



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA**

**LAÍZA SOUSA GARCIA**

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS  
DO LEAN MANUFACTURING PARA REDUÇÃO DO LEAD TIME PRODUTIVO  
EM UMA EMPRESA DO RAMO EÓLICO: UM ESTUDO DE CASO**

**FORTALEZA**

**2019**

LAÍZA SOUSA GARCIA

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS  
DO LEAN MANUFACTURING PARA REDUÇÃO DO LEAD TIME PRODUTIVO  
EM UMA EMPRESA DO RAMO EÓLICO: UM ESTUDO DE CASO**

Monografia submetida à Coordenação do curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio José Barbosa  
Elias

**FORTALEZA**

**2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

G199p Garcia, Laíza Sousa.

Proposta de metodologia para implementação de ferramentas do Lean Manufacturing para redução do lead time produtivo em uma empresa do ramo eólico: um estudo de caso / Laíza Sousa Garcia. – 2019.  
87 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Sérgio José Barbosa Elias .

1. Lean Manufacturing. 2. Kaizen. 3. PDCA. 4. Setor Eólico. I. Título.

CDD 658.5

---

LAÍZA SOUSA GARCIA

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS  
DO LEAN MANUFACTURING PARA REDUÇÃO DO LEAD TIME PRODUTIVO  
EM UMA EMPRESA DO RAMO EÓLICO: UM ESTUDO DE CASO**

Monografia submetida à Coordenação do curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção Mecânica.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/2019

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Sérgio José Barbosa Elias (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Marcos Ronaldo Albertin  
Universidade Federal do Ceará – UFC

Aos meus pais, Zuleide e Sigefredo.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ter me dado força e sabedoria para superar todas as dificuldades.

Aos meus pais, por sempre terem me dado muito amor e terem trabalhado arduamente para me proporcionar o melhor e me formarem a pessoa que sou hoje. À minha mãe, Zuleide Sousa, por ser meu exemplo de dedicação. Seu esforço, incentivo e palavras de carinho foram essenciais durante todo esse percurso. Ao meu pai, Sigefredo Garcia, agradeço por todo carinho, ensinamentos e por sempre ter apoiado meus sonhos e me dado base para poder realizá-los.

Ao meu irmão, Diego, meu muito obrigada pelo companheirismo e apoio de sempre.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Sérgio José Barbosa Elias pelo direcionamento e apoio durante a elaboração deste trabalho e por todas as experiências compartilhadas durante todo o curso.

A minha equipe de trabalho por toda sabedoria compartilhada e por ter permitido e dado suporte para que este estudo fosse realizado. Essa monografia não seria possível sem a participação e apoio desse time.

Aos meus professores da Universidade Federal do Ceará, pelo conhecimento transmitido e comprometimento, fundamentais para minha formação profissional.

Ao Francisco Matias por todo carinho, companheirismo, dedicação e força para superar os obstáculos.

À minha amiga Ana Cristina pela amizade, sempre se fazendo presente na minha vida, estando feliz com minhas vitórias e sendo meu ombro amigo nas dificuldades.

Aos meus grandes amigos da engenharia, em especial ao Lucas, Giovanna, Marcelo e Valeska, por todas as experiências compartilhadas dentro e fora da universidade e por tornarem a graduação mais leve e feliz.

Ao meu círculo do EJC por sempre me proporcionar alegria e companheirismo.

Por fim, meu muito obrigada a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho e conclusão da graduação.

## RESUMO

Um dos principais desafios das organizações atualmente é adaptar-se de forma rápida às constantes modificações do cenário organizacional e à crescente demanda da sociedade por produtos de boa qualidade e preço compatível. Assim, para se manterem competitivas, as empresas devem construir equipes inteligentes e flexíveis capazes de desenvolver alternativas para melhorar seus processos e diminuir ao máximo seus desperdícios, e conseqüentemente seus custos. A manufatura enxuta surge como uma ótima alternativa nesse contexto, já que busca eliminar qualquer função desnecessária procurando manter apenas atividades que agregam valor. Dessa forma, o objetivo geral deste estudo é propor, reunir e implementar um conjunto de ferramentas baseadas no *Lean Manufacturing* em uma empresa do setor eólico para viabilizar a identificação e eliminação de desperdícios, implementação de melhorias e redução do *lead time* do seu processo produtivo. Para implementação do modelo proposto buscou-se aliar as etapas do método *Kaizen*, definidas por Liker (2005), e os princípios do PDCA, definidos por Imai (2014). Por meio da aplicação desse método em um dos setores da empresa estudada foi possível identificar e implementar melhorias que permitiram a eliminação de atividades que não agregavam valor, a redução do *lead time* produtivo do setor em 14%, o aumento da capacidade produtiva e ganhos significativos no 5S das áreas.

**Palavras-chave:** *Lean Manufacturing*, *Kaizen*, PDCA, Setor Eólico.

## **ABSTRACT**

One of the main challenges of organizations today is to adapt quickly to the constant changes in the organizational scenario and the growing demand of society for products of good quality and compatible price. In order to remain competitive, companies must build intelligent and flexible teams capable of developing alternatives to improve their processes and minimize their waste, and consequently their costs. Lean manufacturing appears as a great alternative in this context, since it eliminates any unnecessary process keeping only the activities that add value. Thus, the general objective of this study is to propose, to gather and to implement a set of tools based on Lean Manufacturing in a company of the wind energy sector to enable the identification and elimination of waste, implementation of improvements and reduction of the lead time of production process. For the implementation of the proposed model, the steps of the Kaizen method, defined by Liker (2005), and the principles of the PDCA, defined by Imai (2014). Through the application of this method in one of the sectors of the company, it was possible to identify and implement improvements that allowed the elimination of activities that did not add value, the reduction of the productive lead time of the sector by 14%, the increase in productive capacity and significant gains in the 5S of the areas.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Kaizen, PDCA, Wind Energy Sector



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Modelo 4Ps .....	22
<b>Figura 2</b> – O guarda chuva de <i>Kaizen</i> .....	26
<b>Figura 3</b> – Ciclo Planejar- Executar- Verificar – Agir (PDCA).....	27
<b>Figura 4</b> – Diagrama Casa do STP. ....	29
<b>Figura 5</b> – Exemplo de <i>heijunka box</i> .....	33
<b>Figura 6</b> – Etapas Iniciais do Mapeamento do Fluxo de Valor .....	36
<b>Figura 7</b> – Matriz de Família de Produtos .....	36
<b>Figura 8</b> – Níveis de mapeamento do Fluxo de Valor para uma família de produtos.....	37
<b>Figura 9</b> – Exemplo de Mapa do Fluxo de Valor do estado atual .....	38
<b>Figura 10</b> – Mapa do Fluxo de Valor do estado futuro de uma organização .....	39
<b>Figura 11</b> – Dois Níveis de <i>Kaizen</i> .....	41
<b>Figura 12</b> – Fluxo de seminário <i>Kaizen</i> .....	42
<b>Figura 13</b> – Exemplo Folha A3 .....	45
<b>Figura 14</b> – Fluxograma do Acabamento I.....	48
<b>Figura 15</b> – Parte da TAP do projeto.....	53
<b>Figura 16</b> - EAP do Projeto .....	54
<b>Figura 17</b> – Exemplo de <i>Post it</i> de Atividade.....	55
<b>Figura 18</b> – Visão geral do Fluxograma do Acabamento I na sala <i>Obeya</i> .....	56
<b>Figura 19</b> – Folha de cronoanálise .....	58
<b>Figura 20</b> – Parte do Gráfico de Gantt da Preparação para Pintura.....	59
<b>Figura 21</b> – Partes da pá .....	60
<b>Figura 22</b> – Mapa de fluxo de Valor atual digitalizado.....	64
<b>Figura 23</b> – Quadro de Melhorias da Preparação .....	67
<b>Figura 24</b> – Mapa de fluxo de Valor futuro digitalizado.....	69
<b>Figura 25</b> – Comparativo Fluxo de valor Atual x Fluxo de Valor Futuro.....	70
<b>Figura 26</b> – A3 para Melhoria do processo de Aplicação e Limpeza de <i>Putty</i> no BF Intra....	71
<b>Figura 27</b> – Matriz GUT – Elo Preparação .....	72
<b>Figura 28</b> – A3 Preparação com ordens de priorização.....	73
<b>Figura 29</b> – Modelo padrão de planilha de plano de ação .....	74
<b>Figura 30</b> – Carrinhos de Ferramentas Preparação.....	76
<b>Figura 31</b> – Quadro de espátulas Preparação .....	76
<b>Figura 32</b> – Projeto de Suporte de mangueiras e extensões .....	77

<b>Figura 33</b> – Suporte de mangueiras e extensões.....	77
---	----

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Etapas do Estudo.....	50
<b>Tabela 2</b> – Padronização das cores do <i>Post It</i> .....	56
<b>Tabela 3</b> – Meta de tempos de ciclo para cada elo .....	70
<b>Tabela 4</b> – Levantamento Planos de Ação.....	74
<b>Tabela 5</b> – Levantamento <i>Status</i> Planos a Ação.....	79
<b>Tabela 6</b> – Comparativo de tempos – Teste Preparação.....	81

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Comparativo de <i>Lead Time</i> .....	80
<b>Gráfico 2</b> – Comparativo de Quantidade de Pás liberadas .....	81
<b>Gráfico 3</b> – Comparativo de Notas da auditoria de 5S de Janeiro de 2019 .....	82

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BA	Bordo de Ataque
BF	Bordo de Fuga
CQ	Controle de Qualidade
EAP	Estrutura analítica do projeto
GP	Gira Pá
OP	Ordem de Produção
PCP	Setor de planejamento e controle de produção da empresa em análise
RNC	Registro de Não Conformidade
STP	Sistema Toyota de Produção
TAP	Termo de Abertura do Projeto
UT	Ultrassom
MF	Montagem final

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1 Contextualização.....	15
1.2 Importância do trabalho e justificativa .....	16
1.3 Objetivos.....	17
1.3.1 <i>Objetivo geral</i> .....	17
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	17
1.4 Metodologia Aplicada .....	18
1.5 Estrutura do trabalho .....	18
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>20</b>
2.1 <i>Lean Manufacturing</i> .....	20
2.1.1 <i>Origem</i> .....	20
2.2 Modelo 4P's .....	21
2.2.3 <i>Funcionários e Parceiros</i> .....	24
2.2.4 <i>Solução de problemas</i> .....	25
2.3 Os 5 princípios .....	27
2.4 Ferramentas da Produção Enxuta .....	29
2.4.1 <i>À Prova de Erros – Poka-Yoke</i> .....	30
2.4.2 <i>Kanban</i> .....	31
2.4.3 <i>Heijunka</i> .....	32
2.4.4 <i>5S</i> .....	33
2.4.5 <i>Troca Rápida de Ferramentas</i> .....	33
2.4.6 <i>Mapas de fluxo de valor</i> .....	34
2.4.7 <i>Trabalho Padronizado</i> .....	40
2.4.8 <i>Eventos Kaizen</i> .....	40
2.5 Técnicas complementares <i>Lean</i> .....	43
2.5.1 <i>Cronoanálise</i> .....	43
2.5.2 <i>Gráfico de Gantt</i> .....	44
2.5.3 <i>A3</i> .....	44
2.5.4 <i>Matriz GUT</i> .....	45
2.5.5 <i>5WIH</i> .....	46
<b>3 DETALHAMENTO DA SITUAÇÃO OBJETO DO ESTUDO E MÉTODO PROPOSTO</b> .....	<b>48</b>

<b>3.1 Caracterização da empresa .....</b>	<b>48</b>
<i>3.1.1 Processo produtivo.....</i>	<i>48</i>
<b>3.2 Situação objeto de estudo e método proposto .....</b>	<b>50</b>
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>53</b>
<b>4.1 Escopo do Projeto .....</b>	<b>53</b>
<b>4.2 Mapa de Estado Atual.....</b>	<b>54</b>
<i>4.2.1 Fluxograma .....</i>	<i>54</i>
<i>4.1.2 Cronoanálise.....</i>	<i>56</i>
<i>4.1.2 Elaboração do GANTT.....</i>	<i>58</i>
<b>4.2 Fluxo de Valor Futuro.....</b>	<b>65</b>
<b>4.3 Plano de Implementação .....</b>	<b>70</b>
<i>4.3.1 Relatório A3 .....</i>	<i>70</i>
<i>4.3.2 Matriz GUT .....</i>	<i>71</i>
<i>4.3.3 Ferramenta 5WIH.....</i>	<i>73</i>
<b>4.4 Plano de Ação, Controle e Ações Corretivas.....</b>	<b>74</b>
<b>4.5 Aprendizado .....</b>	<b>78</b>
<b>4.6 Análise dos resultados .....</b>	<b>79</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>83</b>
<b>5.1 Conclusões do estudo.....</b>	<b>83</b>
<b>5.2 Recomendações para trabalhos futuros .....</b>	<b>84</b>
<b>5.3 Considerações finais .....</b>	<b>84</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>87</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização

Com a globalização e a crescente competitividade do mercado atual, os clientes estão cada vez mais exigentes e para que as organizações alcancem vantagens competitivas e garantam sua sobrevivência no mercado a longo prazo, tornou-se indispensável a utilização de alternativas que viabilizem o aumento da sua produtividade ao mesmo tempo que garanta o menor custo possível.

