

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**ANÁLISE DE PROCESSO PRODUTIVO BASEADA EM FERRAMENTAS
LEAN: ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE TRANSFORMADORES**

AMANDA NIELLA DE SOUZA

CRUZ DAS ALMAS – BA

2022

AMANDA NIELLA DE SOUZA

**ANÁLISE DE PROCESSO PRODUTIVO BASEADA EM FERRAMENTAS
LEAN: ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE TRANSFORMADORES**

Trabalho de conclusão apresentado à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como parte dos requisitos para obtenção do título de **Bacharel em Engenharia Mecânica.**

Orientador: Prof. Me. Gilmar Emanuel da Silva de Oliveira

CRUZ DAS ALMAS – BA

2022

AMANDA NIELLA DE SOUZA

**ANÁLISE DE PROCESSO PRODUTIVO BASEADA EM FERRAMENTAS
LEAN: ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE TRANSFORMADORES**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aprovada em:03/08/2022

EXAMINADORES:

Professor Me. Gilmar Emanuel Silva de Oliveira

Orientador

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Documento assinado digitalmente

GILMAR EMANOEL SILVA DE OLIVEIRA

Data: 09/09/2022 12:09:43-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Professora Dra. Jânia Betania Alves da Silva

Examinadora

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Jania Betania Alves Da Silva

Professor Carlos Alberto Tosta Machado

Examinador

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Carlos Alberto Tosta Machado

Cruz das Almas - BA

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meu pais, Boaventura (*In Memoriam*) e Patrícia, por todo amor, dedicação, incentivo a buscar pelos meus objetivos e por me apoiarem sempre. Obrigada por todo investimento sem medirem esforços. Gratidão e orgulho me definem por ser filha de vocês.

Ao meu irmão Rafael, por ser sempre tão presente e me sustentar em momentos de fraqueza.

Aos meus avós Carlos e Tânia por todo amor e suporte.

Aos meus amigos que fiz em toda essa caminhada tornando-a mais tranquila. Em especial Jana, Silvana, Laise e todas as meninas do grupo por toda amizade e apoio para “segurar as pontas”. Vocês são indescritíveis!

Ao meu orientador, professor Gilmar, por toda orientação, por desde o início da graduação não deixar de acreditar em mim e por todos os “Fique tranquila” já que tudo estava destinado a dar certo no final. Saiba que foi peça chave para a minha formação profissional. Gratidão por cada direcionamento!

À Equipe Lolata, em especial a Alex Lolata por ter aberto as portas da empresa permitindo o meu aprofundamento na área e por todas as vezes em que me orientou sempre muito paciente, a Murillo pelo companheirismo e disposição em colaborar e a Dona Meire pela aptidão em aplicar os meus estudos no chão de fábrica e pelo amor fraterno. Vocês foram fundamentais.

Por tudo que vivi e aprendi na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pelo crescimento e por todo conhecimento de excelência passado pelos professores.

Por fim, agradeço a todos os familiares, professores, amigos e colegas que atravessaram junto a mim essa jornada árdua, mas recompensadora.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

O *Lean Manufacturing* busca maior eficiência em processos e eliminação de desperdícios fazendo com que empresas se reorganizem de maneira que respondam à competitividade imposta pelo mercado. Uma das principais formas de eliminação de desperdícios é a aplicação de ferramentas enxutas em processos fabris possibilitando a diminuição de custos de produção. O presente estudo de caso tem como principal objetivo analisar, baseando-se em ferramentas *lean*, o processo produtivo em uma fábrica de transformadores na cidade de Cruz das Almas-BA. Inicialmente foi realizado o mapeamento de processos de fabricação de um produto com seus respectivos tempos, e posteriormente foi desenvolvido o Mapa de Fluxo de Valor do estado atual, aplicou-se ferramentas *lean* e foi desenhado o Mapa de Fluxo de Valor do estado futuro tendo como resultado uma diminuição de 438 segundos no tempo de produção do produto em estudo.

Palavras-chave: *lean manufacturing*; eliminação de desperdícios; mapa de fluxo de valor; ferramentas *lean*.

ABSTRACT

Lean Manufacturing seeks greater efficiency in processes and elimination of waste, causing companies to reorganize themselves in a way that responds to the competitiveness imposed by the Market. One of the main ways of eliminating waste is the application of lean tools in manufacturing processes, enabling the reduction of production costs. Knowing the important role that academic scientific researchers have towards society, the main objective of this case study is to analyze, based on lean tools, the production process in a transformer factory in the city of Cruz das Almas – BA. Initially, the mapping of manufacturing processes of a product with their respective times was made, and later the Value Stream Map of the current state was developed, lean tools were applied and the Value Stream Map of the future state was designed with the objective of result in improvements in production times.

Palavras-chave: lean manufacturing; eliminations of waste; value stream map; lean tools.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - A casa do Sistema Toyota de Produção | 16 |
| Figura 2 - Etapas iniciais de mapeamento do fluxo de valor | 19 |
| Figura 3 - Símbolos do VSM | 19 |
| Figura 4 - O Guarda-Chuva KAIZEN | 21 |
| Figura 5 - Fluxograma de etapas do processo | 24 |
| Figura 6 - Linha de Produção de Transformadores | 25 |
| Figura 7 - Fluxograma de Métodos | 27 |
| Figura 8 - Matriz da Família de Produto G-Stark | 28 |
| Figura 9 - Tempo de Ciclo X Setor | 29 |
| Figura 10 - Representação dos requisitos do cliente no VSM | 30 |
| Figura 11 - Caixas de processos com dados | 31 |
| Figura 12 - Representação de inventários entre processos | 31 |
| Figura 3 - Representação do Fluxo de Informação | 32 |
| Figura 14 - Linha do tempo | 32 |
| Figura 15 - VSM atual | 33 |
| Figura 16- VSM atual com explosões kaizen | 35 |
| Figura 17 - Gráfico de Tempo de Ciclo e <i>takt time</i> | 36 |
| Figura 18 - Tempos de ciclo após diminuição de transporte | 39 |
| Figura 19 - VSM do estado futuro | 40 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Tempo de ciclo de cada setor | 29 |
| Tabela 2 - Tempos de movimentação entre setores | 38 |

LISTA DE ABREVIACOES

VSM – Value Stream Mapping

JIT – Just In Time

TC – Tempo de Ciclo

TR – Tempo de Troca

Tkt – Takt Time

TOL – Tempo Operacional Líquido

P – Períodos ou turnos

DC – Demanda do Cliente

NO – Número de Operadores

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2. OBJETIVOS..... | 13 |
| 2.1. Objetivo Geral | 13 |
| 2.1.1. Objetivos Específicos | 13 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 14 |
| 3.1. Lean Manufacturing..... | 14 |
| 3.1.1. Histórico..... | 14 |
| 3.1.2. Conceito | 15 |
| 3.1.3. O <i>Lean</i> e a redução de desperdícios..... | 16 |
| 3.2. Ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i> | 18 |
| 3.2.1. Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM)..... | 18 |
| 3.2.2. Kaizen..... | 20 |
| 3.3. Lean na Indústria Eletroeletrônica..... | 22 |
| 4. METODOLOGIA..... | 23 |
| 4.1. Estudo de Caso..... | 23 |
| 4.2. Campo de Estudo | 23 |
| 4.3. Métodos | 25 |
| 4.3.1. Mapeamento de processos produtivos e cálculos de tempos | 25 |
| 4.3.2. Construção do VSM do estado atual | 26 |
| 4.3.3. Kaizen de Processo..... | 26 |
| 4.3.4. Construção do VSM do estado futuro..... | 26 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 27 |
| 5.1. Resultados do Mapeamento de Processos e Cálculos de Tempos | 27 |
| 5.2. Construção do VSM do Estado Atual | 30 |
| 5.3. Aplicação do Kaizen de Processo..... | 34 |
| 5.4. Construção do VSM do Estado Futuro..... | 39 |
| 6. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 41 |
| 7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 42 |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 43 |

1. INTRODUÇÃO

A implementação do *Lean Manufacturing* ou manufatura enxuta está cada vez mais presente nas organizações modernas buscando maior eficiência em processos e eliminação de desperdícios, fazendo com que se reorganizem de maneira que respondam à competitividade imposta pelo mercado.

