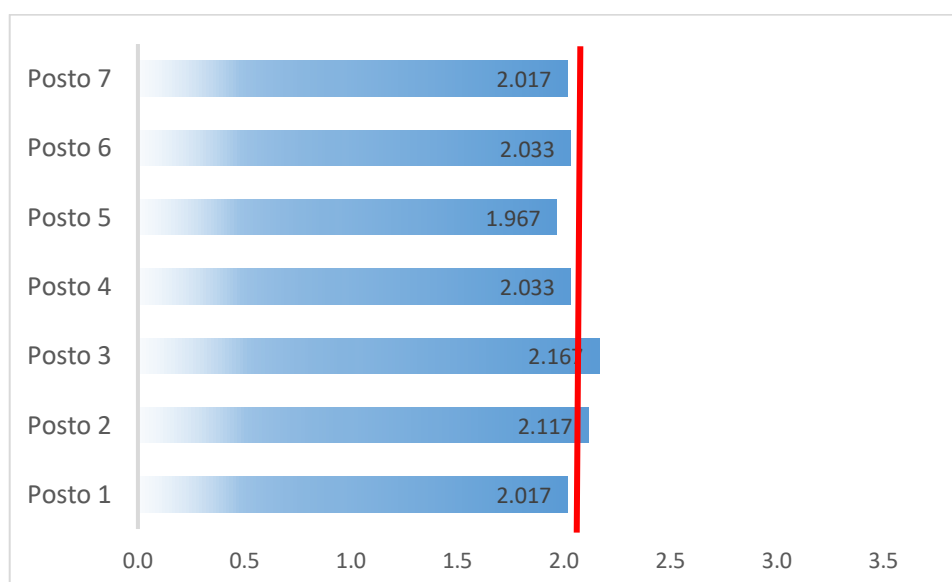
O Posto 1 apresenta um tempo de ciclo abaixo do ritmo esperado para a linha de transformação e, o Posto 2, ainda ultrapassa o *Takt Time*. Para solucionar o problema, foi adiantada uma atividade de limpeza do veículo do posto seguinte para o posto 1, com duração média de 20 minutos. Para os postos 4, 5, 6 e 7, foram sugeridas que fossem adicionadas atividades de higienização e limpeza externa, visto que essa ação seria de prevenção, para impedir que o veículo avance de posto com algum resíduo indesejado, e para aproveitar o tempo disponível nesses postos.

Quadro 6 - Novos Parâmetros Calculados

Tempo de trabalho por Turno (horas)	Demanda por Turno	Takt Time (hora)	Tempo de Ciclo (hora)	Eficiência da Linha Produtiva Inicial
8,4	4	2,100	2,167	97%

Fonte: Elaborado pelos Autores.

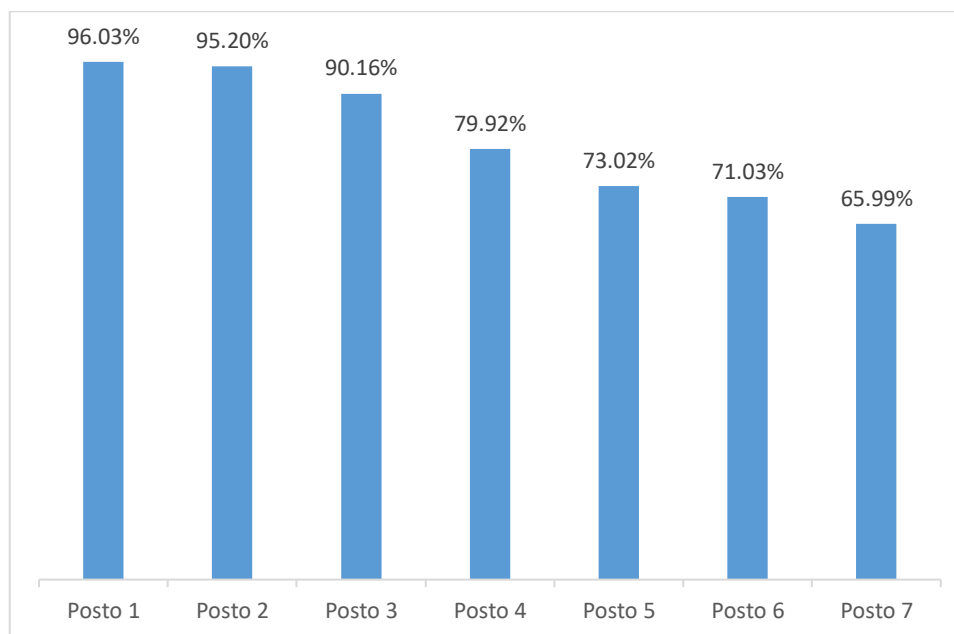
O gráfico 3 representa a nova situação, onde é possível visualizar uma suavização nos tempos de ciclo e uma proximidade do *takt time*.

Gráfico 3 - *Takt Time* e Tempos Por Posto De Trabalho Após Proposta

Fonte: Elaborado pelos Autores.

O gráfico 4 ilustra uma nova aplicação do modelo de simulação com os novos tempos registrados. É possível verificar um aumento na taxa de utilização dos postos 4,5,6 e 7.