As empresas devem conseguir operar com processos rápidos e flexíveis com produtos de alta qualidade e baixo custo entregando-os no momento e onde o cliente deseja. Por isso, as organizações vêm buscando soluções para melhorar e integrar seus processos, de modo a eliminar ao máximo os desperdícios.

Nesse contexto, o *Lean* surge como um instrumento eficaz para o alcance de diferencial competitivo pelas organizações, já que tem como objetivo eliminar todas as formas de desperdício para entregar ao cliente o que ele deseja no momento certo, ou seja, “fazer mais com menos”. Por isso, a metodologia *Lean*, também conhecida como Modelo Toyota de Produção, inicia com o cliente perguntando: “que valor estamos entregando do ponto de vista do cliente?” e mostra-se como uma estratégia importantíssima para melhoria de desempenho em todas os processos de uma empresa.

Um das principais práticas utilizadas pelas organizações *Lean* para alcance de resultado de forma rápida e eficiente são os eventos *Kaizen*. A filosofia *Kaizen* admite que o estilo de vida, profissional, social ou doméstica, deve-se concentrar em esforços de melhoria contínua (IMAI, 2014).

Contudo, a implementação da filosofia *Lean* exige que as empresas disponham de tempo e uma equipe comprometida na introdução de uma nova cultura dentro da organização. A metodologia aplicada nesse processo influenciará diretamente no sucesso do método a longo prazo. Muitas organizações implementam a manufatura enxuta, mas não conseguem que isso se torne algo perene por não utilizarem ferramentas que envolvem a produção nesse processo. Uma vez a produção não fazendo parte dessa mudança, o processo não conseguirá ser sustentável e parte integrante da rotina diária dos envolvidos. Além disso, o método exige a aplicação de um conjunto de ferramentas efetivas e integradas para garantir o alcance de um bom resultado.

Nesse sentido, o atual estudo visa reunir um conjunto de ferramentas e propor uma metodologia para facilitar a implementação do *Lean Manufacturing* por meio de eventos *Kaizen* em uma fábrica de produção de pás eólicas.



## 1.2 Importância do trabalho e justificativa

O crescimento da energia eólica vem alcançando importantes marcos na matriz elétrica do Brasil. Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓlica) de abril de 2019, o Brasil já tem mais de 7 mil aerogeradores em 601 parques eólicos e a energia eólica já é a segunda fonte da matriz elétrica brasileira com 15 GW de capacidade instalada, superando os 14 GW da Itaipu, a segunda maior hidrelétrica do mundo (ABEEÓLICA, 2019).

De acordo com a ABEEÓlica (2019), além do crescimento consistente nos últimos anos, o Brasil destaca-se pela qualidade de seus ventos. Enquanto a média mundial do fator de capacidade está em cerca de 25%, o fator de capacidade médio brasileiro em 2018 foi de 42% sendo que, no Nordeste, durante a temporada de safra dos ventos, que vai de junho a novembro, é bastante comum parques atingirem fatores de capacidade que passam dos 80%. Isso faz com que a produção dos aerogeradores instalados em solo brasileiro seja muito maior que as mesmas máquinas em outros Países.

Com o desenvolvimento do setor eólico pode-se perceber um aumento de investidores e muitas empresas nacionais e internacionais estão entrando neste cenário. Segundo o Ministério de Minas e Energia (2017), o Brasil conta atualmente com 9 fabricantes de turbinas eólicas, com capacidade anual de produção de um pouco mais de 4.000 MW, distribuídos nos estados do CE, PE, BA, SP e SC. Há 4 fabricantes de pás, com capacidade anual de produzir acima de 10.000 unidades, nos estados do CE, PE e SP. Nas torres, há 12 fabricantes, com capacidade de produção de quase 2.500 unidades/ano, distribuídos nos estados do CE, RN, PE, BA, SP, PR e RS.

Além disso, as empresas brasileiras deste setor vêm se destacando no mercado internacional. O Ceará, por exemplo, registrou uma alta de quase 900% nas exportações de pás eólicas entre janeiro e abril de 2019 quando comparado ao mesmo período do ano anterior (CEARÁ..., 2019). Os principais compradores das pás produzidas no Ceará são os EUA, Alemanha e Argentina e o estado é líder no Brasil na comercialização de produtos para geração eólica (EXPORTAÇÃO..., 2019).

Tendo em vista esse rápido progresso da energia eólica no Brasil e a competitividade de empresas produtoras de equipamentos para este setor é fundamental que essas organizações foquem em um crescimento sustentável, fornecendo produtos com a maior qualidade possível e com custo, *lead time* de produção e tempo de entrega mínimo. Esses são pontos imprescindíveis para garantir vantagem competitiva, já que, como foi dito, grande

parte dos produtos produzidos nas empresas brasileiras do setor são exportados, exigindo, assim, maior prazo de entrega, mostrando-se fundamental a identificação de atividades que podem ser melhoradas ou eliminadas dentro da cadeia produtiva. A cultura *Lean* mostra-se como meio essencial para o alcance disso, já que busca produzir e entregar apenas o necessário, quando necessário e na quantidade necessária.

Este trabalho tem como objetivo central responder a seguinte questão: Como a implementação de ferramentas do *Lean Manufacturing*, por meio dos métodos *Kaizen* e PDCA, impactará na redução do *lead time* de um processo produtivo de uma empresa de grande porte do setor eólico?

A empresa dedica-se à fabricação de pás eólicas e esse estudo mostrou-se importantíssimo para que fosse possível desenvolver e implementar uma metodologia, baseada na filosofia *Lean*, que viabilizasse a eliminação de atividades que não agregam valor e melhoria de seus processos produtivos. Esses são pontos importantes porque influenciam na redução no *lead time* do processo produtivo da organização e conseqüente aumento da sua capacidade de produção, fundamentais para garantir diferencial competitivo da empresa no mercado nacional e internacional, como já mencionado. Além disso, a documentação do método, é essencial para fornecer uma base para novos projetos *Kaizen* dentro e fora da empresa.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo geral***

O objetivo geral deste estudo é propor, reunir e implementar um conjunto de ferramentas baseadas no *Lean Manufacturing*, por meio dos métodos *Kaizen* e PDCA, para viabilizar a identificação e eliminação de desperdícios, implementação de melhorias e redução do *lead time* do processo produtivo em uma empresa do setor eólico.

### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- I. Identificar desperdícios e problemas no processo produtivo sob o enfoque *Lean*;
- II. Propor e implementar melhorias no processo produtivo;
- III. Avaliar os resultados práticos do método proposto.

## 1.4 Metodologia Aplicada

De acordo com Silva e Menezes (2005, p. 20) uma pesquisa é "um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos". Assim, ela pode receber várias classificações, sendo a classificação clássica: quanto à sua natureza, quanto à abordagem do problema, quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos técnicos.

A natureza da pesquisa deste trabalho é uma natureza aplicada, já que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos (SILVA; MENEZES, 2005).

Acerca da forma de abordagem do estudo, ela se enquadra em qualitativa, uma vez que o processo e seu significado são os focos principais de abordagem e não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. Além disso, na pesquisa qualitativa, o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave e tendem a analisar seus dados indutivamente (SILVA; MENEZES, 2005).

Quanto aos objetivos, classifica-se essa pesquisa como descritiva. De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa descritiva tem como objetivo observar, registrar, analisar e ordenar dados, sem manipulá-los, ou seja, sem que haja interferência do pesquisador. Assim, ela busca descobrir a frequência com que um fato ocorre, sua natureza, suas características, causas, relações com outros fatos.

Acerca dos procedimentos técnicos a pesquisa é bibliográfica, já que foi elaborada a partir de material já publicado e estudo de caso, visto que a partir do estudo de alguns objetos permitiu-se o seu amplo e detalhado conhecimento e buscou-se a aplicação prática de conhecimentos para a solução de problemas (PRODANOV, FREITAS, 2013).

## 1.5 Estrutura do trabalho

O atual estudo está dividido em cinco capítulos da seguinte forma:

No capítulo 1, elaborou-se a introdução do estudo que envolveu: a contextualização do problema, a justificativa do trabalho, os objetivos, geral e específico, a metodologia de pesquisa utilizada e, por fim, detalhou-se sua estrutura.

No capítulo 2 foi feita uma revisão bibliográfica, abordando-se acerca da história e principais conceitos do *Lean Manufacturing*, bem como algumas de suas ferramentas e técnicas complementares importantes.

No capítulo 3 foi caracterizado o sistema a ser estudado, situação problema, descrevendo-se a empresa analisada, seus processos e apresentou-se a metodologia do trabalho que será aplicado na situação problema.

No capítulo 4 é apresentado o estudo de caso proposto de uma metodologia para facilitar a aplicação do *Lean Manufacturing* em uma fábrica de produção de pá eólica que se baseia na aplicação das etapas dos eventos *Kaizen* e dos princípios do PDCA.

O capítulo 5 traz a conclusão do trabalho realizado, a partir dos resultados obtidos, bem como recomendações e oportunidades de melhorias para trabalhos futuros na área. Por fim, são mostradas as referências bibliográficas utilizadas na elaboração da pesquisa e um anexo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada a revisão bibliográfica, essencial para o entendimento dos principais conceitos utilizados no estudo.

Em um primeiro momento, são expostos os conceitos que envolvem o *Lean Manufacturing*, abordando acerca de sua origem e principais definições, como o Modelo 4P, os sete desperdícios e os cinco princípios fundamentais do Sistema Toyota de Produção.

Em seguida, são abordadas as principais ferramentas utilizadas na Manufatura Enxuta, como Mapa Fluxo de Valor, 5s, *Heijunka* e *Kanban*.

Por fim, são apresentadas algumas técnicas complementares utilizadas como meio de implementação da metodologia. É válido mencionar que será dado maior destaque a essas técnicas propostas, já que elas farão parte da metodologia proposta para implementação do *Lean* na organização estudada.

### 2.1 *Lean Manufacturing*

#### 2.1.1 *Origem*

Ainda antes da Segunda Guerra Mundial, os líderes da Toyota já haviam percebido que o mercado japonês era limitado, demandava uma vasta gama de veículos e, por isso, não conseguiria suportar grandes volumes de produção como os das empresas americanas. Assim, para sobrevivência a longo prazo da empresa, era necessário que seus administradores adaptassem a abordagem de produção em massa para o mercado japonês (LIKER, 2005).

De acordo com Liker (2005), Eiji Toyoda foi peça fundamental na história do Sistema Toyota de Produção. Ele ajudou a liderar e depois a presidir a empresa nos anos mais importantes para seu crescimento até que se tornasse uma potência mundial. Eiji estudou cuidadosamente o complexo *River Rouge* da Ford e, junto com seu administrador, Taiichi Ohno, traçou o objetivo de aperfeiçoar o modelo de *Rouge*.