O modelo de gestão trazido pelo *lean manufacturing* permite as empresas alcançarem objetivos superiores de qualidade e produtividade. Uma série de ferramentas e princípios são utilizados para auxiliar nos processos dentro da organização. Dentre as ferramentas do *lean*, neste estudo de caso, serão destacados o Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) e o Kaizen.

O mapeamento do fluxo de valor ou *Value Stream Mapping* (VSM) é muito mais do que a eliminação de desperdícios e otimização do fluxo de produção, é um mapa visual de todos os processos da fábrica que mostra, em diagrama, desde a entrada do pedido do cliente até a conclusão da entrega, objetivando a identificação das etapas que agregam ou não valor àquele produto. A utilização desta ferramenta leva em consideração tanto o fluxo de informação quanto o fluxo de materiais.

O Kaizen é uma das ferramentas da produção enxuta que nos dá melhorias contínuas em todos os aspectos de uma organização através de intervenções de baixo custo. Esta metodologia foca em tornar o problema transparente para todos os envolvidos e oferecer constantemente a melhoria de processos produtivos e administrativos, com o objetivo de eliminar desperdícios e diminuir custos.

Embora a aplicação do sistema de produção enxuto tenha crescido entre as diferentes áreas de indústrias no Brasil, Baker (2002) afirma que, das empresas que iniciaram a implementação, menos de 10% conseguiram alcançar a maturidade nesse modelo de organização. Dessa forma, conhecer as experiências vividas por empresas durante e após o processo de implementação enxuta é crucial, destacando as dificuldades enfrentadas.

Com o intuito de reduzir tempos de processos industriais na fabricação do seu principal produto, a empresa em questão vem buscando implementar práticas enxutas e mudança de layout no decorrer dos últimos anos. Neste contexto, o presente estudo de caso objetiva analisar o processo produtivo

através de práticas enxutas em uma fábrica de transformadores que está localizada na cidade de Cruz das Almas – BA.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar o processo produtivo numa fábrica de transformadores por meio da aplicação de ferramentas *Lean*.

2.1.1. Objetivos Específicos

- Mapear processos produtivos e calcular o *takt time*;
- Desenvolver o Fluxo de Valor (VSM) do estado atual;
- Aplicar o Kaizen de Processo;
- Apresentar o Fluxo de Valor (VSM) do estado futuro;
- Comparar o estado atual com o futuro.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Lean Manufacturing

3.1.1. Histórico

O japonês Sakichi Toyoda, fundador da Toyoda Teares, criou em 1924, teares automatizados que paravam a produção no caso de o fio arrebentar, surgindo assim o conceito Jidoka, um dos pilares do Sistema Toyota de Produção. Em 1930, o engenheiro mecânico Kiichiro Toyoda, filho de Sakichi, após voltar dos Estados Unidos entusiasmado com a indústria de automóveis, criou uma sala de estudo de carros dentro da fábrica de teares de seu pai. Em 1936 lançou o automóvel Standard Sedan AA 1936 – Toyoda, fundando em 1937 a Toyota Motor Co.

Kiichiro, juntamente com seu primo engenheiro mecânico Eiji Toyoda, inauguraram a nova fábrica e lançaram o Just In Time (JIT) conceituado como entregar o que é pedido apenas e onde é requerido, eliminando assim os estoques desnecessários e conseqüentemente aumentando a produtividade. O JIT unido ao Jidoka formam os dois maiores pilares do *lean manufacturing*.

Em 1953, o engenheiro japonês Taiichi Ohno criou o sistema Kanban na fábrica da Toyota, sistema responsável por controlar visualmente a quantidade de materiais na produção. Neste mesmo ano o engenheiro Shigeo Shingo implantou o poka-yoke (sistema à prova de montagens erradas) e o setup rápido (trocas rápidas de ferramentas das máquinas).

Dessa forma, de acordo com Ohno (1997), foi na década de 50 em um cenário pós-segunda guerra, com o objetivo de se destacar de concorrentes norte-americanos que produziam em larga escala, que a Toyota tornou-se a pioneira na definição de conceitos e de práticas enxutas.

3.1.2. Conceito

Segundo R., Vinodh e P. (2017), o *lean manufacturing* é definido como um sistema de processos capazes de eliminar desperdícios.

Godinho Filho e Fernandes (2004) definem o *lean manufacturing* como um modelo de gestão que direciona situações de mercado permitindo que a empresa alcance seus objetivos de qualidade e produtividade. Esses direcionamentos são dados por uma série de ferramentas e princípios que auxiliam nos processos desenvolvidos na organização.

De acordo com Ohno (1997), o *lean manufacturing* tem o objetivo de eliminar tudo e qualquer atividade que não agrega valor ao produto, ainda acrescenta que o desperdício não é a causa raiz do problema. Portanto, manter empregos e eliminar desperdícios proporciona a melhoria contínua dentro do ambiente fabril.

Utilizando do mesmo raciocínio, Hines e Taylor (2000) afirmam que a essência do pensamento enxuto se dá a partir de cinco princípios que são estendidos para muito além da produção automotiva, pois podem ser utilizados em qualquer tipo de organização. São eles:

- Especificar o que agrega e não agrega valor de acordo com a visão do cliente;
- Identificar todas as etapas do projeto em todo o fluxo de valor de maneira que possa evidenciar os desperdícios;
- Fazer com que os processos que agregam valor sejam executados sem interrupções;
- Fazer apenas o que for pedido pelo cliente;
- Buscar sempre a perfeição evitando camadas de resíduos.

Segundo Dennis (2008, p.37), a base do sistema Lean é estabilidade e padronização. As paredes são a entrega de peças e produtos *just-in-time* e *jidoka*, a automação com uma mente humana. A meta (o telhado) do sistema é o foco do cliente (...) O poder do sistema Toyota está no constante reforço

de seus conceitos centrais. A Figura 1 apresenta a “Casa do Sistema Toyota de Produção” que busca ilustrar o que é descrito pelo autor.

Figura 1 - A casa do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Liker (2005, p.51)

3.1.3. O *Lean* e a redução de desperdícios

Segundo Womack e Jones (2004), nem todos os processos para fabricar determinado produto agregam valor. Neste contexto, a análise de valor agregado é uma forma detalhada de analisar cada etapa de produção, identificando etapas críticas que poderão gerar um retrabalho ou até mesmo outro trabalho para reduzir cada vez mais os custos. Neste mesmo contexto, Womack e Jones (2004) ainda afirmam que sem esta análise de valor, só resta adivinhar o preço de um produto.

Hines e Taylor (2000) conceituam as três atividades que existem dentro de uma organização:

- I. Agrega valor: é toda atividade que torna o produto mais valioso na visão do cliente final. É aquela atividade que todo cliente fica feliz em pagar por ela!

- II. Não agrega valor: é aquela atividade em que aos olhos do cliente não é valorizada para o produto pedido. Portanto, é o tipo de atividade que é considerada desperdício e deve ser retirada de maneira urgente do processo.
- III. Atividade necessária sem valor agregado: como o próprio nome sugere, é aquela atividade em que não torna o produto mais valioso, porém é necessária. Esta, normalmente, é mais difícil de remover do processo em curto prazo. Um bom exemplo seria a revisão de um equipamento que foi testado em uma máquina não confiável.

Diante dos conceitos das três atividades apresentadas anteriormente, percebe-se a necessidade de identificar aquelas que não agregam valor e eliminá-la do processo. Para isso, deve-se conhecer os desperdícios do sistema em questão.

De acordo com Slack; Chambers; Johnston (2002), o desperdício é tudo que não agrega valor a um produto. Ainda neste contexto, Slack; Chambers; Johnston (2002) definem os 7 tipos de desperdícios que a Toyota identificou, são eles:

- Superprodução: produzir mais do que necessário para o próximo setor, sendo essa a maior das fontes de desperdícios;
- Tempo de espera: tempo em que o trabalhador fica ocioso ao executar uma determinada tarefa;
- Transporte: é a movimentação exagerada de materiais e pessoas. Uma mudança no arranjo físico é capaz de aprimorar e organizar o local de trabalho;
- Processo: muito comum em escolhas de procedimentos ou ferramentas inadequadas para determinada atividade;
- Estoque: armazenamento excessivo gera perdas de espaço e tempo de produção que poderiam ser utilizados em atividades que pudessem gerar valor à empresa;
- Movimentação: movimento de um colaborador não quer dizer que tenha algum valor agregado naquela atividade;

- Produtos defeituosos: perda de tempo na confecção de um produto defeituoso pode implicar em grandes prejuízos para a organização.