Gráfico 4 - Taxa De Utilização De Tempo Dos Postos Após Propostas



Fonte: Elaborado pelos Autores.

### 3.5. CONTROLAR

Essa etapa tem como principal objetivo buscar manter o novo nível operacional e iniciar novos ciclos de melhoria. Foi adotada também uma metodologia de gestão à vista, que expõe os diagramas de processos para os operadores e os resultados de produção.

É importante ressaltar que há necessidade de se criar uma rotina para aplicar novamente o ciclo *DMAIC* e identificar novas oportunidades para explorar.

#### 4. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresenta um diagnóstico da situação da linha de transformação, além de evidenciar pontos que podem ser explorados na busca de eliminar desperdícios e aumentar o aproveitamento do tempo disponível em cada posto de trabalho. É evidente que as propostas descritas aqui visam agregar positivamente competitividade tanto ao projeto de desenvolvimento de produtos, quanto ao processo em ação.

Ao fim desta pesquisa, conclui-se que, ao tornar as questões de balanceamento de linha um parâmetro primordial de projeto e realizar uma distribuição harmoniosa das atividades, envolvendo os aspectos de arranjo físico e precedência, seja possível reduzir os prejuízos causados por não conseguir atender a demanda, visto que os prejuízos podem ser desde o encerramento prematuro do projeto até a transferência imediata do projeto para outra divisão da organização.

Os resultados obtidos foram divididos, de maneira que permita uma melhor interpretação em fluxo da linha de produção e novo arranjo físico. Foi utilizado o *software* Arena para realizar a simulação e apuração dos resultados de utilização dos postos de trabalho. Além disso, foi elaborado diagramas de processo que contribuem para tomada de decisões estratégicas em relação ao processo, permitindo extrair ao máximo valor das atividades e convertendo isso em competitividade.

Sobre a linha de produção, foi observado que, com a contratação de novos operadores e com o direcionamento aos postos que representam grande acúmulos de utilização, o tempo de ciclo sofre reduções consideráveis e interfere na utilização de outros postos, liberando pontos que representavam concentração de recursos e veículos.

Sobre a borda de linha, é esperado que, com a aproximação da linha de produção, haja uma economia de tempo com longos deslocamentos e eliminação de caminhadas desnecessárias. Também é esperado que haja uma maior sincronia com

o sistema de abastecimento por *kits*, providenciando peças no momento certo e na quantidade certa, diminuindo estoques e custos de lotes armazenados.

Sobre o arranjo físico, foi possível garantir um melhor aproveitamento do espaço físico, utilizando-se uma maior parte do espaço e agregando postos de trabalho que contribuem para redução de desperdícios e melhorias na eficiência geral da linha de transformação.

Por fim, podemos concluir que, com um bom desempenho na aplicação de metodologias *Lean* na operação, somado aos conceitos de arranjo físico e balanceamento de linha, pode-se converter tempos gastos com atividades que não agregam valor em atividades que agreguem valor, levando a organização a outro nível de competitividade e segmentos de mercado. E com a aplicação do modelo de sistematização, é possível que haja uma gestão do conhecimento e que permite a preservação da memória organizacional.

Para trabalhos futuros, recomenda-se um diagnóstico das taxas de utilização dos tempos dos colaboradores, individualmente, e estudos sobre os fenômenos que influenciam o ritmo da produção. E, com esses resultados futuros, será possível desenvolver estratégias para transformar desperdícios não identificados em valor ao produto e avaliar como a aplicação da mentalidade enxuta contribui para essa transformação.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Giancarlo de França; PEINADO, Jurandir. **COMPREENDENDO O KANBAN: Um ensino interativo ilustrativo**. COMPREENENDO O KANBAN: Um ensino interativo ilustrado., 2007. p. 133-146. v. 4. 2007, Curitiba. Disponível em: <<https://www.up.edu.br/davinci/4/08%20Compreendendo%20o%20Kanban%20um%20ensino%20interativo%20ilustrado.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2018.

ALVARENGA NETO, R. C. D. **Gestão do conhecimento em organizações**: proposta de mapeamento conceitual integrativo. São Paulo: Saraiva, 2008.

AMATO NETO, João. **Gestão estratégica de fornecedores e contratos – uma visão integrada**. São Paulo: Saraiva, 2014.

ANIS, Gerson Castiglioni. **Importância dos estudos de tempos e métodos para controle da produtividade e qualidade**. Disponível em: <<https://polimeroseprocessos.com/imagens/tempometodos.pdf>>. Acesso em: 2 de fev 2015.

ANZANELLO, Michel J.; LEMOS, Fernanda de O.; ECHEVESTE, Márcia E. **Aprimorando produtos orientados ao consumidor utilizando desdobramento da função qualidade (qfd) e previsão da demanda, produto & produção**, vol. 10, n. 2, p. 01 – 27 jun. 2009. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/129150/000749965.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

ARCIERI, Angelina Maria Alves; ANDRADE, Nádyja Vieira; PRIMO, Aislan Silva. **Balanceamento de linha de produção com uso de heurística e simulação: Um estudo de caso em uma indústria de produtos elétricos**. Ciências exatas e tecnológicas, Aracaju, v. 4, n. 3, p. 53-68, abr. 2018.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1977.