Enquanto a Ford tinha objetivo de produzir grande quantidade de poucos modelos, como já mencionado, o objetivo da Toyota era o contrário. Segundo Ohno, a prática ocidental exigia centenas de prensas para todas as peças das carrocerias de carros e caminhões. O orçamento da Toyota, por sua vez, exigia que praticamente todo o carro fosse estampado em suas poucas linhas de prensas (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Dessa forma, a Toyota precisava oferecer alta flexibilidade, para atender linhas de montagem dedicadas a vários veículos, baixo custo, para atender consumidores arrasados após a guerra e com pouco dinheiro, alta qualidade, evitando perdas e sendo superior a seus concorrentes, além de menor *lead time*, para atender sua demanda em um curto intervalo de tempo. Após uma série de visitas aos Estados Unidos e longas jornadas pelas fábricas da Toyota durante décadas, Ohno e sua equipe propuseram o Sistema Toyota de Produção, conhecido mundialmente como Manufatura Enxuta ou *Lean Manufacturing* (LIKER, 2005).

Para o conceito *Lean*, a única coisa que agrega valor em qualquer tipo de processo – de produção, de marketing ou de desenvolvimento – é a transformação, física ou de informações, do produto, serviço ou atividade em algo que o cliente deseja (LIKER, 2007).

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), o princípio de operações enxutas significa mover-se para eliminar todos os desperdícios de modo a desenvolver uma operação que é mais rápida, mais confiável, produz produtos e serviços de alta qualidade e, acima de tudo, opera com custo baixo.

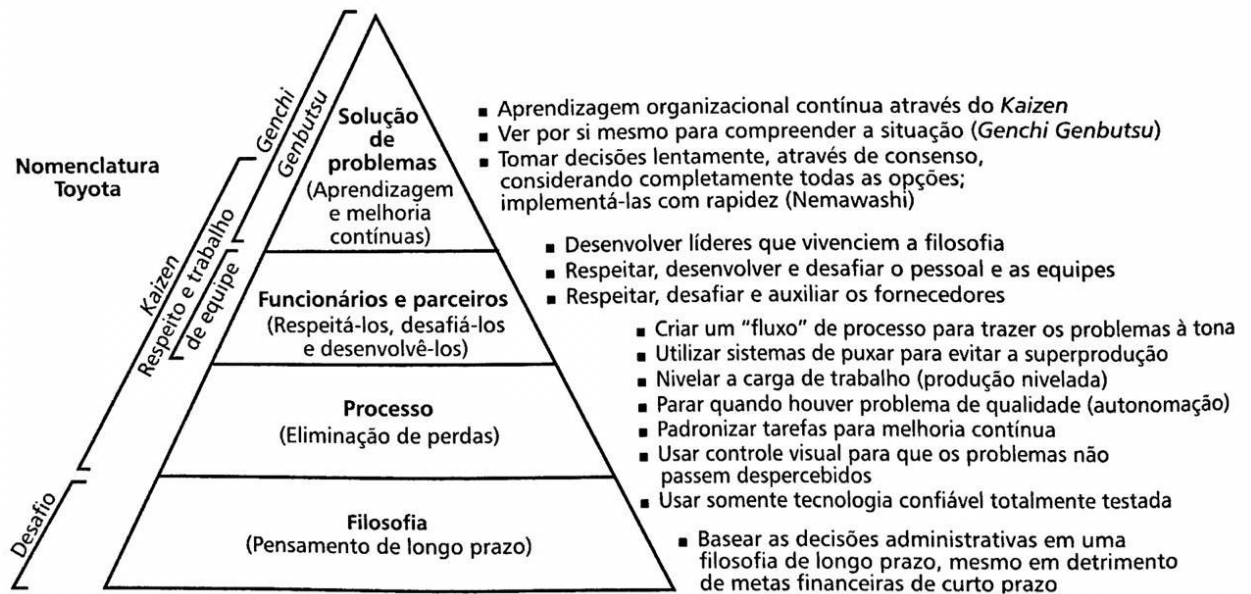
Kiichiro Toyoda, fundador da Toyota Motor Company, baseado no que aprendera com Henry Ford, defende que a fórmula adequada para permear a Toyota é  $LUCRO = PREÇO - CUSTO$ , ou seja, o lucro é a subtração do custo de um preço estabelecido pelo mercado (HINO, 2009).

Conforme Shingo (1996), somente quando a redução de custo se torna o meio para manter ou aumentar lucros a empresa ficará motivada para eliminar totalmente o desperdício. Assim, o desafio constante para sobrevivência de uma empresa que segue as raízes do pensamento *Lean* é aumentar seu lucro por meio minimização dos seus custos.

## 2.2 Modelo 4P's

O Modelo *Lean* exige um grande comprometimento desde o topo da organização. “Ele trata-se de um comprometimento de olhar os processos, de olhar as pessoas, um modo de aprendizagem para aprender como organização” (LIKER, 2007, p. 44). Os quatro Ps são: Filosofia, Processo, Pessoas/Parceiros e Soluções de Problemas, e possuem um nível hierárquico dos níveis superiores sobre os níveis inferiores, como é mostrado na figura 1.

Figura 1 – Modelo 4Ps



Fonte: Liker (2005)

### 2.2.1 Filosofia

A base para todos os outros princípios da Toyota é seu forte senso de missão de comprometimento com os clientes, funcionários e sociedade e é o ingrediente que falta na maioria das empresas que tentam competir com ela. Cada funcionário ou posto de trabalho, por exemplo, é tanto um cliente como um fornecedor (ALBERTIN; PONTES, 2016).

Liker (2005) afirma que o ponto de partida nos negócios para Toyota é gerar valor para o cliente, sociedade e economia, mantendo sempre uma "constância de propósito". Para tal, ela busca manter aumento da qualidade e contínua eliminação de perdas e é isso que impulsiona uma empresa a lucros de longo prazo. Por isso, basear as decisões administrativas em uma filosofia a longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo é o Princípio 1 do sistema *Lean*.

### 2.2.2 Processo - Eliminação de Perdas e 7 Desperdícios

Para Shingo (1996) a perda (desperdício) é qualquer atividade que não contribui para as operações, tais como espera, acumulação de peças semiprocessadas, recarregamentos, passagem de materiais de mão em mão, etc. No Japão, todas essas atividades que não agregam valor são classificadas como *muda* que em português significa "lixo".

De fato, os desperdícios implicam em custos adicionais que não trazem benefícios, destroem vantagens competitivas e se não analisados e eliminados, tendem a crescer (NARUSAWA E SHOOK, 2009).

Marchwinski e Shook (2007) apontam que há dois tipos de desperdício. O primeiro tipo não cria valor, mas é inevitável dentro de uma determinada situação, como inspeções ou auditoria de procedimentos. O segundo, por sua vez, não cria valor e pode ser imediatamente eliminado, como tempo de deslocamento e espera.

Segundo Albertin e Pontes (2016), grande parte das atividades que não agregam valor podem ser eliminadas com pequenas mudanças organizacionais. Já aquelas que não agregam valor, mas são necessárias, devem ser reduzidas.

Aplicáveis em diferentes tipos de operações, Slack, Chambers e Johnston (2009) identificam sete categorias de desperdícios. São eles:

i. Superprodução:

O processo de superprodução significa produzir mais do que é imediatamente necessário para o próximo processo na operação. Segundo, Womack e Jones (2003), isso traz um fluxo pobre de peças e informações e, em última análise a um excesso de inventário.

ii. Espera

“A espera representa o período de tempo durante o qual não ocorre qualquer processamento, inspeção ou transporte” (SHINGO, 1996, p. 39). Para Corrêa e Corrêa (2011), esse desperdício refere-se ao material que espera para ser processado, formando filas que visam garantir altas taxas de utilização dos equipamentos. Por isso, a ênfase da filosofia *Lean* é o fluxo de materiais e não a utilização dos equipamentos.

iii. Transporte:

Movimentação desnecessárias de materiais dentro da fábrica. Para Ghinato (2000), a otimização do transporte é, no limite, a sua completa eliminação.

iv. Processo:

O processo em si pode ser uma fonte de desperdícios, pois algumas operações não agregam valor a peça, apenas custos adicionais e, por isso, é imprescindível sua eliminação imediata. Corrêa e Corrêa (2011) afirma que é indispensável a aplicação de metodologias de engenharia e análise de valor para simplificação ou redução do número de componentes ou operações necessárias para produzir determinado produto.

v. Estoque:

“Os estoques são todo e qualquer material e/ou informação presente ao longo de um fluxo de valor entre as etapas de processamento” (MARCHWINSKI E SHOOK, 2007, p.



23). Os estoques não agregam valor e camuflam os problemas do processo produtivo e significam desperdícios de investimento e espaço.

vi. Movimentação:

O desperdício de movimentação relaciona-se aos movimentos de pessoas, ferramentas ou equipamentos desnecessários realizados pelos operadores na operação que não agregam valor ao produto ou serviço. Uma consequência da economia de movimentos é o ganho da produtividade e a redução do *lead time*.

vii. Produtos defeituosos:

São produtos que apresentam alguma característica fora de suas especificações e, por isso, não atendem às exigências dos clientes, gerando custos adicionais. Os produtos defeituosos interrompem a produção e exigem retrabalho dispendioso (MARCHWINSKI E SHOOK, 2007).

### 2.2.3 Funcionários e Parceiros

A Toyota entendeu que para tomada de boas decisões, sua equipe deveria ir *in loco* e observar atentamente a situação, sujando as mãos, por meio de tentativas e erros (*genchi genbutsu*). Assim, para encontrar bons líderes era necessário que eles vivessem e entendessem plenamente e diariamente essa cultura.

Para Liker (2007, p. 32):

Os administradores são representantes do Modelo Toyota. Mais do que qualquer outra pessoa, devem exemplificar a filosofia em tudo o que fazem: nas decisões que tomam e em como chegam a elas. Devem ser professores do Modelo Toyota. Também devem compreender o verdadeiro trabalho em um nível de detalhamento que a maioria dos administradores americanos não julga necessário para desempenhar a função.

Para Kiichiro Toyoda, o foco da Toyota deveria ser na criação de equipes cuja capacidade técnica média fosse alta, em vez de buscar indivíduos com perícia técnica extraordinária e, para isso, era necessário a formulação de operações padronizadas (HINO, 2009).

Dessa forma, para a filosofia *Lean*, se a empresa pretende fazer as coisas certas da primeira vez, são os operários os responsáveis pela qualidade dos produtos produzidos já que conhecem todas as atividades responsáveis pela qualidade “embutida” no produto e, por isso, conhece os problemas (CORRÊA; CORRÊA, 2011).

Nos anos 50, para atender o aumento da demanda, a Toyota focou em organizar seus fornecedores em níveis funcionais. De acordo com Womack, Jones e Roos (1992), os

fornecedores de primeiro nível participavam integralmente do desenvolvimento de novos produtos com a equipe responsável e tinha um papel fundamental de desenvolver sistemas de direção, frenagem ou elétrico que funcionasse em harmonia com os demais sistemas. Além disso, os fornecedores de primeiro nível não competiam entre si e trocaram ideias para melhorar seus projetos. Cada fornecedor de primeiro nível formava fornecedores de segundo nível que fabricavam peças individuais e assim em diante.

Segundo Kiichiro Toyoda, os automóveis não são fabricados apenas pelas montadoras de veículos. Fornecedores de primeiro nível, em particular, devem ser parceiros de pesquisa. A Toyota não apenas compra coisas de seus fornecedores, mas os levam a fabricar coisas exclusivamente para eles (HINO, 2009).

Dessa forma, Ohno conseguiu estruturar uma nova maneira de coordenar o fluxo de peças no sistema de suprimentos, o sistema *just-in-time*, que será explicado mais à frente.

#### **2.2.4 Solução de problemas**

Liker (2005) atenta que o sucesso do Sistema Toyota de Produção apoia-se em sua habilidade de cultivar liderança, equipes e cultura para criar estratégias, construir relacionamentos com fornecedores e manter uma organização de aprendizagem e melhoria contínua. Assim, a condução dessa aprendizagem organizacional está diretamente relacionada com a solução contínua da raiz dos problemas. Para isso, três conceitos são essenciais: *Genchi Genbutsu*, *Nemawashi* e *Kaizen*.

##### ***Genchi Genbutsu***

*Genchi Genbutsu*, ou *Gemba*, como o termo é popularmente conhecido, é uma prática vigente na Toyota que consiste em compreender plenamente determinada condição através de observação pessoal direta da realidade, ou seja, ir a campo para ver a verdadeira situação e compreendê-la (MARCHWINSKI E SHOOK, 2007).

Segundo Imai (2014), *Gemba* significa o “verdadeiro lugar”, ou seja, o lugar onde as coisas acontecem na fábrica e é utilizado para indicar que as pessoas, cujo trabalho é a produção, estão em um bom lugar para fazer melhorias no processo.