3.2. Ferramentas do *Lean Manufacturing*

Para aplicar o *lean manufacturing* é necessário aplicar algumas ferramentas, que são muitas, porém para o desenvolvimento deste estudo de caso serão aprofundadas três delas: Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM), o Kaizen e o Gráfico de Balanceamento de Operadores.

3.2.1. Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM)

Para Rother e Shook (1999), o fluxo de valor é tudo que se torna necessário realizar para confeccionar um produto desde o recebimento do pedido a entrega para o consumidor final.

Seguindo o mesmo raciocínio anterior, deve-se levar em consideração não só o fluxo de materiais como também o fluxo de informação para produção de determinado produto.

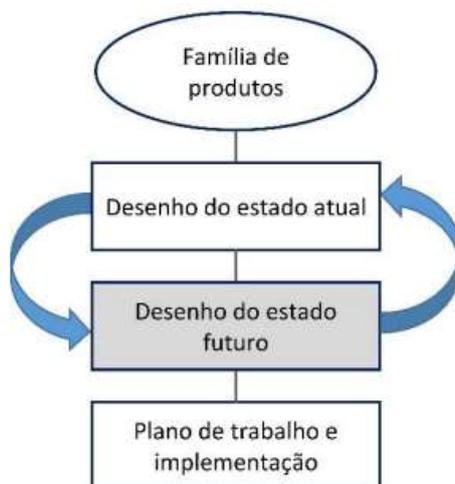
Por conta disso, é traçado uma visão atual de todo o processo e desenhada uma ideia de como deveria ser o estado futuro daquela linha de produção.

Assim, temos dois modelos de mapas de fluxo de valor que são definidos abaixo:

- 1) Mapa do estado atual: descreve como o processo funciona atualmente;
- 2) Mapa do estado futuro: descreve o processo ideal que determinada linha de produção deveria seguir para ter mais valor agregado com menores custos.

Para se mapear um fluxo de valor, deve-se seguir as etapas abaixo (Figura 2). A etapa de desenhar o estado futuro possui destaque pois é o objetivo a ser alcançado. Um mapa do estado atual não possui valor se não estiver relacionado com um estado futuro desejado.

Figura 2 - Etapas iniciais de mapeamento do fluxo de valor

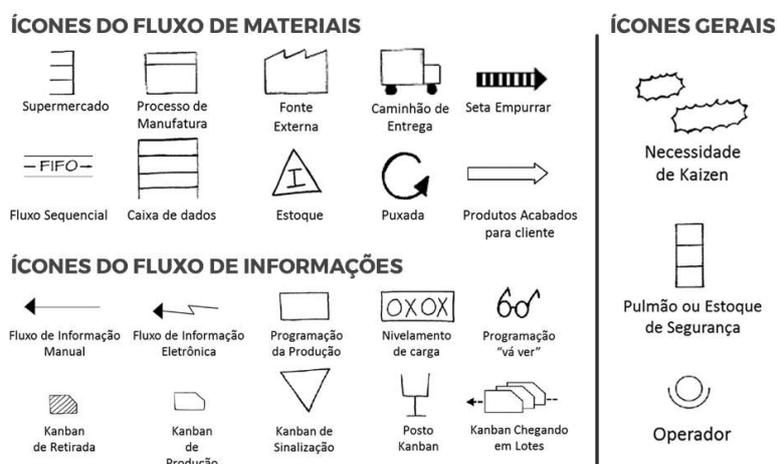


Fonte: Adaptado de Rother e Shook (1999)

Explicando o fluxograma acima, primeiramente é feita a coleta de informações no chão de fábrica. A partir daí conseguiremos desenvolver um estado futuro como meta. As setas com duplo sentido entre os dois estados nos indicam que enquanto o primeiro estado estiver sendo desenhado, irá possibilitar a visão do que será preciso no estado futuro, de mesmo modo que, quando o estado futuro estiver sendo desenhado irá mostrar pontos que não foram evidenciados enquanto o estado atual fora desenhado.

A Figura 3 abaixo dispõe alguns símbolos que são utilizados no Mapeamento de Fluxo de Valor.

Figura 3 - Símbolos do VSM



Fonte: Nortegubisian (2018)

Ainda em Rother e Shook (1999), temos as definições de dois indicadores que serão utilizadas no decorrer deste trabalho, são elas:

- Tempo de ciclo: é o tempo com que uma peça é produzida em um determinado processo.
- *Lead time*: é o tempo que uma peça leva para se mover desde o pedido do cliente até o recebimento do produto final.

Faz parte do VSM tanto atual quanto futuro a linha do tempo que fica localizada na parte inferior do VSM, abaixo da caixa de informações dos processos. Esta é uma barra indicadora que registra, calcula e exibe o *lead time* e o tempo de processamento do produto em estudo.

O principal objetivo de se utilizar a ferramenta VSM é construir um fluxo contínuo que é orientado pela demanda do cliente desde a matéria-prima ao recebimento do produto finalizado.

Para Ferreira (2004), o *takt time* na manufatura enxuta é o tempo que é preciso para produzir um produto por completo. Este tempo é dado pela Equação 1 descrita abaixo.

$$Tkt = \frac{TOL/P}{DC/P} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: Tkt = *Takt Time* (minutos ou segundos)

TOL = Tempo Operacional Líquido (minutos ou segundos)

P = Períodos ou Turnos

DC = Demanda do Cliente (unidades)

Simplificando, a Equação 1 nos diz que o *takt time* é o tempo em que o cliente quer o produto versus o tempo de ciclo de produção dele.

3.2.2. Kaizen

De acordo com Imai (1990), Kaizen significa muito mais que melhoramento, mas sim um melhoramento contínuo em todos os ramos da vida.

Quando aplicado dentro de uma organização envolve todos, desde a alta administração aos níveis diretamente operacionais.

Kaizen vem do japonês das palavras Kai (mudar) e Zen (melhor), trazendo como significado a Melhoria Contínua. Conhecida como Guarda-Chuva Kaizen, a metodologia abrange a maioria das práticas japonesas que englobam melhorias, apresentadas pela Figura 4.

Figura 4 - O Guarda-Chuva KAIZEN



Fonte: IMAI (1990)

Ainda em Imai (1990), o Kaizen foca na conscientização do problema e oferece constantemente a melhoria de processos produtivos e administrativos, com o objetivo de eliminar desperdícios e diminuir custos. De acordo com Masaaki Imai, o Kaizen possui 10 mandamentos que devem ser seguidos, são eles:

- 1) Eliminar o desperdício;
- 2) As melhorias devem ser feitas gradualmente;
- 3) Todos da organização devem estar envolvidos, desde o chão de fábrica à alta direção;
- 4) A estratégia não requer altos investimentos em tecnologias e consultores;
- 5) Mesmo sendo uma ferramenta japonesa, pode ser aplicada em qualquer lugar;

- 6) Apoia-se em uma gestão visual transparente a todos dentro da organização;
- 7) O foco é sempre no local onde se cria o valor (“Gemba”, em japonês);
- 8) Orienta-se para processos;
- 9) É uma ferramenta em que foca em pessoas, pois acredita-se que o principal esforço da melhoria vem de uma nova mentalidade e estilo de trabalho das pessoas envolvidas;
- 10) O principal lema é: aprender fazendo.

3.3. Lean na Indústria Eletroeletrônica

Por conta da grande universalidade de seus princípios, apesar de ter surgido dentro da indústria automotiva, o *lean* pode ser aplicado em diversos seguimentos, desde indústrias a hospitais.

De acordo com Thaiany (2019), principalmente para a indústria eletroeletrônica, as práticas e pilares do *lean* são de muita relevância já que o mercado cresce acirrado e competitivo, a busca por processos cada vez mais enxutos e pela eliminação de desperdícios é muito importante para as empresas se manterem ativas. Esse tipo de indústria está permanentemente em inovação o que obriga as empresas a se reorganizarem constantemente dentro de seus processos.

4. METODOLOGIA

4.1. Estudo de Caso

A metodologia escolhida para o presente trabalho foi o estudo de caso. Fez-se abordagem de conceitos do *Lean Manufacturing* em uma fábrica de autotransformadores de médio porte, a qual, durante toda a sua existência, vem buscando dia a dia otimizar processos e eliminar desperdícios dentro de sua linha produtiva. Desta maneira, foram observados os processos de produção dentro desta organização e, assim, com o auxílio de ferramentas de análise e medição do *lean manufacturing*, tornou-se possível a diminuição no tempo de produção.