BELGE. **O primeiro e único simulador em português**. Disponível em: . Acesso em: 27 AGOSTO, 2018.

BIAGIO, Luiz Arnaldo. **Como administrar a produção – Série lições de gestão**. Barueri, SP: Manole, 2015.

CARPES JR, Widomar P. **Introdução ao projeto de produtos**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

CORBETT NETO, Thomas. **Contabilidade de Ganhos: a nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições**. São Paulo: Nobel, 1997.

COSTA, F. N. *et al.* **Determinação e análise da capacidade produtiva de uma empresa de cosméticos através do estudo de tempos e movimentos**. In: Encontro

Nacional de Engenharia de Produção – ENEGP, XXIII., 2008, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos... Rio de Janeiro. ENEGEP, 2008. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_sto\\_069\\_496\\_10717.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_069_496_10717.pdf)>. Acesso em: 10 jun 2018.

Cox III, James F. **Manual da teoria das restrições**: prefácio de Eliyahu M. Goldratt – Porto Alegre : Bookman, 2008.

CRUZ, Bruna Vitória Mota. **Análise de ferramentas de simulação com foco no processo de priorização de requisitos**. 2017. 67 f. Monografia (Bacharel em Engenharia de Computação) -Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2017.

Dennis, Pascal. **Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FERNANDES, Alexandra Cristina Moreira. **Simulação de linha de produção usando a plataforma arena**. 2012. 51 p. Instituto Politécnico de Bragança. Licenciatura em Engenharia Informática. Disponível em: <<http://projinf.estig.ipb.pt/~a21274/relatoriooo.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

FERREIRA, Marcelo G. Gomes. **Utilização de modelos para a representação de produtos no projeto conceitual**. 1997. 128p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FLIGENSPAN, Flávio Benevett; CALANDRO, Maria Lucrecia. **Novos investimentos na indústria automobilística brasileira: o caso gaúcho**. 2002. Indic. Econ. FEE. Disponível em: <<https://revistas.fee.tche.br/index.php/indicadores/article/viewFile/1403/1765>>. Acesso em: 02 mar. 2018.

GOLDRATT, Eliyahu M. **A Síndrome do Palheiro**, São Paulo: IMAM, 1994.

GRIFFIN, A. **PDMA Research on new product development practices: Updating trends and benchmarking best practices**. *Journal of Product Innovation Management*, USA, v.14, n. 6, p.429-458. 1997.

HOLMES, Linda E. , HENDRICKS, Ann B. **Is TOC for you?** *Accounting & Tax periodicals*, Apr.2005.

JACOBS, F. Robert; CHASE, Richard B. **Administração da produção e de operações**: o essencial. Porto Alegre : Bookman, 2009.

JUNIOR, Jesus R. V. *et al.* **Os Benefícios da implantação da cronoanálise**. out. 2015. Disponível em <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_206\\_221\\_28073.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_221_28073.pdf)>. Acesso em: 04 jun. 2018.

KAHN, K.B; BARCZAK, G.; MOSS, R. **Perspective: Establishing an NPD best practices Framework.** *Journal of Product Innovation Management*, USA, v. 23, n. 2, p.106-116, 2006.

LAUGENI, Fernando P.; MARTINS, Petrônio Garcia. **Administração da produção.** 3. ed. -- São Paulo: Saraiva, 2015.

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

MACHADO, Marcio Cardoso. **Princípios Enxutos no Processo de Desenvolvimento de Produtos: Uma proposta metodológica para implementação.** 2006. 265 p. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-19092006-105948/publico/TeseRevisadacomfichaMarcioCardosoMachado.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2018.

MENEZES, H. F. **Estudo de caso sobre a implantação da cronoanálise na Silkgraf-ME.** 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Produção) – Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga. São Paulo, 2010.

MENEZES, Luís César de Moura. **Gestão de Projetos:** com abordagem dos métodos ágeis e híbridos. 4. ed. – São Paulo: Atlas, 2018.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

MORGAN, J. M.; LIKER, J. K. **Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produtos.** Editora Bookman, 2008.

MOURA, R. A. **Kanban:** a simplicidade do controle da produção. São Paulo, IMAN, 1989.

NEUMANN, Clóvis. **Projeto de Fábrica de Layout.** 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 411p.

NICKEL, Elton M.; FERREIRA, Marcelo G. G.; FORCELLINI, Fernando A.; DOS SANTOS, Célio T.; SILVA, Ricardo A. A. **Modelo multicritério para referência na fase de Projeto Informacional do Processo de Desenvolvimento de Produtos,** *Gest. Prod., São Carlos*, v. 17, n. 4, p. 707-720, 2010. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v17n4/a06v17n4>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

PEINADO, J., & Graeml, A. R. (2007). **Administração da produção: operações industriais e de serviços.** Curitiba: UNICENP.

PMI, **Project Management Institute.** Disponível em: <<http://brasil.pmi.org/>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

POOLTON, J.; BARCLAY, I. **New Product Development From Past Research to Future Applications**. *Industrial Marketing Management*, v. 27, n. 3, p. 197-212. 1998.