Todos os membros da família Toyoda cresceram com essa filosofia, que era necessário ir a campo, “ir ao *gemba*”, para visualizar com seus próprios olhos e colocar as mãos na massa para que as melhores alternativas, soluções de problemas, produtos novos e boas avaliações de desempenho de funcionários, por exemplo, fossem identificadas.

##### ***Nemawashi***

*Nemawashi* significa “preparar o solo para o plantio” e consiste em uma reunião informal com todos os envolvidos em um processo ou projeto para apresentar mudanças, melhorias ou implantações e por meio de consensos e *feedback* desenvolverem as bases para a versão final da proposta.

Para Marchwinski e Shook (2007, p. 61), *Nemawashi* é:

Processo de conseguir aceitação e pré-aprovação de propostas de avaliação da ideia (e depois do plano) com gestores e outros envolvidos, para colher informações adicionais, reconhecer resistências antecipadamente e alinhar a mudança proposta a outras perspectivas e prioridades na organização.

### ***Kaizen***

*Kaizen* é uma palavra japonesa que significa “melhoria contínua”. Sua metodologia implica melhorias para todos os *stakeholders*, desde os gerentes até os operadores, envolvendo muito esforço humano, treinamento, trabalho em equipe, participação e autodisciplina.

Marchwinski e Shook (2007, p. 40) definem *kaizen* como a “melhoria contínua de um fluxo completo de valor ou de um processo individual com o objetivo de criar mais valor com menos desperdício.” Os japoneses desenvolveram o *kaizen* para garantir a perenidade da qualidade de seus processos e, conseqüentemente, de seus produtos. Contudo, para o ganho de melhorias diárias é necessário o envolvimento de todos e que a filosofia esteja enraizada não só na vida profissional dos envolvidos, mas também na vida pessoal.

O “guarda-chuva” é utilizado para representar o *Kaizen*. Nele Massaki Imai agrupou algumas ferramentas de melhorias, como é mostrado na figura 2.

**Figura 2** – O guarda chuva de *Kaizen*



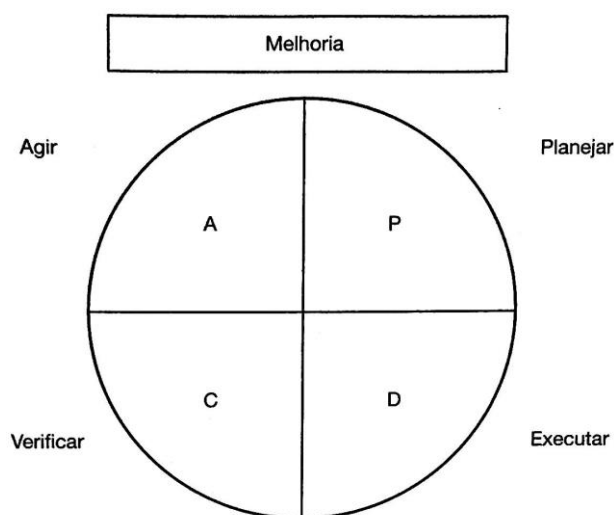
**Fonte:** Imai (1994)

O *kaizen*, geralmente, é discreto e sutil e sua abordagem de bom senso e baixo custo garante o progresso gradual que é compensado a longo prazo, atenta Imai (2014). Assim, pode-se afirmar que ele representa contínuos esforços para pequenas melhorias constantes. O *kaizen* estimula, ainda, o pensamento orientado para processos já que a partir da sua melhoria, os resultados também melhorarão.

A natureza cíclica e repetida da melhoria contínua pode ser resumida por ciclos de melhoramento. Assim, essa abordagem orientada por processos deve estar aplicada na adoção de estratégias, ciclos de melhoramento, como, por exemplo, o ciclo planejar – executar-verificar-agir (PDCA) e o ciclo padronizar-executar-verificar-agir (SDCA).

O ciclo SDCA é o responsável por padronizar e estabilizar os processos atuais da organização e refere-se a sua manutenção. O ciclo PDCA (Figura 3), por sua vez, aprimora os processos e refere-se a sua melhoria.

**Figura 3** – Ciclo Planejar- Executar- Verificar – Agir (PDCA)



**Fonte:** Imai (2014)

Muitas organizações, após identificarem pontos críticos em seus processos, realizam Eventos *Kaizen*, também conhecidos como Seminários *Kaizen*. Eles são utilizados como meio para a identificação, desenvolvimento e implementação de fluxos melhorados e serão explicados com mais detalhes mais à frente.

### 2.3 Os 5 princípios

Womack e Jones (2003) concluíram que o pensamento enxuto pode ser resumido em cinco princípios:

**Definir precisamente o valor do cliente:**

A definição de valor de um produto ou serviço sob a ótica dos clientes é o ponto de partida crítico do *Lean*. Segundo Womack e Jones (2003), o que surge quando o Valor percebido pelo cliente é colocado em primeiro plano é a entrega de produtos específicos que a empresa espera que clientes específicos comprem a um preço específico para manter a empresa nos negócios e aprimorando seu desempenho e a qualidade de entrega, enquanto seus custos caem.

### **Identificar o fluxo de valor de cada produto**

O fluxo de valor é o conjunto das atividades necessárias para produzir um produto ou serviço específico. Segundo Rother e Shook (2003), um fluxo de valor é toda ação, que agrega ou não valor, necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto e pode ser:

- (1) o fluxo de produção desde a matéria-prima até o consumidor, e
- (2) o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento.

Liker (2005) apresenta três categorias que a Toyota traz na sua análise do fluxo de valor:

- i. Valor agregado: Qual é o verdadeiro núcleo do processo de transformação no serviço pelo qual o cliente está pagando?
- ii. Sem agregação de valor: O que é pura perda?
- iii. Sem agregação de valor, mas necessário: O que é necessário sob as condições de hoje, embora não agregue valor na perspectiva do cliente?

A parte mais importante dessa etapa é identificar qual o real valor agregado do fluxo.

### **Deixar o fluxo de valor sem interrupções, fazê-lo fluir**

Isso significa produzir e movimentar um item por vez, ou pequenos lotes de itens, em uma contínua série de etapas necessárias para projetar, solicitar e fornecer um produto sendo que em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte (MARCHWINSKI E SHOOK, 2007).

### **Deixar o cliente “puxar” o produto**

A produção puxada consiste em um método de controle em que “as atividades fluxo abaixo avisam às atividades fluxo acima sobre suas necessidades” isso ocorre por meio, por exemplo, de cartões *kanban* (WOMACK E JONES, 2003, p. 71).

Na produção puxada, o cliente retira o produto conforme necessário, em vez de empurrar os produtos, muitas vezes indesejados, para o cliente. Assim, a capacidade de projetar, programar e fazer exatamente o que o cliente quer apenas quando o cliente quer

significa que não é necessária uma previsão de vendas, já que é necessário fazer apenas o que os clientes realmente dizem que precisam (WOMACK E JONES, 2003).

De acordo com Corrêa e Corrêa (2011), enquanto na produção empurrada as condições para disparar a produção é a presença de ordens no programa definida, na produção puxada a produção é disparada por um sinal vindo da demanda, por meio, por exemplo, de quadrado *kanban*.

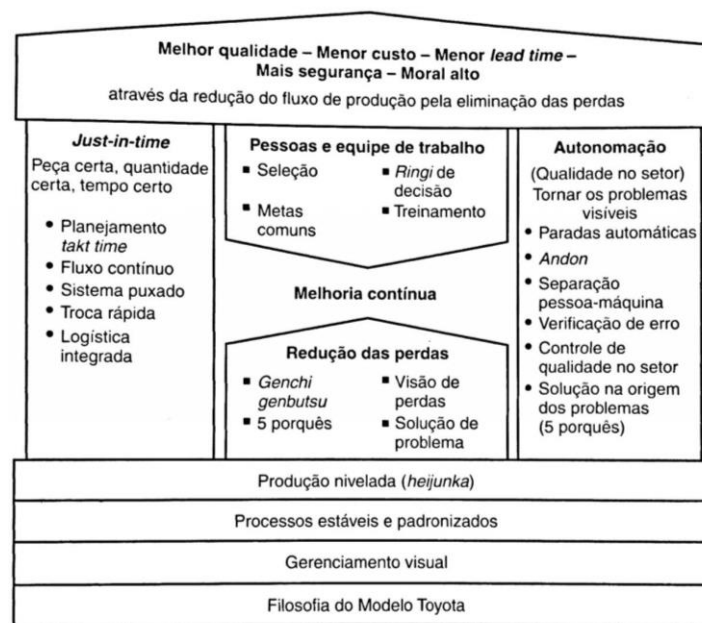
### Buscar a perfeição, excelência

De fato, não existe um fim para o processo de redução de esforço, tempo, espaço, custos e erros para oferecer um produto cada vez mais próximo do que o cliente realmente deseja. Liker (2005) afirma que o processo mais importante do *Lean* é a incansável aplicação do processo de melhoria contínua, o que resulta na aprendizagem de milhares de pequenas lições. Essa aprendizagem vem por meio, por exemplo, de erros, determinação da raiz dos problemas, da capacidade de pessoas para implementação de medidas e transferência de novos conhecimentos para as pessoas certas.

## 2.4 Ferramentas da Produção Enxuta

Para representar os princípios fundamentais do Sistema Toyota de Produção (STP), Fujio Cho, discípulo de Taiichi Ohno, elaborou uma representação, o diagrama Casa do STP, como mostra a figura 4.

**Figura 4** – Diagrama Casa do STP.



Fonte: Liker (2005)

De acordo com Liker (2005), a escolha de uma casa para representar o sistema se deve por uma casa ser um sistema estrutural. Para uma casa ser forte é necessário que suas colunas e fundações também sejam. Como visto na Figura 4, o telhado é composto pelas metas de melhor qualidade, menor custo, menor *lead time*, mais segurança e moral alto. Suas colunas são compostas pelo *Just-in-time (JIT)* e autonomia (*Jidoka*) e sua base por uma produção nivelada, com processos estáveis e padronizados e um contínuo gerenciamento visual. Assim, todas essas partes contribuem para a sustentação do modelo *Lean*.

Como mencionado, o Sistema Toyota é formado sobre dois pilares: *Just-in-time* e *Jidoka*. Sakichi Toyoda criou o conceito *Jidoka* e desenvolveu um dispositivo de parada automática em seus teares, que tinha a função de interromper o funcionamento de uma máquina caso um fio se partisse. Isso impactou diretamente na qualidade das peças e eficiência dos funcionários, já que ao invés de só monitorar os equipamentos, poderiam utilizar esse tempo para realizar uma atividade que agregasse mais valor (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007).

Kiichiro Toyoda, por sua vez, desenvolveu o conceito *Just-in-Time* que determinou que a Toyota não trabalharia com excesso de estoque e que, para isso, a empresa iria trabalhar com parceria com seus fornecedores, alcançando nivelamento da produção e um singular fluxo de materiais e informações (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007).

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), o JIT depende do equilíbrio entre a flexibilidade do fornecedor e a flexibilidade do usuário e isso só é possível por meio da aplicação de elementos que demandam o envolvimento total dos funcionários e trabalho em equipe.

#### **2.4.1 À Prova de Erros – Poka-Yoke**

Métodos à prova de erros, mais conhecidos como *Poka-Yoke*, são meios que ajudam os operadores a evitarem erros em seu trabalho já que são capazes de detectar anomalias nos procedimentos de operadores e de máquinas (ALBERTIN; PONTES, 2016). Eles identificam, por exemplo, a escolha de uma peça errada, a montagem incorreta de uma peça ou a ausência de um componente.

Segundo Shingo (1996), ao instalar um dispositivo *Poka Yoke*, a produção com defeito zero pode ser alcançada, já que ele não somente executa a inspeção em 100% das peças, mas também evita que o defeito ocorra.

Ainda para Shingo (1996), existem duas maneiras na qual o *Poka-Yoke* pode ser usado para corrigir erros:

- Método de Controle: O processo é paralisado até que a condição causadora do defeito tenha sido corrigida;
- Método de Advertência: Um alarme ou luz é ativado para alertar o trabalhador.