Segundo Marconi e Lakatos (2003), a pesquisa de campo tem o objetivo de conseguir informações sobre determinado problema, consistindo na observação de fatos, na coleta de dados a eles referentes e no registro de variáveis relevantes para suas análises.

Yin (2005, p.32) define o estudo de caso como uma investigação empírica capaz de investigar um fenômeno dentro de uma organização, vida individual, processos administrativos e organizacionais.

Pode-se associar o presente estudo de caso com abordagem quantitativo-descritivo, que, de acordo com Marconi e Lakatos (2003) consiste na análise das características de fatos de uma determinada organização.

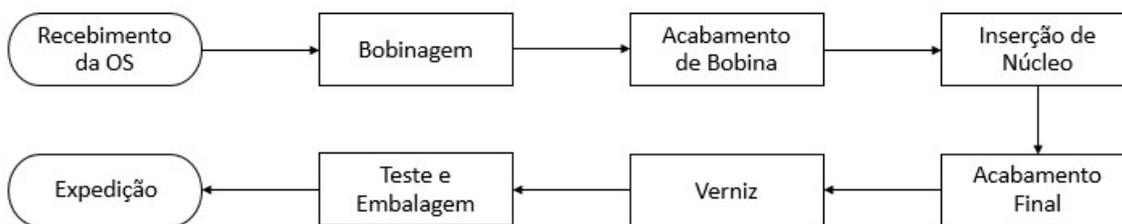
4.2. Campo de Estudo

A empresa em estudo possui nome de G-Stark Tecnologia e está situada na cidade de Cruz das Almas – Bahia. Trabalha com produção de diversos produtos eletroeletrônicos, tais como: autotransformadores, transformadores, fontes digitais, filtros de linha, amplificadores, inversores, entre outros.

Para produzir esses produtos, a fábrica é dividida em tais linhas de produção: linha de transformadores, linha digital, linha de inversores e linha de amplificadores. Para o presente trabalho, iremos nos aprofundar na produção de um modelo de autotransformador que faz parte da linha de transformadores. Na

ordem de produção, cumprem-se as etapas abaixo, conforme apresentado também pela Figura 5:

Figura 5 - Fluxograma de etapas do processo



Fonte: Autora (2022)

- I. Bobinagem: aqui é confeccionada a bobina interna do produto, com a utilização de fios de alumínio em diversas bitolas (depende da potência do produto) envolvendo um carretel plástico através de um operador utilizando a bobinadeira elétrica;
- II. Acabamento de bobina: após a bobina finalizada, é feito o processo de acabamento em que se raspa as pontas dos fios, é inserido um dispositivo de controle de temperatura que após ser soldado com estanho é coberto com espaguete isolantes;
- III. Núcleo: nesta etapa, a bobina é preenchida com lâminas de aço de modelo EI;
- IV. Acabamento final: após a inserção das lâminas, para finalizar a primeira parte da produção, canecas externas são inseridas e fixadas ao núcleo através de parafusos para que então as tomadas possam ser ligadas aos fios;
- V. Verniz: com o intuito de melhorar o acabamento, o autotransformador passa por um banho de verniz que dá ao produto maior vida útil;
- VI. Teste e embalagem: após processo de secagem do verniz, o autotransformador é testado com a utilização de um multímetro e, passando pelo teste de qualidade, é embalado juntamente com seus acessórios e enviado à expedição da fábrica;
- VII. Expedição: por fim, aqui é feito o processo de controle de estoque de produto final e direcionamento ao cliente.

A Figura 6 traz o registro da linha de produção em estudo.

Figura 6 - Linha de Produção de Transformadores



Fonte: Autora (2022)

Os turnos da empresa são:

- Segunda à sexta-feira das 7h 00min às 11h e 30min e das 13h 00min às 17h e 18min (totalizando 8h e 48min de jornada diária);
- A fábrica não funciona aos sábados.

A fábrica em estudo possui 6 colaboradores na linha de produção de autotransformadores.

4.3. Métodos

4.3.1. Mapeamento de processos produtivos e cálculos de tempos

A autora vivenciou a rotina da fábrica por mais de 1 (um) ano, tornando possível a medição dos tempos de cada processo sem que houvesse alteração na rotina de cada setor. Os tempos foram marcados com o uso de um cronômetro. Para a escolha do produto adequado, foi feita a matriz da Família de Produto da G-Stark.

Para se determinar o tempo de ciclo, a ferramenta utilizada foi a cronoanálise. Ferramenta essa que, segundo Barnes (1977), deve-se seguir alguns passos importantes, tais como: registrar todas as informações sobre o processo e operador estudado; dividir o processo em elementos; registrar o

tempo gasto no processo; determinar o número de ciclos que serão analisados; avaliar o ritmo, as tolerâncias e por fim, determinar o tempo de ciclo para cada etapa do processo.

Portanto, após todo reconhecimento de tempos de cada processo para confecção do produto em estudo, será desenvolvido um gráfico de barras de maneira que evidencie todas as etapas de desenvolvimento com seus respectivos tempos de ciclo. Este gráfico nos servirá como parâmetro de identificação de gargalos de produção.

4.3.2. Construção do VSM do estado atual

Para a construção do Mapa de Fluxo de Valor Atual da organização, fez-se necessária a participação de diferentes setores da empresa além da linha de produção, visto que neste mapa não é levado em consideração apenas o fluxo de materiais, mas também o fluxo de informações.

4.3.3. Kaizen de Processo

Análises de processos serão feitas nesta etapa, objetivando identificar e eliminar desperdícios que aumentam o lead time do produto afim de aumentar a qualidade e diminuir custo de produção, tornando possível a construção do VSM do estado futuro.

4.3.4. Construção do VSM do estado futuro

Após todos os cálculos e análises baseados não só em momentos de medição como em vivência no dia a dia da empresa, o VSM de estado futuro deverá ser construído com propostas de redução de tempos e otimização de processos.

A Figura 7 apresenta as etapas do cumprimento dos métodos adotados no estudo de caso.

Figura 7 - Fluxograma de Métodos



Fonte: Autora (2022)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos através da metodologia aplicada.

5.1. Resultados do Mapeamento de Processos e Cálculos de Tempos

Na definição do produto para a análise, foi realizada a Matriz da Família de Produto da G-Stark. A matriz é representada pela Figura 8 abaixo.

Figura 8 - Matriz da Família de Produto G-Stark

| PRODUTOS | SETORES | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|----------------------|--------------------|------------|--------|-------------------|----------|--------------------|-----------------|----------|-------------------|-----------|
| | Bobinagem | Acabamento de Bobina | Inserção de Núcleo | Acabamento | Verniz | Inserção de Placa | Inversor | Acabamento Digital | Revisão e Teste | Montagem | Teste e Embalagem | Expedição |
| Transformador | X | X | X | X | X | | | | | | X | X |
| Autotransformador | X | X | X | X | X | | | | | | X | X |
| Trifásico | X | | X | X | X | | | | | | X | X |
| Filtro de Linha | X | | | | | | | | | | X | X |
| Fonte Digital | X | | | | | X | | X | X | X | X | X |
| Inversor | X | | | | | X | X | | | X | X | X |
| Amplificador | X | X | X | | X | X | | X | X | X | X | X |

Fonte: Autora (2022)

A família de produtos de transformadores e suas variáveis, embora não seja a linha de produtos que percorre pela maioria dos setores do chão de fábrica, é a família que gera maior receita para a G-Stark, visto que além de diversos produtos passarem por esta mesma linha de produção, são a maioria entre os pedidos de clientes.

Existem 6 (seis) colaboradores com participação direta nesta linha de produção, cada um deles atuando de maneira isolada em cada setor já descrito na metodologia deste trabalho.

Após mais de 1 (um) ano de vivência na linha de produção em estudo, utilizando as ferramentas de cronoanálise, cada setor foi analisado em diferentes condições e ritmos, tornando possível que os tempos fossem retirados em condições frequentes e normais dentro da organização. Cada elemento de trabalho foi cronometrado separadamente, isto porque o tempo total para uma sequência de processos inclui tempos de desperdícios. Deve-se destacar que os tempos de ciclo utilizados não correspondem aos tempos cronometrados, mas sim aos tempos padrões que foram calculados levando em consideração ritmo do operador e tolerâncias que envolvem o colaborador e a tarefa executada.