POPPENDIECK, Mary. **Implementando o desenvolvimento Lean de software: do conceito ao dinheiro** / Mary Poppendieck, Tom Poppendieck. Porto Alegre : Bookman, 2011.

PRONACI – Programa Nacional de Qualificação de Chefias Intermédias. **Métodos e Tempos**. Ficha Técnica PRONACI. Associação Empresarial de Portugal, 2003.

REGINATO, Gustavo *et al* . **Balanceamento de linha de montagem mista em cenários com distintos mix de produtos**. *Gest. Prod.*, São Carlos , v. 23, n. 2, p. 294-307, jun. 2016 . Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/gp/2015nahead/0104-530X-gp-0104-530X1874-14.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

SCHONBERG, R. J. **Técnicas Industriais Japonesas**. São Paulo, Pioneira, 1994.

SLACK, *et al*. **Gerenciamento de operações e de processos**: princípios e práticas de impacto estratégico. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

SLACK, Nigel. **Administração da produção**. Nigel Slack, Alistair Brandon-Jones, Robert Johnston; tradução Daniel Vieira. 8. ed. - São Paulo : Atlas, 2018.

SIEGLER, Mark V. **An Economic History of the United States**: Connecting the Present with the Past, 1. ed. United Kingdom: Palgrave MacMillan, 2016. ISBN 1137393955.

TAKUS, David A.; PROFOZICH, David M. **Arena Software Tutorial**. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Winter Simulation Conference - 1997. Disponível em <[https://repository.lib.ncsu.edu/bitstream/handle/1840.4/5333/1997\\_0076.pdf?sequence=1](https://repository.lib.ncsu.edu/bitstream/handle/1840.4/5333/1997_0076.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 04 jun. 2018.

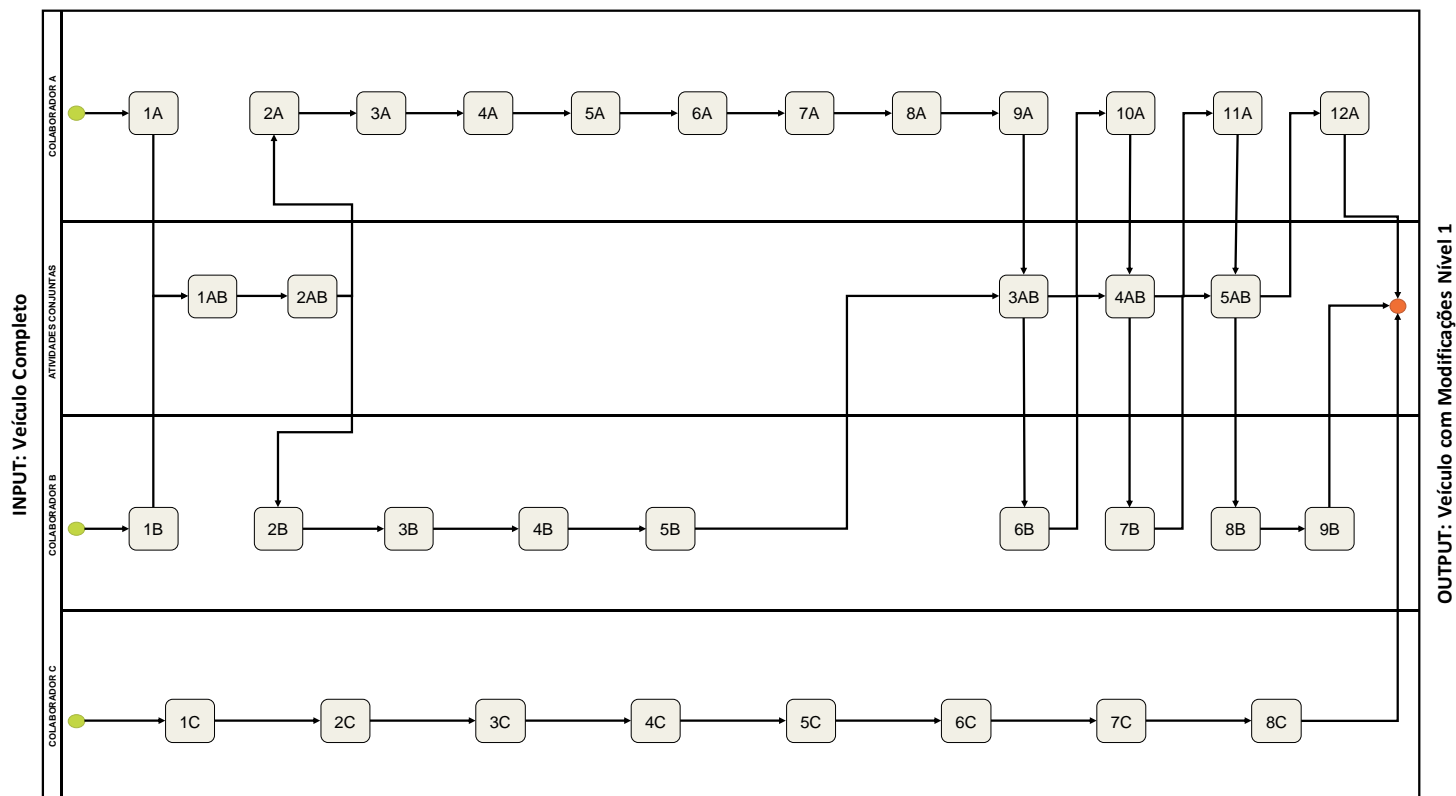
TOLEDO, J. C. *et. al*. **Qualidade**: Gestão e Métodos. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

SEGET. **Aplicação da Teoria das Restrições em uma Indústria Metalúrgica** Resende: Aedb, 2011. p. 1-12. v. 1. Disponível em: <[https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos09/187\\_toc\\_seget\\_sem.pdf](https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos09/187_toc_seget_sem.pdf)>. Acesso em: 04 out. 2018.