O *Poka-Yoke* de controle é mais eficiente em grande parte dos casos, especialmente se a ocorrência dos defeitos é muito frequente. Contudo, caso a frequência de defeitos seja baixa e se o defeito puder ser corrigido o método de advertência é mais aconselhável.

#### **2.4.2 Kanban**

*Kanban* é um termo em japonês que significa cartão e é um método de operacionalizar o sistema de planejamento e controle puxado. Em linhas gerais, no *Kanban*, um cliente utiliza um cartão para avisar a seu fornecedor que mais material deve ser enviado (SLACK, CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

O *Kanban* foi inspirado pelo sistema do supermercado e sua principal característica comum é que em vez de utilizar um sistema de reabastecimento estimado, a loja repõe somente o que foi vendido, reduzindo, assim, os estoques (SHINGO, 1996).

Além disso, o *Kanban* não só pode aparecer na forma de cartões, mas também como placas triangulares de metal, bolas coloridas, sinais eletrônicos ou qualquer forma que evite instruções erradas. Independente da sua forma, suas funções principais é: instruir os processos para que sejam fabricados produtos e incluir movimentadores para que manuseiem materiais (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007).

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009) existem 3 tipos de *kanban*:

- *Kanban* de Movimentação ou Transporte: é utilizado para comunicar ao estágio anterior que o material pode ser retirado do estoque e transferido para uma destinação específica. Esse cartão contém, em geral, o número da peça, descrição dela, tamanho do lote de movimentação, centro de produção de destino (CORRÊA; CORRÊA, 2011).
- *Kanban* de Produção: é utilizado para sinalizar a um processo produtivo que ele pode começar a produzir um item para que ele seja colocado em estoque. Esse cartão contém, em geral, o número da peça, descrição dela, tamanho do lote a ser produzido e



colocado em contêiner padronizado, centro de produção responsável e local de armazenamento (CORRÊA; CORRÊA, 2011).

- *Kanban* de Fornecedor: é utilizado para avisar ao fornecedor que é necessário enviar material ou componentes para um estágio de produção.

Para Shingo (2009), os sistemas *Kanban* são extremamente eficientes na simplificação do trabalho administrativo e em dar autonomia ao chão de fábrica, possibilitando respostas às mudanças com maior flexibilidade.

### 2.4.3 Heijunka

*Heijunka* é uma palavra japonesa que significa nivelamento do planejamento da produção, de modo que o *mix* e o volume sejam constantes ao longo do tempo. Isso possibilita que a produção atenda de forma mais eficiente às demandas do cliente, ao mesmo tempo em que evita excesso de estoque, reduz custos, mão-de-obra e *lead time* de produção em todo o fluxo de valor (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007).

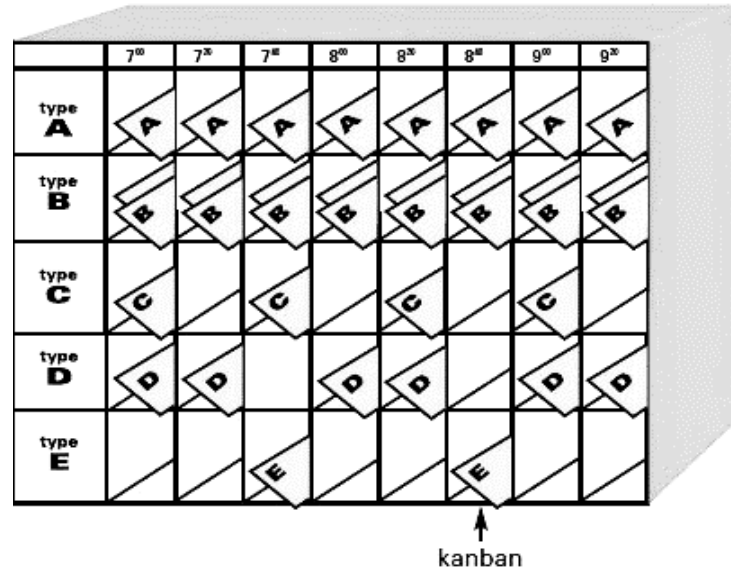
Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), na programação convencional para a produção de um determinado *mix* de produtos num determinado período, o tamanho do lote é calculado para cada produto e os lotes produzidos numa determinada sequência. A consequência da produção de grandes lotes são o alto estoque de material acumulado na unidade produtiva e entre os setores produtivos, além do fato de que, na maioria, cada dia é diferente do outro em termos do que deve produzir, sendo baixa a flexibilidade da produção.

Já para a produção nivelada são produzidos lotes menores, o que reduz o nível global de estoque em processo na produção. Além disso, nessa situação, a produção possui um ritmo regular e isso facilita o planejamento e controle em cada estágio já que todo dia a atividade em processo é a mesma e o controle torna-se visível e transparente para todos (SLACK; CHAMBERS; JONSTON, 2009).

Um quadro de nivelamento da carga, também conhecido como "*heijunka box*", como é mostrado na Figura 5, ajuda a nivelar o *mix* e o volume de produção, distribuindo *kanban* em intervalos fixos. Esses quadros possuem escaninhos com cartões *kanban* para cada intervalo *pitch*, que é tempo *takt* multiplicado pela quantidade em cada embalagem, e uma fileira de escaninhos para o *kanban* de cada tipo de produto. Assim, o *kanban* indica além da quantidade a ser produzida, também quanto tempo leva para produzir esta quantidade (baseado no *takt time*). É importante ressaltar que os *kanban* são carregados no *heijunka box* na sequência do *mix* desejado por tipo de produto e o responsável pela movimentação de

materiais retira esses *kanbans* e os leva até o processo puxador, um de cada vez, no incremento *pitch* (ROTHER; SHOOK, 2003).

Figura 5 – Exemplo de *heijunka box*



Fonte: Marchwinski e Shook (2007)

#### 2.4.4 5S

A ferramenta de 5s é um método importantíssimo para organizar áreas de trabalho que enfatizem ordem visual, organização, limpeza e padronização. Para Slack, Chambers e Johnston (2009), os 5 sentidos podem ser definidos como:

1. *Seiri* (Separação): Elimine o desnecessário e mantenha o que é necessário;
2. *Seiton* (Organização): Coloque as coisas para que elas sejam fáceis de serem encontradas quando necessário;
3. *Seiso* (Limpeza): Mantenha a limpeza e arrumação da área, de modo que não fique sujeiras e restos de lixo;
4. *Seiketsu* (Padronização): Conserve a ordem e limpeza, de modo que a arrumação seja contínua;
5. *Shitsuke* (Sustentação): Comprometa-se e tenha orgulho de manter os padrões.

De fato, a implementação do 5S permite que a realização do trabalho ocorra de forma mais rápida e fácil, já que o que não é necessário é eliminado, o necessário fica acessível, as coisas possuem uma organização clara e previsível e a desordem é reduzidas.

#### 2.4.5 Troca Rápida de Ferramentas

Segundo Shingo (1996), a Troca Rápida de Ferramentas (TRF), também conhecida como Troca de Ferramenta em um Dígito (SMED) é o método mais eficaz de melhorar *setup*. O tempo de *setup* é definido como o tempo decorrido na troca do processo de uma atividade para outra (SLACK; CHAMBERS; JONSTON, 2009). O SMED refere-se à meta de redução dos tempos de troca para um único dígito, ou menos de 10 minutos.

Shingo (1996) propõe oito técnicas TRF para reduzir o tempo de *setup*, são elas:

- 1. Separação das Operações de Setup Internas e Externas:** Nessa fase, deve-se identificar quais operações atuais devem ser executadas enquanto a máquina está parada (*setup* interno), e quais podem ser realizadas com a máquina funcionando (*setup* externo);
- 2. Converter Setup Interno em Externo:** Para realizar essa conversão, é necessário ser feito um reexame das operações para verificar se qualquer uma das etapas foi equivocadamente tomada como interna e encontrar maneiras de converter esses *setups* internos em externos.
- 3. Padronizar a função, não a forma:** Isso requer apenas uniformização nas peças necessárias à operação de *setup*.
- 4. Utilizar grampos funcionais ou eliminar os grampos:** Deve-se procurar métodos de um único toque, que se utilizam de cunhas, ressaltos e prendedores ou molas, assim como qualquer mecanismo de ligação que encaixe e una duas partes.
- 5. Usar dispositivos Intermediários:** Esses dispositivos podem ser utilizados em processos para eliminar algumas das esperas que ocorrem devido a ajustes durante o *setup* interno.
- 6. Adotar Operações Paralelas:** Quando essas operações paralelas são adotadas, o número de horas-homem empregadas na preparação é igual ou menor do que o número de horas-homem com apenas um trabalhador, elevando-se, assim, a taxa de operação da máquina;
- 7. Eliminar Ajustes:** O primeiro passo para isso é a realização de calibrações que eliminem a necessidade de confiar na intuição.
- 8. Mecanização:** A mecanização deve ser considerada apenas após ter sido feito esforços para melhorar os *setups* utilizando as outras 7 técnicas.

#### 2.4.6 Mapas de fluxo de valor

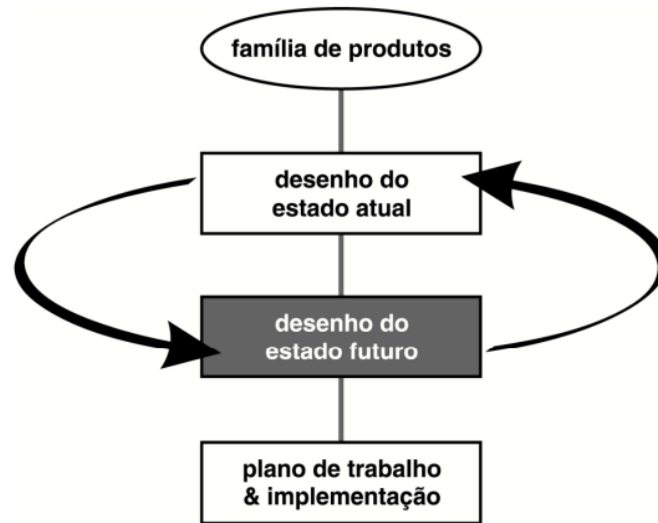
De acordo com Marchwinski e Shook (2007), o mapeamento de fluxo de valor (VSM) é um diagrama simples que mostra todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender os clientes, do pedido à entrega.

Rother e Shook (2003) comentam que o VSM é uma ferramenta que ajuda a enxergar e entender o fluxo de material e de informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor e ajuda a enxergar e focar o fluxo com a visão do estado ideal, ou pelo menos melhorado. O mapeamento do fluxo de valor é também uma ferramenta de comunicação, de planejamento de negócios e de gerenciamento do processo de mudança.

Ainda para Rother e Shook (2003), o Mapeamento do Fluxo de Valor é importante porque:

- Ajuda a enxergar mais do que os processos individuais, mas também todo o fluxo;
- Ajuda a identificar mais do que os desperdícios, mas também as fontes de desperdício no fluxo de valor;
- Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura;
- Traz visibilidade às decisões sobre o fluxo visíveis, permitindo sua discussão;
- Agrupa conceitos e técnicas enxutas, evitando a implementação de técnicas isoladas;
- Forma a base de um plano de implementação.
- Possui uma visualização que permite ver a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- É mais eficaz do que ferramentas quantitativas e diagramas de layout. Números são bons para criar um senso de urgência ou como medidas e comparações antes/depois. Contudo, o mapeamento do fluxo de valor é bom para descrever o que você realmente irá fazer para chegar a esses números, agregando valor.

Rother e Shook (2003) afirmam que o mapeamento do fluxo de valor segue as etapas que constam na figura 6:

**Figura 6** – Etapas Iniciais do Mapeamento do Fluxo de Valor

Fonte: Rother e Shook (2003)

O primeiro passo é identificar uma família de produtos. Uma família é um grupo de produtos que possuem características e etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos.

Os consumidores preocupam-se com produtos específicos, não com todos os seus produtos. Assim, deve-se definir qual a família de produtos selecionada, quantas peças diferentes existem na família, qual é a demanda dos clientes e a frequência de entregas, como mostra na Figura 7.