Abaixo estão postos na Tabela 1 os resultados dos cálculos de tempo de ciclo de cada setor, ou seja, o tempo que cada setor realmente leva para efetuar a sua tarefa.

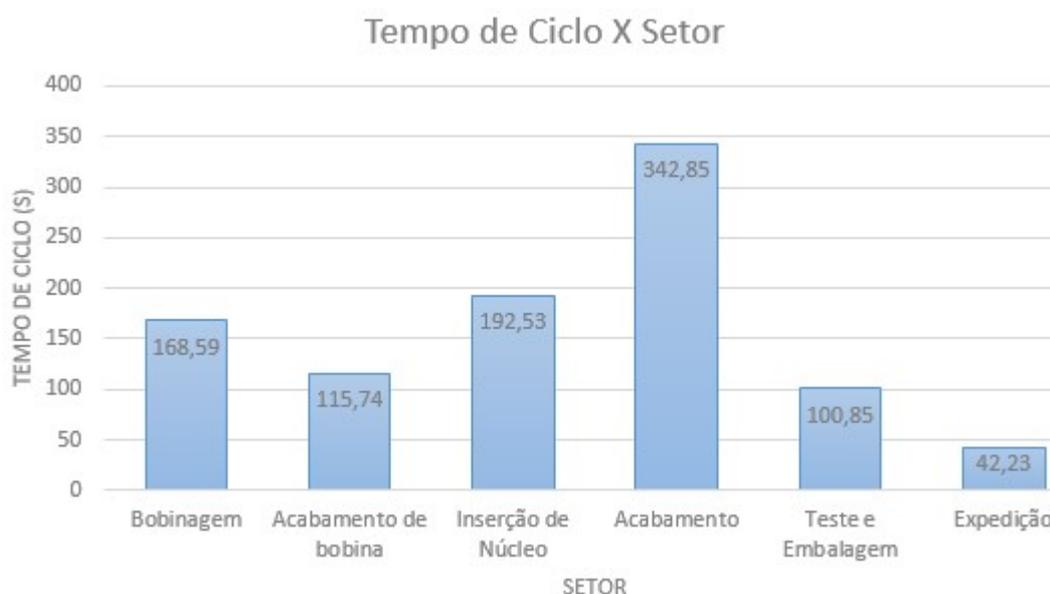
Tabela 1 - Tempo de ciclo de cada setor

| Setor | Tempo de Ciclo (min) | Tempo de Ciclo (s) |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|
| Bobinagem | 2,8097 | 168,59 |
| Acabamento de Bobina | 1,9289 | 115,74 |
| Inserção de Núcleo | 3,2087 | 192,53 |
| Acabamento Verniz | 5,7141 | 342,85 |
| Teste e Embalagem | 1,6808 | 100,85 |
| Expedição | 0,7538 | 42,23 |

Fonte: Autora (2022)

No gráfico da Figura 9 estão dispostos os tempos de ciclo, em segundos, de cada setor.

Figura 9 - Tempo de Ciclo X Setor



Fonte: Autora (2022)

Sabendo que a linha de produção possui uma carga horária diária de trabalho de 8 horas e 48 minutos que equivale a 31.680 segundos, subtraindo as pausas programadas para lanches de 10 minutos por dia, temos 31.080 segundos disponíveis para produção (tempo operacional líquido). Aplicando na Equação 1 e, considerando os pedidos de um cliente recorrente que, em um determinado período do ano, chega a um número de 900 peças por semana

deste produto, temos uma média de pedidos de 180 peças por dia (demanda do cliente), assim, dividindo o tempo operacional líquido pela demanda diária do cliente, temos o *takt time* = 172,66 segundos. Ou seja, a produção precisa fabricar um autotransformador a cada 172,66 segundos.

5.2. Construção do VSM do Estado Atual

Como dito anteriormente, foi levada em consideração a demanda da G-Stark com seu principal cliente que consome, no período mais frio do ano, uma média de 3.600 unidades de autotransformadores por mês. Sendo que são 2.100 unidades do tipo “A” e 1.500 unidades do tipo “B”. A construção do VSM atual se dá a partir dos requisitos do cliente, representado por uma caixa de dados do lado superior direito do diagrama, como mostra a Figura 10 abaixo.

Figura 10 - Representação dos requisitos do cliente no VSM



Fonte: Autora (2022)

Sabe-se que a diferença em relação a tempo destes dois tipos de produtos se dá na troca do carretel e na bitola do fio que são utilizados no processo de bobinagem, troca essa que demora 2 minutos, e, no processo de acabamento em que acontece a troca de canecas externas que dura 1 minuto. Esses tempos de troca são representados no VSM pela sigla “TR”. Dessa forma, são postos na parte inferior da folha, caixas que representam os processos de produção para a fabricação do produto em estudo, caixas essas representadas na Figura 11.

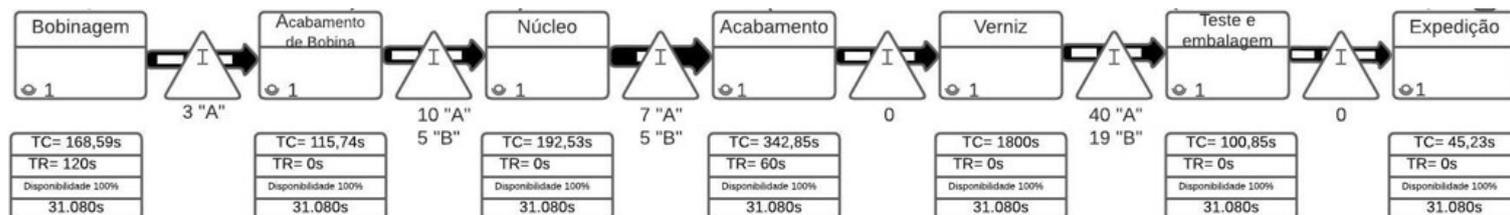
Figura 11 - Caixas de processos com dados



Fonte: Autora (2022)

Após a organização dos processos de fabricação, deve-se listar os inventários intermediários de cada setor, ou seja, a quantidade de peças que estão em espera entre os setores de produção. Veja a representação dos inventários na Figura 12. Nesta etapa também deve-se representar a maneira como ocorre o fluxo de materiais entre os processos, no presente estudo o fluxo ocorre de maneira empurrada.

Figura 12 - Representação de inventários entre processos

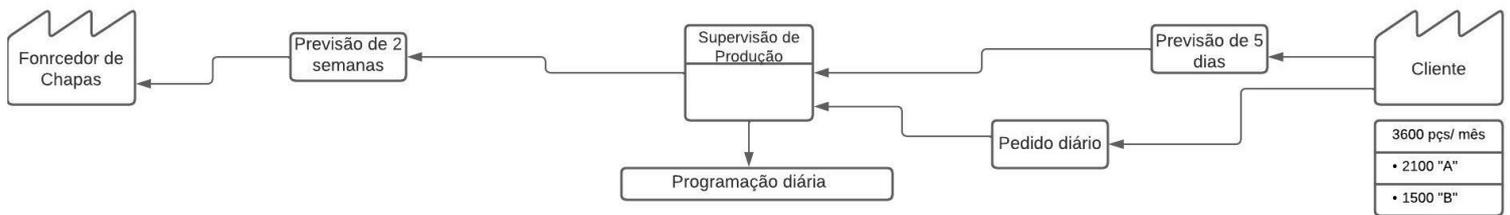


Fonte: Autora (2022)

Depois do pedido efetuado, o cliente recebe a previsão de 5 dias úteis para receber, toda sexta-feira, lotes de 900 unidades, sendo 525 unidades do tipo "A" e 375 unidades do tipo "B". A supervisão de produção emite programações diárias para todos os processos que devem produzir diariamente 105 unidades do produto A e 75 unidades do produto B, e, emite para a expedição programações semanais de entregas.

Toda matéria-prima utilizada na produção dos produtos A e B são compradas e armazenadas em grandes estoques, com exceção das lâminas de aço que são pedidos lotes a cada quinzena e que o fornecedor entrega com até 7 (sete) dias, fazendo assim um estoque de lâminas para produção de 10 dias. Esse processo é chamado de fluxo de informação que pode ser representado pela Figura 13.