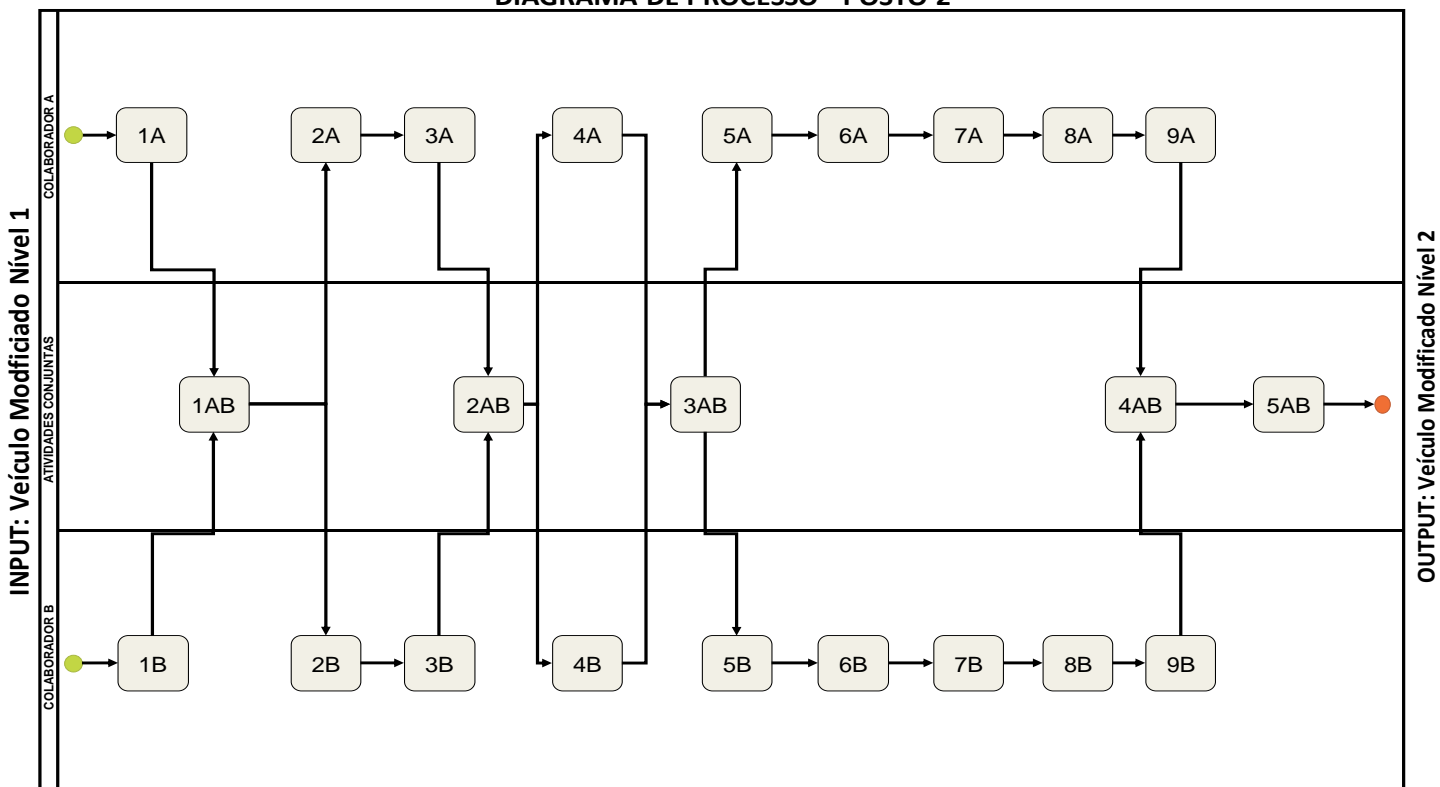
VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas S.A, 1998. 494p.

YAP, C.M.; SOUDER, W. E. **Factors influencing new product success and failure in small entrepreneurial high-technology electronics firms**. *Journal of Product Innovation Management*, USA, v. 11, n. 5, p. 418-432, 1994.