**Figura 7** – Matriz de Família de Produtos

	Etapas de Montagem & Equipamentos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
PRODUTOS	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

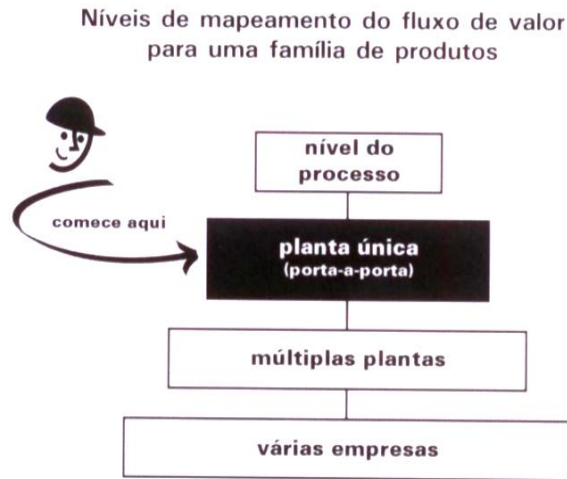
Uma Família de Produtos

Fonte: Rother e Shook (2003)

O fluxo do estado atual é desenhado a partir da coleta de informações no chão de fábrica. Assim, a medida que o fluxo de valor atual está sendo estruturado, as informações necessárias para desenvolver um estado futuro, já que as ideias sobre o estado futuro surgirão enquanto estiver sendo mapeado o estado atual (ROTHER; SHOOK, 2003).

O fluxo do estado atual pode focalizar em mapear cada etapa individual em um tipo de processo ou ampliando para abarcar o fluxo de valor externo à sua planta. É recomendável iniciar pelo nível de mapeamento de planta única. Os níveis de mapeamento do fluxo de valor para uma família de produtos constam na Figura 8.

**Figura 8** – Níveis de mapeamento do Fluxo de Valor para uma família de produtos



**Fonte:** Rother e Shook (2003)

Rother e Shook (2003) traz um conjunto de dicas que devem ser seguidas para o mapeamento:

- Deve-se coletar as informações do estado atual caminhando junto aos fluxos reais de material e de informação;
- Deve-se caminhar por todo o fluxo de valor "porta-a-porta" para obter uma compreensão do fluxo e da sequência dos processos;
- Deve-se começar pela expedição e voltar aos processos anteriores;
- Deve-se coletar as informações do estado atual enquanto caminha junto aos fluxos reais de material e de informação;
- Deve-se levar o próprio cronômetro e não se basear em tempos padrões ou informações que não obtiver pessoalmente.
- Deve-se mapear por si só o fluxo completo de valor.
- Deve-se sempre desenhar o fluxo a mão e a lápis.

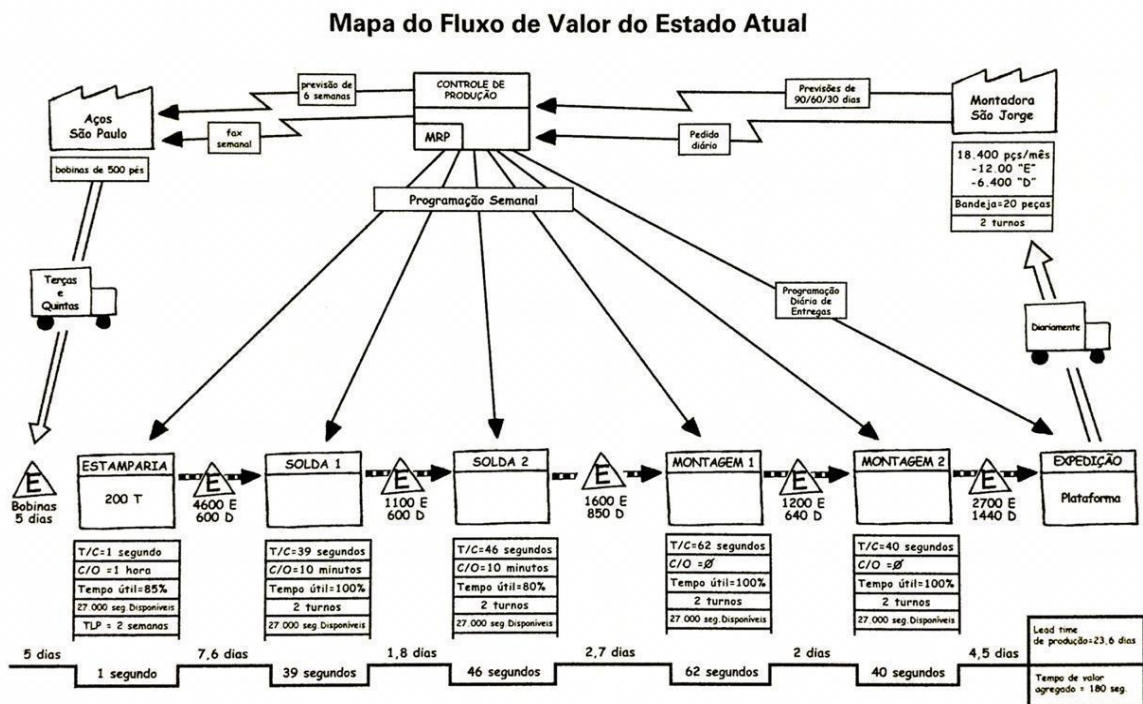
Para construção do MFV faz-se, ainda, imprescindível conhecer algumas métricas:

1. Tempo de Ciclo (T/C): Tempo que uma peça é realmente completada em um processo;

2. Tempo de Agregação de Valor (TAV): Tempo dos elementos de trabalho que efetivamente transformam o produto de uma maneira que o cliente está disposto a pagar.
3. "Lead Time" (l/T): Tempo que uma peça leva para mover-se ao longo do fluxo de valor, do começo ao fim.

A figura 9 mostra o Mapa do Fluxo de Valor do estado atual de uma organização.

**Figura 9** – Exemplo de Mapa do Fluxo de Valor do estado atual



O principal objetivo do mapeamento do fluxo de valor é identificar quais as fontes de desperdício e eliminá-las por meio da implementação de um fluxo de valor em um "estado futuro" que pode tornar-se uma realidade em um curto intervalo de tempo.

Rother e Shook (2003) consideram algumas perguntas chaves para construção do estado futuro:

- 1) Qual é o *takt time*?

O *takt time* é usado para sincronizar o ritmo da produção com o ritmo das vendas e representa a frequência com que se deve produzir uma peça ou produto para atender a demanda dos clientes. Ele segue a seguinte fórmula:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{demanda do cliente por turno}} \quad (1)$$

Assim, na construção do fluxo de valor futuro, a produção deve ocorrer no ritmo do seu *takt time*.

2) Você produzirá para um supermercado de produtos acabados do qual os clientes puxam ou diretamente para a expedição?

3) Onde você pode usar o fluxo contínuo?

O fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte sem nenhuma parada ou quaisquer outros desperdícios entre eles.

Assim, na construção do Fluxo de Valor futuro, deve-se desenvolver um fluxo contínuo onde for possível.

4) Onde será necessário introduzir os sistemas puxados com supermercados a fim de controlar a produção dos processos fluxos acima?

5) Em que ponto único da cadeia de produção ("o processo puxador") a produção será programada?

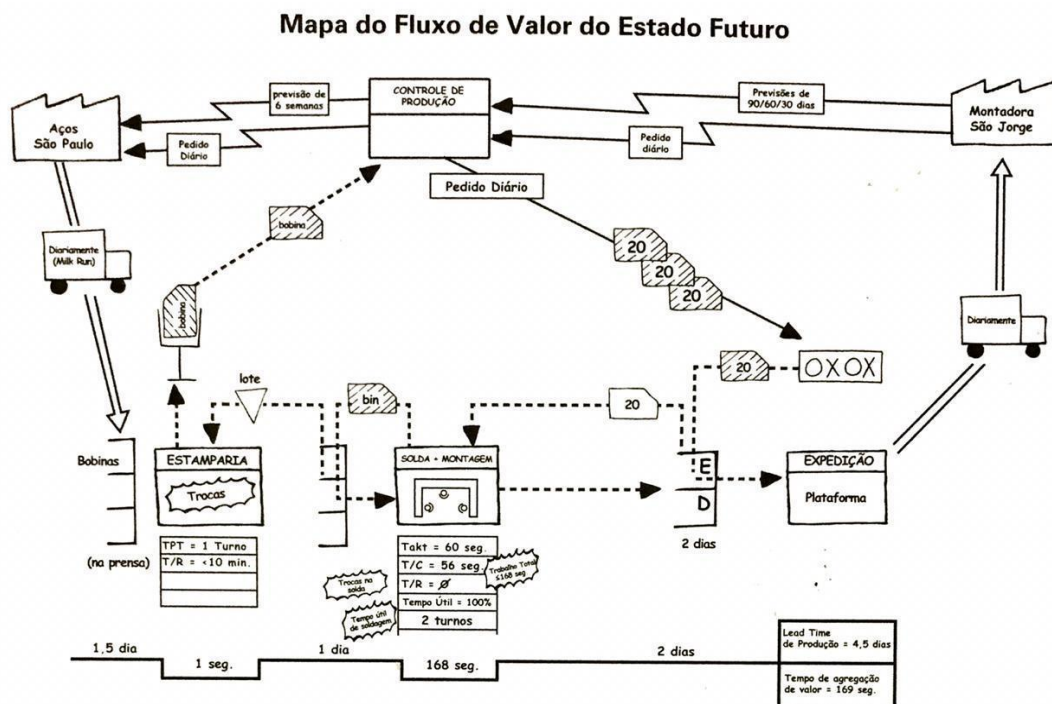
6) Como o *mix* de produção no processo puxador será nivelado?

7) Qual incremento de trabalho será liberado uniformemente do processo puxador?

8) Quais melhorias de processos serão necessárias para fazer fluir o fluxo de valor conforme as especificações do projeto de seu estado futuro?

Na figura 10 consta um Mapa de Fluxo de Valor do estado futuro construído a partir de um Mapa do Fluxo do estado atual (figura 9).

**Figura 10** – Mapa do Fluxo de Valor do estado futuro de uma organização





#### 2.4.7 Trabalho Padronizado

Marchwinski e Shook (2007, p. 92) definem Trabalho Padronizado como “estabelecimento de procedimentos precisos para o trabalho de cada um dos operadores em um processo de produção”. O Trabalho Padronizado é baseado em três elementos: Tempo *Takt*, Sequência exata de trabalho que a tarefa é realizada pelo operador dentro do tempo *takt* e o estoque padrão.

De fato, o Sistema Toyota surgiu à medida que sua equipe foi encontrando problemas ou oportunidades, solucionou-os (encontrando uma maneira melhor de trabalhar), verificou rigorosamente que aquela é a realmente a melhor maneira. Assim, se a solução melhora mesmo o sistema, ela se torna o modo padrão de fazer o trabalho, caso contrário, a solução do problema e a verificação contínua até que o problema seja resolvido satisfatoriamente (SOBEK; SMALLEY, 2010). Por isso, o trabalho padronizado é objeto da melhoria contínua por meio do *kaizen*.

#### 2.4.8 Eventos Kaizen

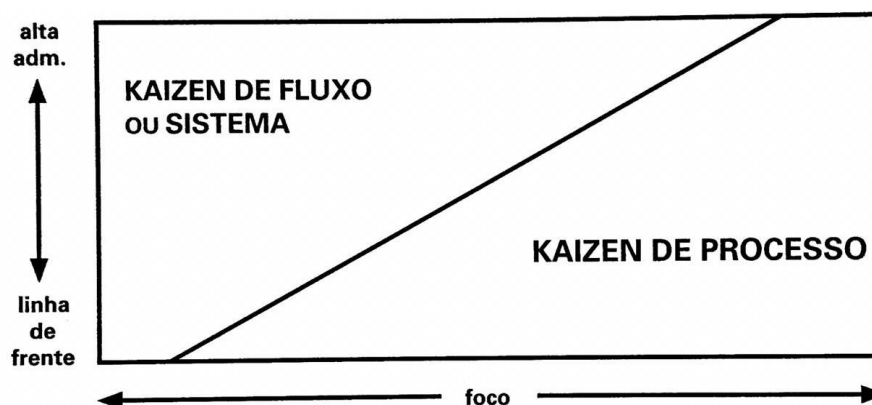
Após o desenvolvimento do fluxo de valor de um sistema, deverá ser identificado quais os pontos geram maiores perdas para o processo. Uma vez identificados esses processos passíveis de serem mudados, eles podem ser trabalhados em formato de projeto, utilizando seminários *kaizen*, também chamado de eventos *kaizen*.