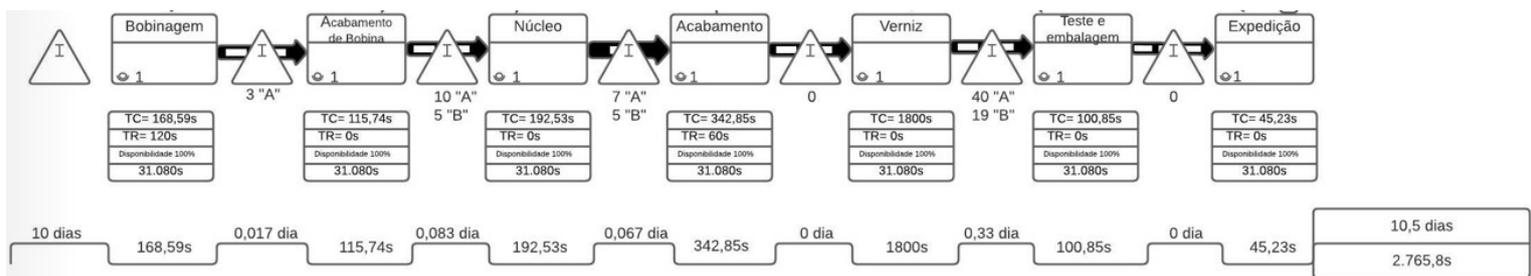
Figura 3 - Representação do Fluxo de Informação



Fonte: Autora (2022)

Depois de identificar e representar os processos, é adicionada uma linha do tempo abaixo das caixas de processos. Nessa parte do diagrama, devemos inserir os tempos que agregam valor (parte inferior) e que não agregam valor (parte superior), permitindo assim o cálculo de *lead time* e tempo de valor agregado. A Figura 14 representa essa linha do tempo com os tempos incluídos.

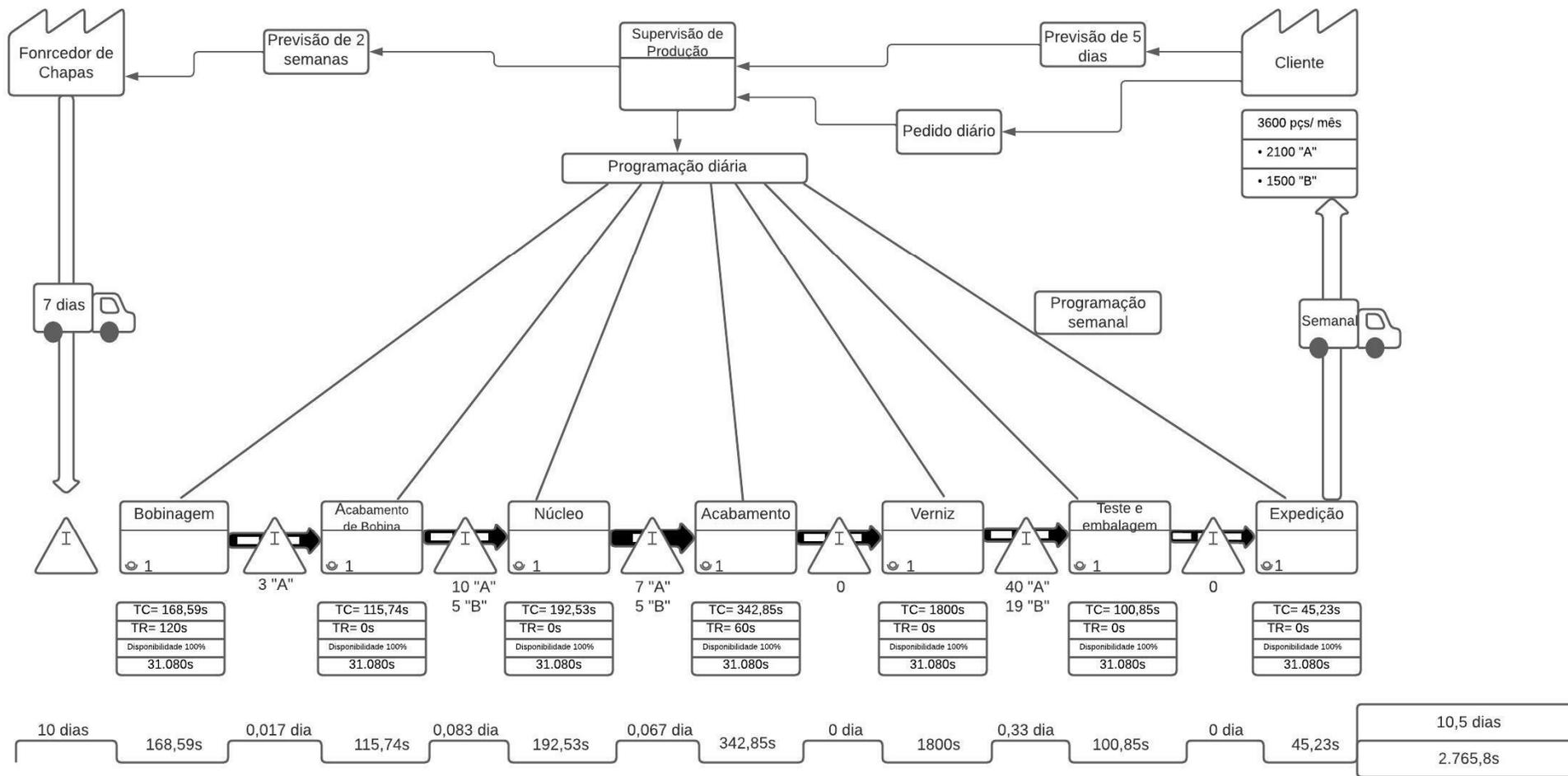
Figura 14 - Linha do tempo



Fonte: Autora (2022)

Reunindo os fluxos de materiais e informações descritos anteriormente, o mapa do estado atual tomou a seguinte estrutura representada pela Figura 15.

Figura 15 - VSM atual



Fonte: Autora (2022)