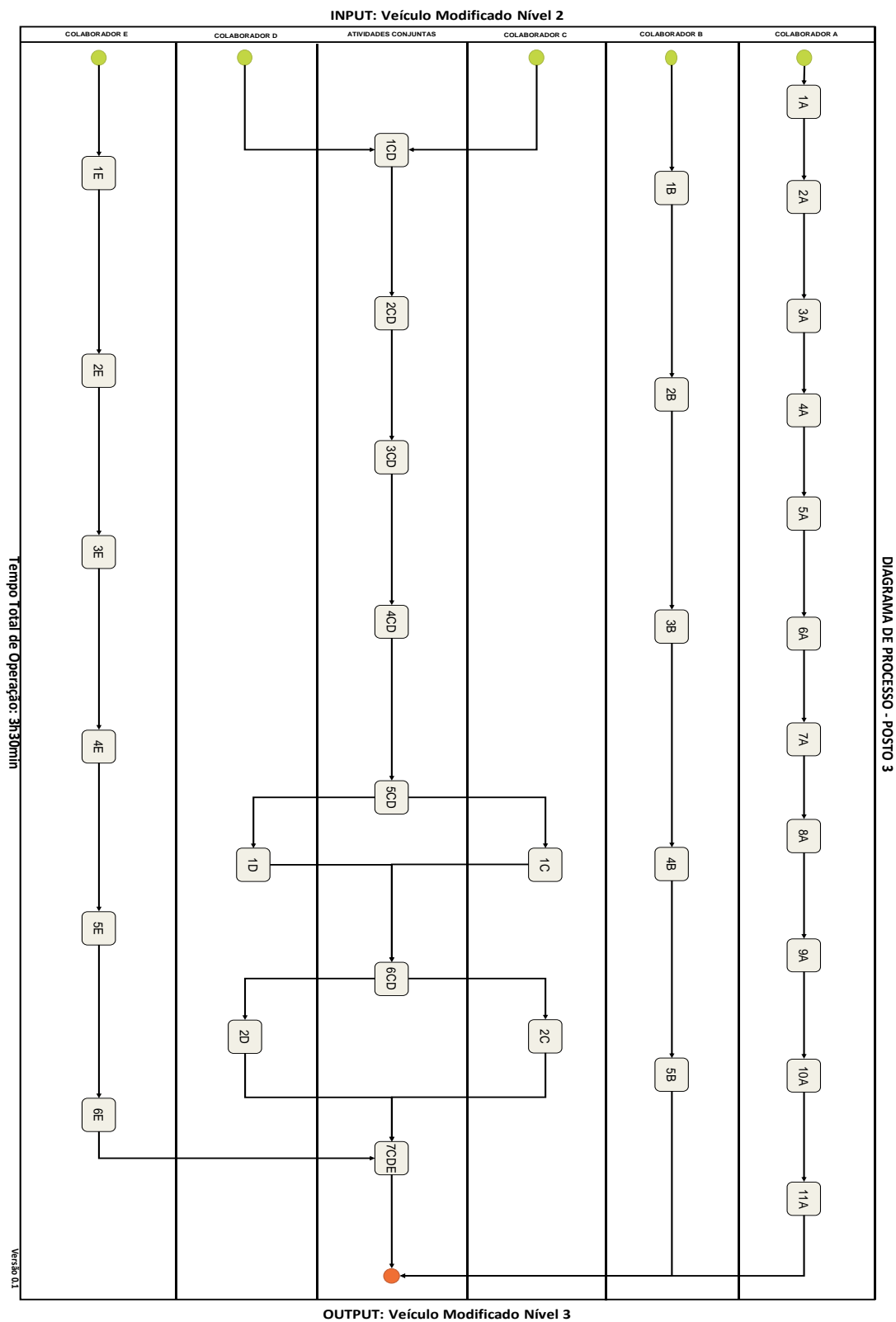
## APÊNDICE FF - Diagrama de processo posto 1 e 2