O seminário *kaizen* é uma ferramenta essencial para mudança em qualquer organização. Rother e Shook (1999) estabelece dois níveis de *kaizen* (MARCHWINSKI E SHOOK, 2007, p. 40):

- i. *Kaizen* de sistema ou de fluxo, que considera o fluxo total de valor. Dirigido pelo corpo gerencial.
- ii. *Kaizen* de processo, que foca processos individuais. Dirigido por equipes de trabalho e líderes de equipe.

A figura 11 ilustra os dois níveis de *Kaizen*.

Figura 11 – Dois Níveis de *Kaizen*



Fonte: Marchwinski e Shook (2007)

Rother e Shook (2003) afirmam que *kaizen* do fluxo foca no fluxo de material e de informação, possibilitando grande vantagem ao serem vistos e o *kaizen* do processo centra no fluxo das pessoas e dos processos.

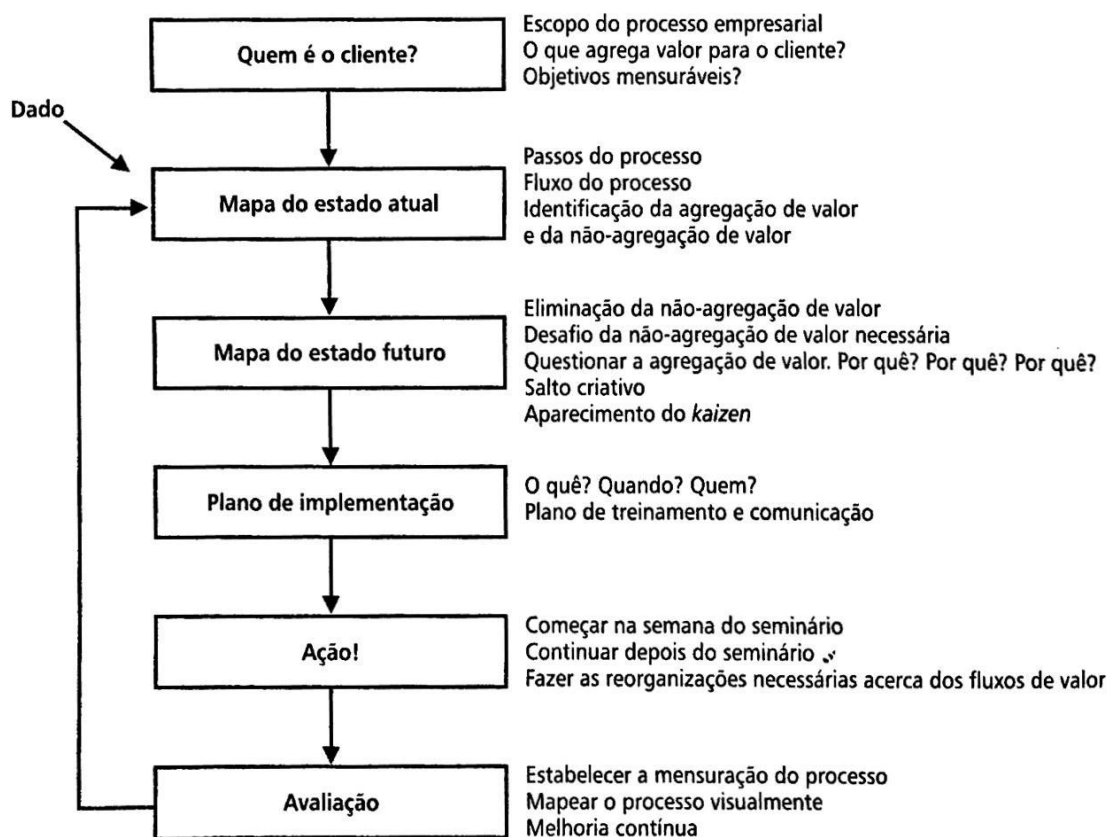
Liker (2005) propôs um formato para os projetos de seminários *kaizen* composto por 3 fases: preparação, o seminário propriamente dito e a sustentação de melhoria contínua, que ocorre depois do encerramento do evento.

Para Liker (2005) na Fase 1, Preparação, é necessário:

- Definir claramente o escopo: Definir desde o ponto de partida do processo até o produto final que deve ser entregue ao cliente;
- Estabelecer objetivos mensuráveis: Essas devem estar alinhadas aos objetivos globais da corporação;
- Criar um mapa preliminar do estado atual: Com tempo das atividades e tempo de espera entre os processos. Caso não tenha essa informação, deve-se coletar antes de iniciar o evento.
- Coletar todos os documentos relevantes: Deve ocorrer em paralelo com o esboço do mapa preliminar, onde um grupo coletará formulários, documentos e POP's que são afetados pelo processo analisado.
- Afixar um mapa preliminar do estado atual na sala da equipe.

A segunda fase proposta por Liker (2005) é o seminário *Kaizen* propriamente dito, que tradicionalmente duram cerca de uma semana, quando os participantes selecionados para o projeto analisam o processo, desenvolvem uma visão enxuta para ele e inicia a implementação. Na figura 12 constam as fases estabelecidas para o seminário.

Figura 12 – Fluxo de seminário *Kaizen*



Fonte: Liker (2005)

No primeiro passo, a equipe deve identificar quais são as reais necessidades do cliente. A partir do momento que isso fica claro, a equipe conseguirá visualizar quais são os processos que sustentam ou agregam valor para que essas necessidades sejam atendidas. (LIKER, 2005).

Ainda de acordo com Liker (2005), na etapa de análise do estado atual, a equipe deve ir ao *Gemba*, para visualizar e discutir o funcionamento do processo com os funcionários, trazer questões e solicitar ideias de melhorias. Após a caminhada, a equipe se reúne e analisa detalhadamente o mapa preliminar do estado atual e classifica cada atividade quanto ao valor agregado. Nessa etapa também são mensuradas medidas como *lead time*, razão de valor agregado, distância de deslocamento do produto e pessoas que realizam a atividade, produtividade e taxa de qualidade.

No desenvolvimento da visão do estado futuro ocorre um *brainstorming*, momento em que cada participante escreve suas ideias. Toda a equipe avalia cada ideia e identifica se ela ajudará a alcançar os objetivos estabelecidos. Algumas ideias podem estar fora do escopo do projeto e para que não sejam perdidas são encaminhadas para um “estacionamento” e são enviadas para os devidos proprietários do processo. Muitas dessas ideias podem precisar ser exploradas em um outro seminário *Kaizen*. Após todas as ideias

captadas, inicia-se a elaboração do mapa de estado futuro que devem seguir os princípios enxutos mencionados do tópico de Mapa de Fluxo de Valor (LIKER, 2005).

Na fase de implementação é definido um plano de projeto com: o que, quando e quem. Segundo Liker (2005), essas atividades podem incluir, por exemplo:

- Redistribuição de áreas de trabalho para facilitar o fluxo unitário de peça;
- Organização do local de trabalho (5s e *displays* visuais);
- Criação de instruções de trabalho padronizadas; revisão de procedimentos e recriações de formulários e documentos;
- Treinamento de pessoas no novo processo.

Provavelmente algumas atividades não serão finalizadas durante a semana *kaizen* devido à complexidade de sua implementação. Por isso, esses itens serão incrementados em um plano de trabalho para serem executados após o término do seminário e contarão com o nome do responsável e a data para finalização da atividade.

Segundo Liker (2005) na etapa de avaliação são estabelecidas e realizadas as mensurações que mapearão o progresso para o estado futuro e que garantirão que os ganhos alcançados durante o seminário sejam de fato sustentados ao longo do tempo. É importante eu a maior parte das mensurações sejam iguais as utilizadas no início do *kaizen*.

Na Fase 3, Manutenção da melhoria contínua, Liker (2005) comenta que é a parte de verificação-ação do ciclo PDCA e a equipe deverá: revisar a situação dos itens em aberto no plano, revisar as mensurações, discutir oportunidades adicionais para melhorias e continuar a melhorar o processo.

## **2.5 Técnicas complementares *Lean***

Como mencionado anteriormente, para implementação do seminário *Kaizen*, faz-se necessária seguir algumas etapas. Algumas ferramentas podem ser utilizadas para auxiliar na execução dessas etapas e, para isso, foi selecionado um conjunto de técnicas que funcionam como meio para implementação das etapas do Seminário *Kaizen* e essas serão descritas a seguir.

### **2.5.1 Cronoanálise**

O estudo dos tempos é uma prática para determinar o tempo necessário para uma pessoa qualificada e bem treinada, trabalhando em ritmo normal, executar uma tarefa especificada (BARNES, 1977).

A medida do tempo pode ser feita por meio de um: cronômetro, máquina de filmar ou máquina para registro de tempos. Segundo Barnes (1997), o observador deve ter em sua prancheta uma folha de observações que é um impresso com espaços reservados para o registro de informações referentes à operação em estudo. Essas informações incluem normalmente descrição da atividade, nome do operador, nome do cronometrista, data e local do estudo, além do espaço para registro das leituras do cronômetro de cada elemento da operação que servirá para análise do ritmo do operador e para os cálculos.

Os três métodos mais comuns para a leitura do cronômetro são: leitura contínua, leitura repetitiva e leitura acumulada (BARNES, 1977).

1. **Leitura Contínua:** O observador verifica a leitura do cronômetro ao fim de cada elemento e registra essa leitura na folha de observações. O cronômetro se mantém em movimento durante o período do estudo;
2. **Leitura Repetitiva:** Os ponteiros do cronômetro são retomados ao zero ao fim de cada elemento;
3. **Leitura Acumulada:** Nesse método a leitura direta do tempo para cada elemento é feita por meio do uso de dois cronômetros.

### ***2.5.2 Gráfico de Gantt***

Slack, Chambers e Johnston (2009) afirmam que o Gráfico de Gantt é o método de programação mais comumente usado e representa o tempo como uma barra num gráfico por meio de uma visualização fácil e eficaz.

Nesse gráfico, os tempos de início e fim das atividades são indicados e algumas vezes o progresso real do trabalho. Assim, além de proporcionar uma imagem visual simples da sequência das atividades a serem realizadas, também mostra o caminho crítico e as dependências existentes dentro de um plano de projeto.

### ***2.5.3 A3***

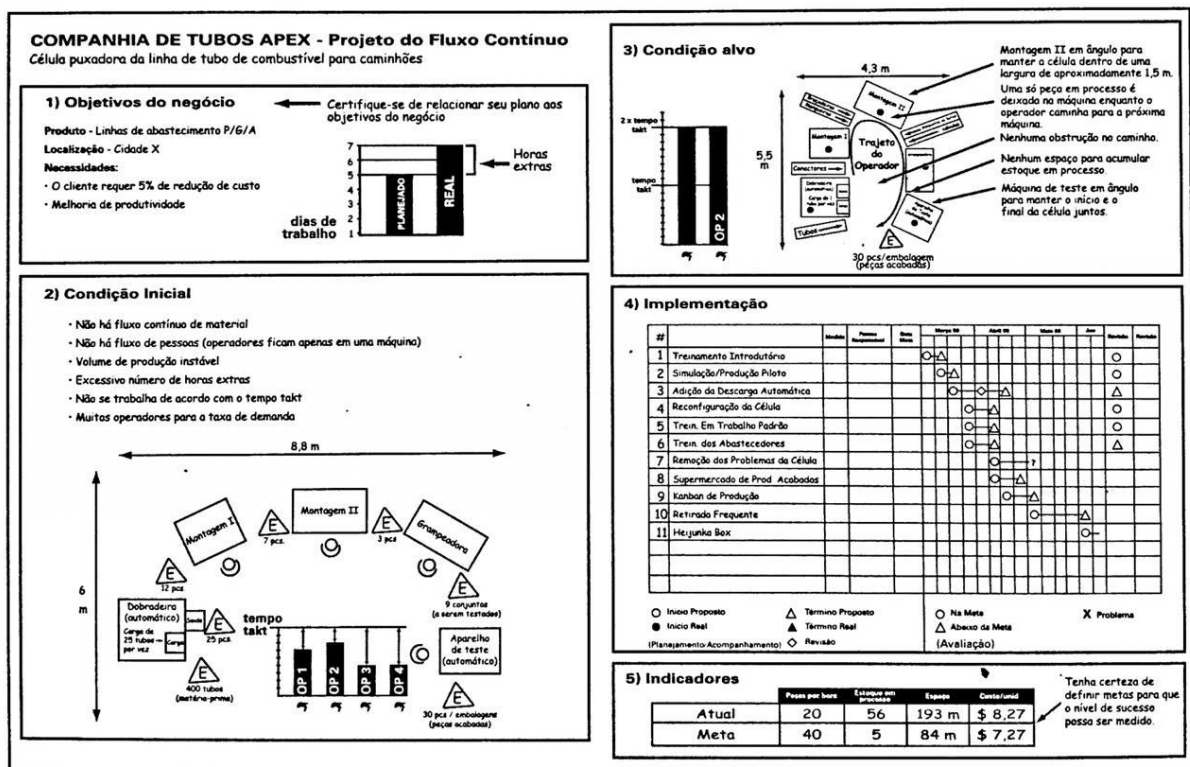
De acordo com Sobek e Smalley (2010), o relatório A3 é uma ferramenta poderosa para implementação da gestão PDCA e facilita a compreensão dos autores acerca do

problema ou da oportunidade, além de ser um meio para surgimento de novas ideias sobre como atacar um problema.