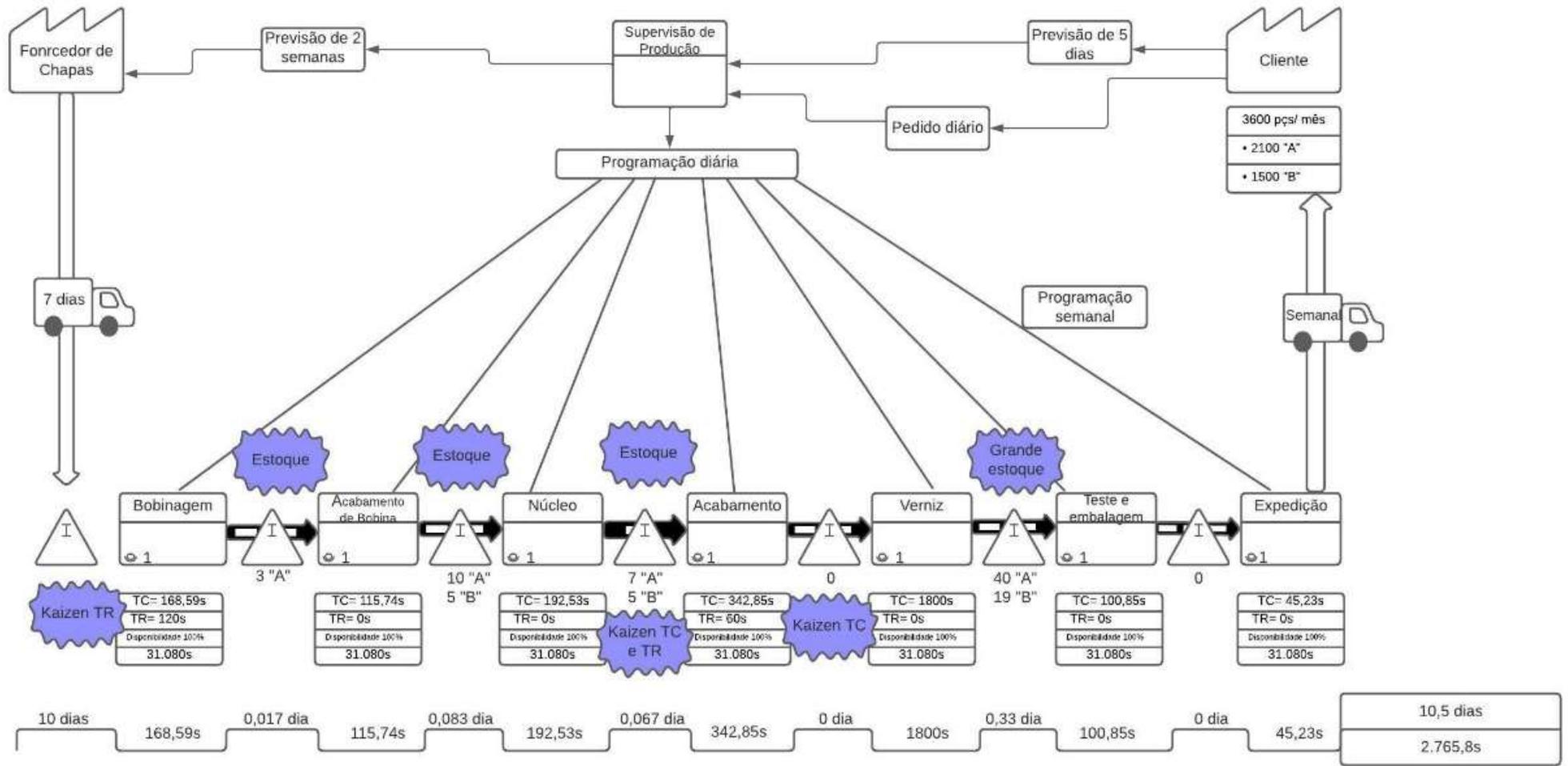
5.3. Aplicação do Kaizen de Processo

Embora a empresa comece a produzir após o recebimento do pedido do cliente, observa-se que cada processo opera como setor isolado, produzindo e empurrando o produto de acordo com a programação recebida da Supervisão da Produção ao invés de atender as necessidades dos setores seguintes. Portanto, se este material produzido ainda não se faz necessário e é armazenado entre os setores, é considerado o desperdício da superprodução. Muito mais além disso, possíveis defeitos dentro deste estoque entre processos são encobertos até que o próximo processo tenha contato com essas peças e descubra o problema. Desta forma, o tempo que o produto leva para ser produzido representa 0,30% do *lead time* que é o tempo em que passa pela planta por completo.

Ao vivenciar a planta por muito tempo, não só no dia em que foi feita a análise, foi observado também uma grande movimentação do colaborador que fica no setor de acabamento que também é responsável por levar as peças produzidas por ele para o tanque de verniz. Movimentação esta considerada desperdício na visão *lean* e responsável pela elevação do tempo de ciclo para aquele processo.

Na Figura 16 está representado o VSM atual com o que chamamos de “explosão kaizen” com possíveis melhorias para estruturar um VSM de estado futuro com o objetivo de tornar os processos atuais com uma produção de fluxo mais contínuo possível dentro da realidade da organização.

Figura 16- VSM atual com explosões kaizen



Fonte: Autora (2022)

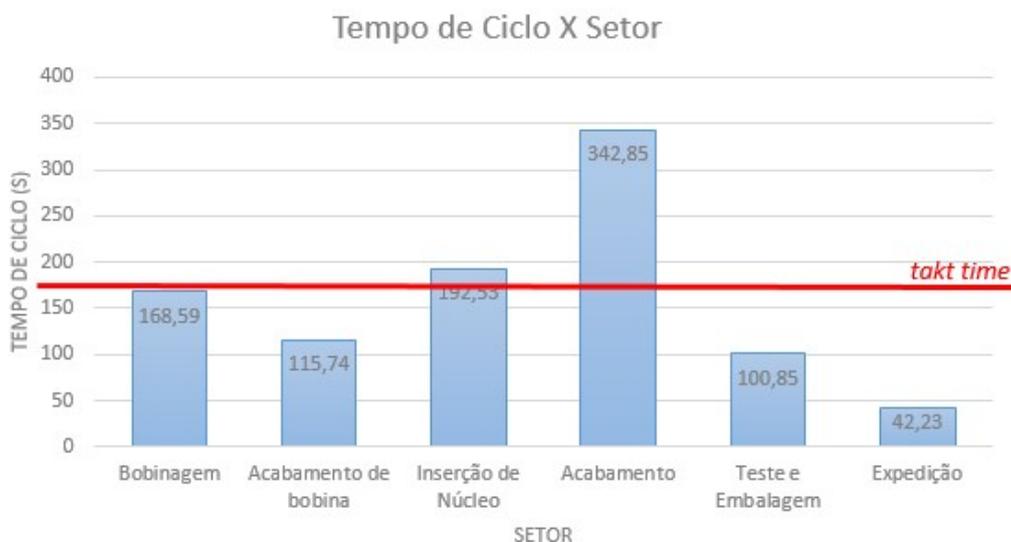
Embora o estoque de lâminas tenha sido levado em consideração para o cálculo do *lead time*, vivendo o dia a dia da empresa notou-se que, por dificuldades de logística deste material, este estoque faz com que desperdícios financeiros maiores como o de atraso de entrega do produto sejam evitados.

A primeira etapa para começar a transformar o fluxo de valor atual em um processo enxuto é produzir de acordo com o *takt time* calculado anteriormente que equivale a 172,66 segundos. Embora pareça simples, fazer com que cada processo seja realizado dentro do *takt* é necessário se aprofundar em respostas rápidas para problemas, eliminação de desperdícios e eliminação de causas de paradas não planejadas.

O segundo ponto a ser analisado é a viabilidade de a G-Stark produzir estes produtos A e B para uma logística de supermercado de produtos acabados na expedição, criando um pequeno estoque final e à medida que estes forem retirados, a produção iria repondo. Porém, notou-se que existe uma variabilidade semanal nos pedidos do cliente em questão que não é prevista pelo sistema da empresa tornando esta opção inviável.

Em uma terceira etapa de análise, foram observados os tempos de ciclo de cada processo e comparados com o tempo *takt*, como mostrado na Figura 17.

Figura 17 - Gráfico de Tempo de Ciclo e *takt time*



Fonte: Autora (2022)

Excluindo da análise o setor “Expedição” já que o operador não interfere na produção do autotransformador, somando-se os tempos de ciclo de cada setor temos o tempo total de trabalho de 920,56 segundos. A partir disso, utilizando a Equação 2, temos que para estruturar uma produção mais enxuta precisa-se de 5,33 colaboradores na linha de produção. O que torna possível o balanceamento da linha aplicando kaizen de processos nos operadores que já fazem parte desta linha.

$$NO = \frac{\text{Tempo total de trabalho}}{\text{Tempo takt}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: NO= Número de operadores

Analisando o gráfico da Figura 17 podemos observar um fluxo produtivo desbalanceado justificando assim o grande número de peças prontas entre os setores.

O primeiro Kaizen aplicado refere-se ao tempo de *setup* no setor de bobinagem que pode ser eliminado caso seja aplicado um estoque de fios já posicionados na máquina de certa forma que o operador não precise se levantar para buscar mais carretéis e instalar na bobinadeira, e, no momento em que esses carretéis reservas fossem utilizados, o bobinador acionasse o colaborador responsável pela reposição dos fios, visto que sua mão de obra não é contabilizada no fluxo de produção.

Deve-se analisar também o porquê de o setor de acabamento necessitar duas vezes mais que o tempo *takt* para concluir sua atividade.

Vivenciando dia a dia as atividades realizadas, notou-se uma grande movimentação do colaborador tanto para repor as canecas externas acima da bancada para acoplar nos autotransformadores, quanto para levar essas peças semiacabadas para o verniz que está localizado a uma grande distância do seu setor provocando um alto desperdício de movimentação. Desperdício este que, com um rearranjo do layout atual e da bancada em questão pode ser diminuída a utilização desse colaborador em até 156 segundos (dados extraídos através da ferramenta de cronoanálise feita pela própria autora) em atividades que não

agregam valor, visto que 60 segundos são referentes a buscar outro modelo de caneca externa e 96 segundos para levar as peças para o setor de verniz.

Voltando-se para o setor de verniz, atualmente é necessária uma espera de 30 minutos após o autotransformador ser banhado pela mistura para que ele seja encaminhado para o setor de teste e embalagem. Pode-se levar em consideração a inserção de estufas que possuam grandes ventiladores para otimizar esse tempo de secagem do verniz, otimizando ainda mais esse processo.

Dentro dos tempos de ciclos expostos, estão os tempos de movimentação em que os colaboradores levam o produto acabado de um setor para outro. Na Tabela 2 abaixo podemos observá-los.