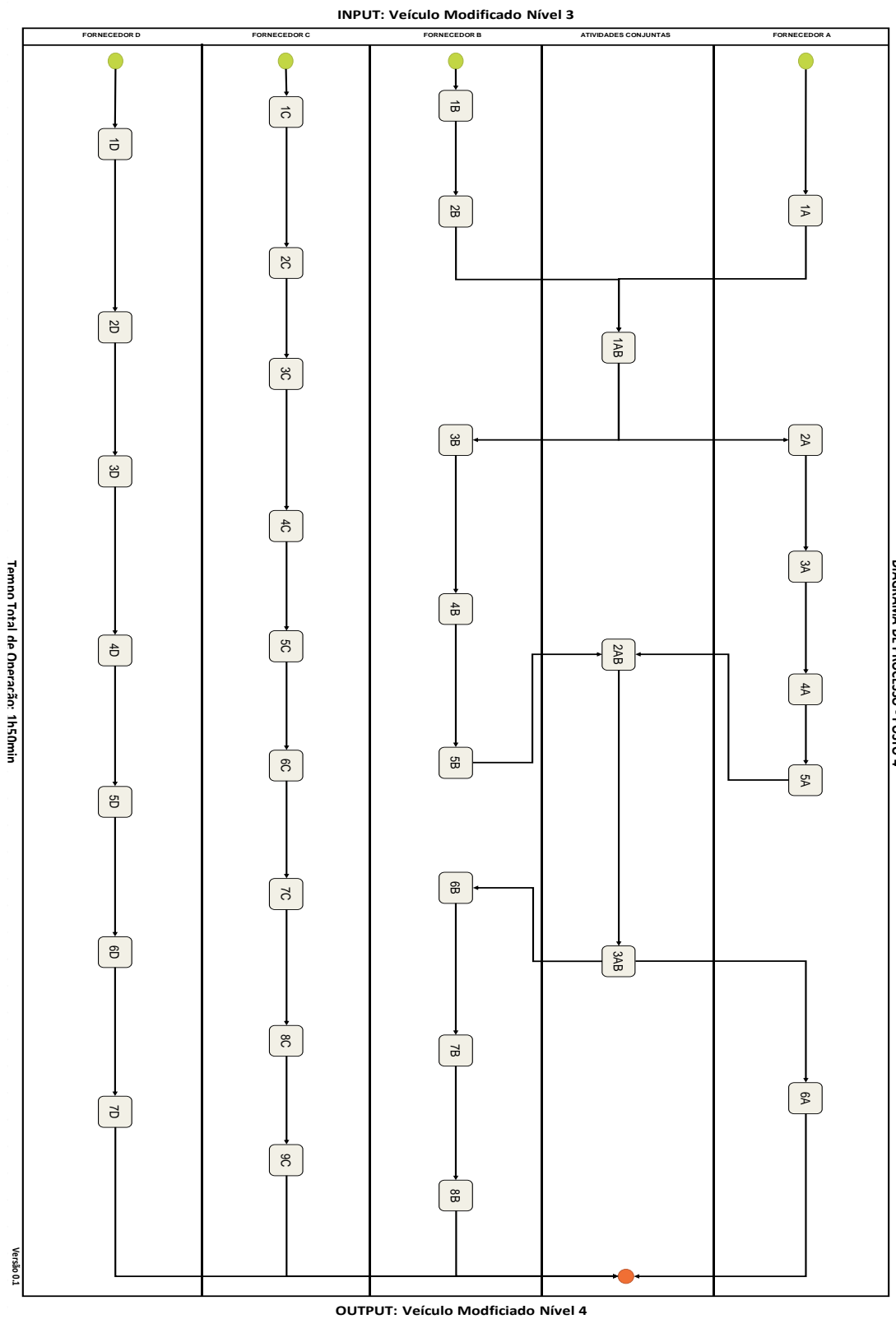
### DIAGRAMA DE PROCESSO - POSTO 2



## APÊNDICE B - Diagrama de processo posto 3

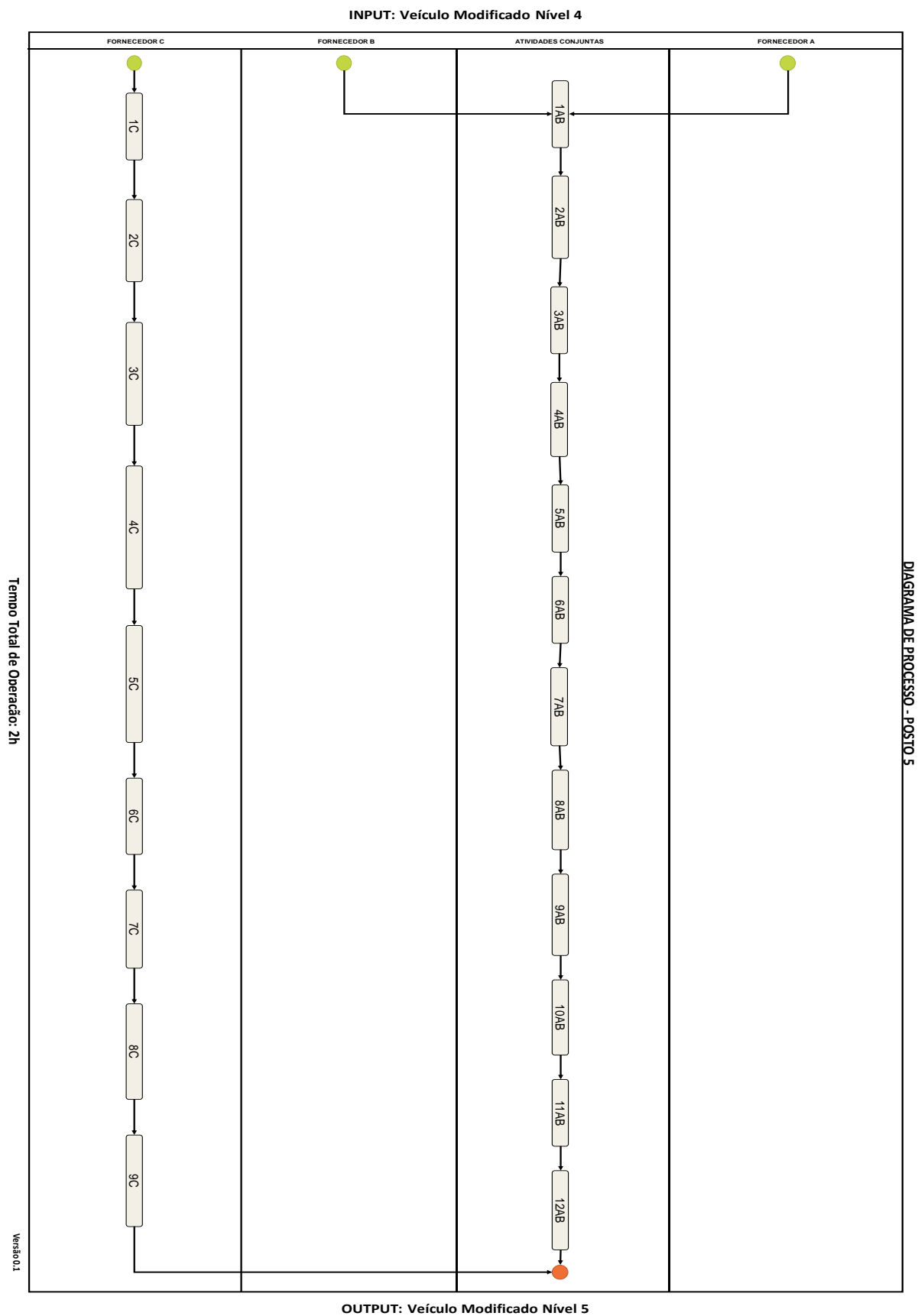


### APÊNDICE C - Diagrama de Processo Posto 4



Versão 01