Tabela 2 - Tempos de movimentação entre setores

| Setor | Tempo de movimentação (s) |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Bobinagem | 32 |
| Acabamento de Bobina | 21 |
| Inserção de Núcleo | 51 |
| Acabamento | 96 |
| Teste e Embalagem | 82 |

Fonte: Autora (2022)

Fazendo uma análise do arranjo físico atual, podemos ver a viabilidade da instalação de esteiras transportadoras por gravidade entre os setores, eliminando assim a necessidade de cada operador sair do setor atual para transportar o produto semiacabado para o setor seguinte.

Aplicando a diminuição desses tempos de transporte aplicados aos tempos de ciclos, temos o seguinte gráfico que está representado na Figura 18.

Figura 18 - Tempos de ciclo após diminuição de transporte



Fonte: Autora (2022)

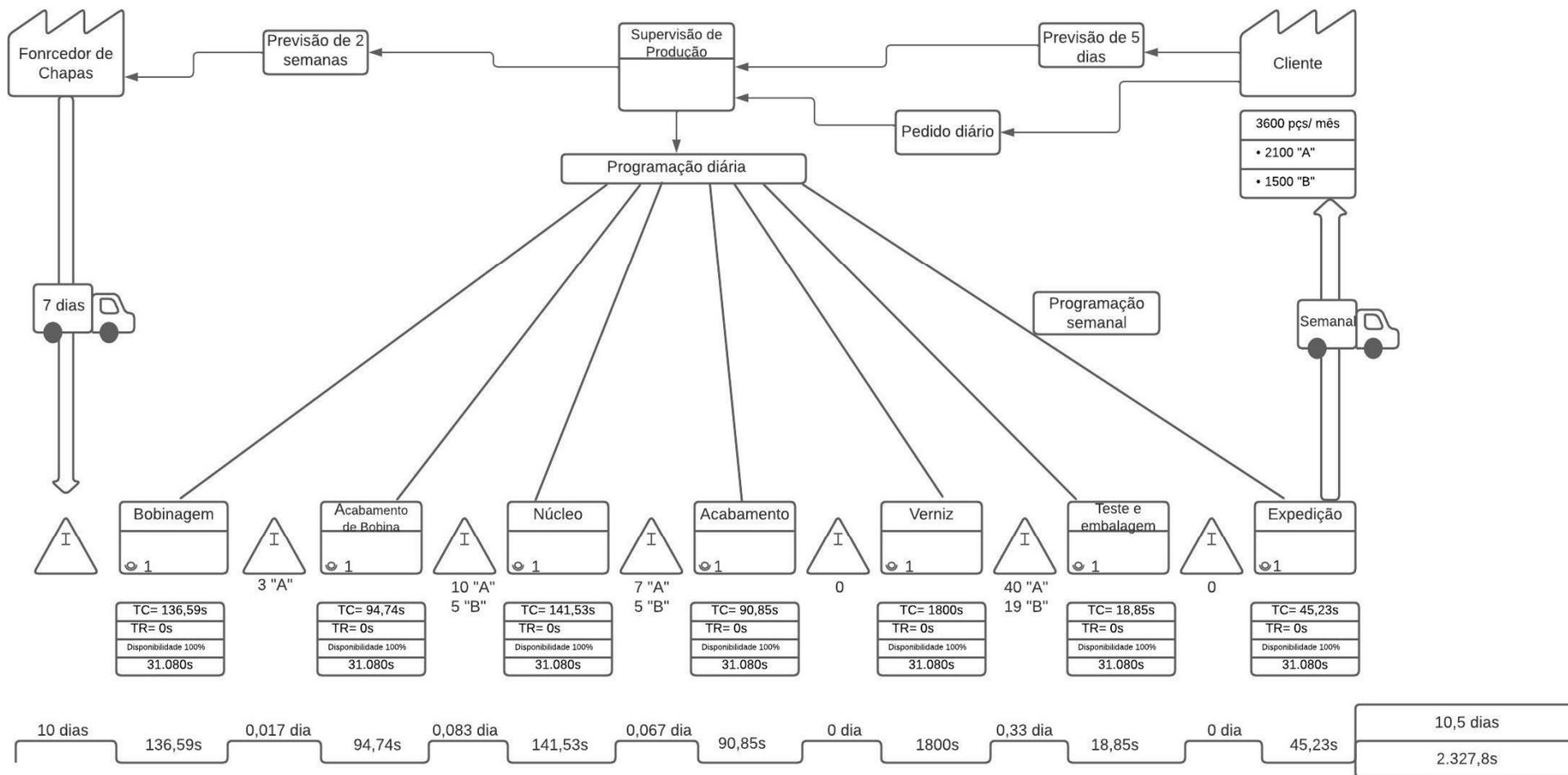
5.4. Construção do VSM do Estado Futuro

Após a listagem de processos kaizen aplicados na linha de produção de autotransformadores em estudo, torna-se possível o desenvolvimento do mapa de fluxo de valor do estado futuro em que é capaz de prever uma diminuição considerável no tempo de atividades que de fato agregam valor ao produto.

Como foi feita apenas uma análise do processo produtivo utilizando ferramentas *lean*, não foi possível mensurar o tempo de secagem do verniz com estufa e também os estoques que ficariam entre cada setor. Por conta disso, para o desenho do VSM do estado futuro, mantiveram-se constantes.

Abaixo na Figura 19 é possível visualizar o VSM do estado futuro.

Figura 19 - VSM do estado futuro



Fonte: Autora (2022)

6. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das atividades fabris vem se mostrando cada vez mais importantes quando fundamentada em conceitos que são amplamente utilizados em organizações de todo o mundo.

Diante dos objetivos propostos no estudo de caso, desenvolveu-se a análise completa do processo produtivo do produto autotransformador na fábrica G-Stark. Dessa forma, tornou-se possível a visualização de todos os processos e tempos que compõem essa fabricação utilizando ferramentas do *Lean Manufacturing*.

Com base nos conceitos das ferramentas da manufatura enxuta que foram abordadas no presente trabalho, tais como: VSM atual, kaizen de processos e VSM futuro, foi possível mostrar melhorias através da diminuição em até 438 segundos em produção no chão de fábrica atual com baixo custo em pequeno a médio prazo, visto que não se torna necessário o investimento em grandes tecnologias.

Assim, os resultados obtidos no presente estudo de caso foram positivos para a empresa, visto que mostrou que pequenas adaptações de layout e processos são capazes de diminuir consideravelmente o tempo de produção do seu produto principal, por conseguinte, a diminuição de custos de produção. Portanto, conclui-se que os objetivos propostos foram alcançados.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

É válido o aprofundamento deste estudo, não só com a implementação das ferramentas abordadas como a aplicação de outras ferramentas *lean*, como por exemplo a mudança de layout de produção.

Considera-se importante também a elaboração de trabalhos acadêmicos nesta área de forma a contribuir com a indústria local para obterem um melhoramento contínuo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, P. **Why is lean so far off? Works Management**, p. 1-4, 2002.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. Tradução da 6ª edição americana. São Paulo: Blucher, 1977.
- DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada. Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- FERREIRA, F. P. **Análise da implantação de um sistema de manufatura em uma empresa de autopeças**. Taubaté: UNITAL, São Paulo, 2004.
- GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F. **Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras**. Revista Gestão e Produção, v.11, n.1, São Carlos, 2004. Disponível em: Acesso em 10 abr. 2020.
- HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean: A guide to implementation**. Lean Enterprise Research Center. Cardiff, UK, 2000.
- IMAI, Masaaki. **Kaizen: A estratégia para o sucesso competitivo**. 3 Ed. São Paulo: IMAM, 1990.
- LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2003.
- NORTEGUBISIAN. **Value Stream Mapping (VSM)**. Disponível em: www.nortegubisian.com.br. Acesso em: 28 jun. 2022.
- OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre, RS: Bookman, 1997. xiii, 149 p.
- R., Ben Ruben; VINODH, S.; P., Asokan. State of art perspectives of lean and sustainable manufacturing. **International Journal Of Lean Six Sigma**, Tiruchirappalli, v. 10, n. 1, p. 234-256, 7 set. 2017. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ijlss-11-2016-0070>.

ROTHER, Mike e SHOOK, John. **Aprendendo a Enxergar. Parte I.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUSA, T. **Barreiras e desafios na implementação da produção enxuta em uma indústria eletroeletrônica.** Florianópolis, 2019.

WOMACK, P. J.; JONES, T. D.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

Yin, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Porto Alegre, RS: Bookman, 2005.