## APÊNDICE D - Diagrama de Processo Posto 5



## APÊNDICE E - Diagrama de Processo Posto 6

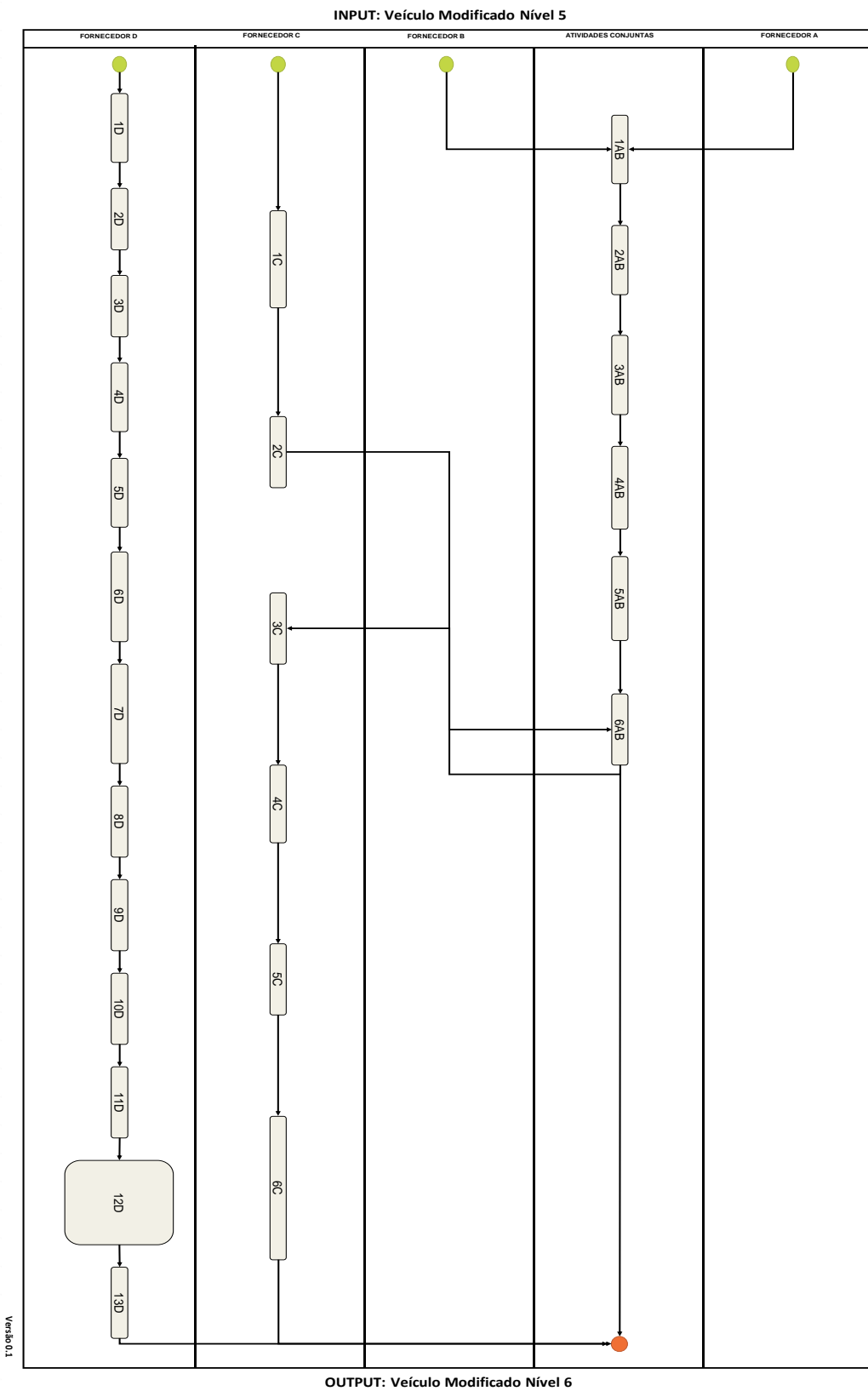


DIAGRAMA DE PROCESSO - PROJETO K0 MINIBUS - BOX 6



APÊNDICE G - Desenho Técnico Plataforma Proposta