O A3 reúne problema, análise, ações corretivas e planos de ação em uma única folha de papel, do tamanho de uma folha A3 e normalmente utiliza gráficos e figuras. Na Toyota, esses relatórios se tornaram métodos padrões de resolução de problemas, relatórios de status e exercícios de planejamento (MARCHWINSKI E SHOOK, 2007).

O fluxo geral do formato do relatório representa o ciclo Planejar-Executar-Verificar-Agir de gestão. Na figura 13 consta um exemplo de folha A3. No lado esquerdo do A3 é normalmente utilizado para parte do Planejar do PDCA, onde é mostrado o histórico da situação, as condições atuais, a meta a ser atingida e a causa fundamental do problema. Já no lado direito consta as partes de Executar, verificar e Agir do ciclo (SOBEK; SMALLEY, 2010).

Figura 13 – Exemplo Folha A3



Fonte: Marchwinski e Shook (2007)

2.5.4 Matriz GUT

A Matriz GUT é uma ferramenta utilizada para priorizar a tomada de decisão, considerando a sua gravidade, a urgência e a tendência.

Conforme Periard (2011) para construção da Matriz GUT deve-se inicialmente listar os problemas presentes em determinado meio ou situação. Em um segundo momento, deve-se avaliar cada ponto de acordo com três aspectos: Gravidade, Urgência e Tendência.

1. **Gravidade:** Representa o impacto do problema analisado caso ele venha a acontecer. É analisado sobre alguns aspectos, como: tarefas, pessoas, resultados, processos, organizações etc. Analisando sempre seus efeitos a médio e longo prazo, caso o problema em questão não seja resolvido;
2. **Urgência:** Representa o prazo, o tempo disponível ou necessário para resolver um determinado problema analisado. Quanto maior a urgência, menor será o tempo disponível para resolver esse problema. É recomendado que seja feita a seguinte pergunta: “A resolução deste problema pode esperar ou deve ser realizada imediatamente?”;
3. **Tendência:** Representa o potencial de crescimento do problema, a probabilidade do problema se tornar maior com o passar do tempo. É a avaliação da tendência de crescimento, redução ou desaparecimento do problema. Recomenda-se fazer a seguinte pergunta: “Se eu não resolver esse problema agora, ele vai piorar pouco a pouco ou vai piorar bruscamente?”

Em seguida, deve-se atribuir a cada questão analisada um número em uma escala crescente de 1 a 5 a característica de cada problema. Para os problemas maiores a base é o valor 5 e 1 para os menos importantes. Por fim, o número de cada variável deve ser multiplicado e isso gerará uma pontuação final para cada problema.

### 2.5.5 5W1H

Segundo Fulgêncio (2007, p. 418), o método 5W1H é um “tipo de *check-list* utilizado para garantir que a operação seja conduzida sem nenhuma dúvida por parte das chefias ou dos subordinados”.

O 5W1H permite considerar as atividades a serem executadas de maneira objetiva e organizada e considera as seguintes questões na construção do plano de ação que estão relacionados ao objetivo traçado:

1. *What* (o que): Qual atividade será feita?
2. *Who* (quem): Quem é o responsável pela atividade?
3. *Where* (onde): Onde a atividade será conduzida?

4. *When* (quando): Quando a atividade será conduzida?
5. *Why* (porque): Por que a atividade é necessária?
6. *How* (como): Como a atividade será conduzida?



### 3 DETALHAMENTO DA SITUAÇÃO OBJETO DO ESTUDO E MÉTODO PROPOSTO

#### 3.1 Caracterização da empresa

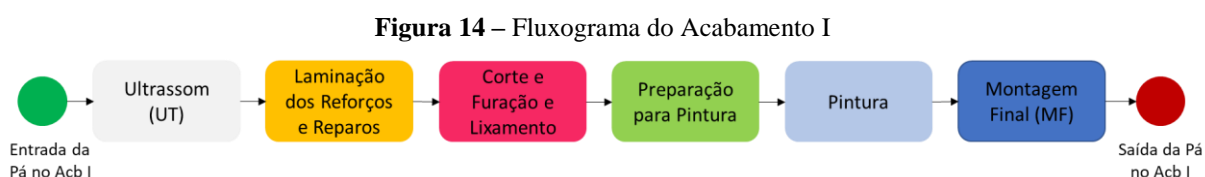
O presente trabalho foi desenvolvido em uma indústria de fabricação de pás eólicas localizada no estado do Ceará. A organização possui cerca de 2000 funcionários divididos em três turnos de trabalho. Mesmo em um cenário econômico desfavorável no país, o empreendimento está em rápido crescimento no mercado e pretende aumentar sua capacidade produtiva. A empresa possui, ainda, uma localização estratégica que permite que o produto final seja entregue em parques eólicos em todo o mundo.

Atualmente a empresa comercializa para quatro grandes clientes do mercado nacional e internacional. Os clientes encaminham seus projetos e a organização executa sua produção de acordo com as especificações do projeto. Para isso, um rigoroso controle de qualidade e engenharia é realizado. A empresa também atua na prestação de serviços de inspeção e manutenção de pás em campo.

##### 3.1.1 Processo produtivo

A organização analisada divide seus macroprocessos produtivos em: Laminação e Acabamento. Para cada cliente existe um setor de Laminação responsável pela execução de processos como *layup*, infusão, fechamento e desmoldagem. Em seguida, a pá é encaminhada para o Acabamento I ou II para ser finalizada. O primeiro é responsável por 3 dos clientes da empresa e o segundo responsável por 1 cliente. O atual estudo focou em analisar os processos que compõem o Acabamento 1.

O Acabamento 1 é dividido em 6 áreas produtivas, que neste trabalho serão chamadas de Elos. São eles: Ultrassom (UT), Laminação dos Reforços, Corte e furação, Preparação para Pintura, Pintura e Montagem final (MF). Segue na figura 14 o fluxograma do Acabamento I.



Fonte: autora (2019)

Assim que chega no Acabamento, a pá vai para o posto de Laminação dos Bordos e inicia-se o processo de Ultrassom, em que são inspecionadas Cascas, Bordo de Ataque (BA) e Bordo de fuga (BF) para verificar se existe alguma não conformidade na pá. Caso exista é aberto um Registro de Não Conformidade (RNC) para que esses problemas possam ser corrigidos.

Ao chegar no posto de Laminação dos Bordos, a pá tem acabado de sair do molde e faz-se necessário a retirada de rebarbas que ficaram após o fechamento da pá. Esse processo é chamado de Rebarbação. Assim, após a Rebarbação, a equipe de Ultrassom faz uma inspeção Pós-Rebarbação para checar se existe alguma não conformidade. Em seguida, são realizados ajustes e marcações nos bordos para início da laminação dos reforços nas áreas marcadas. Deve-se aguardar a cura dos reforços para que a pá passe para as próximas etapas e para dar maior agilidade a esse processo são colocadas mantas.

Após finalizar esses processos, a pá é levada para o posto de Corte e Furação. Nessa etapa a região da face da pá é cortada e faceada para que seja possível a colocação dos *T-Bolts* (conjunto de *stud* e *barrel*) que dão sustentação e fixação a pá no aerogerador. A pá é levada ainda para uma máquina que realiza o lixamento das suas cascas, processo esse necessário para preparação da pá.

Logo depois, a pá vai para o posto de Preparação para Pintura. Antes de a pá ser pintada, deve-se corrigir qualquer imperfeição que exista em seus bordos ou raiz. Para corrigir essas imperfeições, passa-se Massa *Putty* nos reforços da pá ou em regiões que foram realizados reparos. Além disso, nessa etapa também é aplicado outro químico na pá, *Porefiller*, químico que corrige caso exista poros nos bordos e cascas. Além disso, algumas regiões que possuem brilho também são preparadas nesse momento, já que se não forem corrigidas causam deslocamento de tinta na etapa de pintura.

Ao finalizar na Preparação, a pá inicia o processo de pintura e ajustes finais. São aplicados nesse momento duas demãos de tinta e corrigido quaisquer poros que ainda possa existir na pá por meio de processo de autocontrole e inspeção do setor de Qualidade.

Por fim, a pá vai para o último posto, o de Montagem Final. Na Montagem Final são montados todos os acessórios da pá, como por exemplo a colocação de *T-bolts* cujos furos foram realizados no processo de Corte e furação. Nesse momento também a pá é inspecionada pelo cliente. Estando aprovada, a pá sai do Acabamento I e é liberada para o cliente.

Atualmente, todo esse processo do Acabamento I é realizado com um *lead time* de 71 horas/pá em 2 turnos de trabalho.

### 3.2 Situação objeto de estudo e método proposto

Com o aumento da demanda, o Acabamento I precisa aumentar a sua capacidade de 6 para 18 pás/semana para um dos principais clientes. Contudo, o setor possui problemas que impactam diretamente no seu *lead time* que atualmente é cerca de 71 horas/pá.

Dentre os principais problemas que comprometem a perenidade do fluxo estão a demora no abastecimento de ferramentas e almoxarifado e a alta quantidade de reparos a serem realizados no Acabamento I. Apesar da empresa possuir foco na sua melhoria contínua, atualmente as ferramentas do *Lean* não são parte integrante da rotina do setor e mostram-se como essenciais na rotina diária dos envolvidos.

Assim, com o objetivo de solucionar os problemas citados, bem como reduzir o *lead time* produtivo e os custos envolvidos nesse processo, o atual estudo visa desenvolver e implementar uma metodologia, baseada na filosofia *Lean* e para isso foram reunidos um conjunto de ferramentas.

Para a aplicação dessas ferramentas seguiu-se o fluxo da tabela 1, baseado nas etapas dos eventos *Kaizen* (LIKER, 2005) e nos princípios do PDCA (IMAI, 2014).

**Tabela 1** – Etapas do Estudo

(continua)

P	Escopo do Projeto	Termo de Abertura de Projeto (TAP)
		Estrutura Analítica do Projeto (EAP)
	Mapa de Estado Atual	Fluxograma
		Cronoanálise
		Gráfico de Gantt
		Desenho Mapa de Estado Atual
	Mapa de Fluxo Futuro	Desenho Mapa de Fluxo Futuro e Lista de melhorias
D	Plano de Implementação	A3
		Matriz GUT
		Plano de Implementação - 5W1H (Planilha Eletrônica)
	Planos de Ação	Microsoft Planner/5W1H

Tabela 1 – Etapas do Estudo

(conclusão)

C	Controle	Reunião Diária/Microsoft Planner/5W1H/ Medição de Resultados mensais
A	Ação Corretiva	Acompanhamento Microsoft Planner/5W1H
	Aprendizado	Eventos <i>Kaizen</i>

Fonte: autora (2019)

No Planejamento (*Plan*) fez-se a definição do escopo do projeto, por meio de um Termo de Abertura de Projeto (TAP) o e de uma Estrutura Analítica do Projeto (EAP). Foi feita ainda a definição do Mapa de Estado Atual por meio de entrevistas com as equipes de cada Elo para definição dos processos a serem analisados e, assim, definição do Fluxograma de cada Elo. Em seguida, foi realizada Cronoanálise para todos os processos finalizando-se o Mapa de Fluxo Atual. É válido mencionar que para facilitar a compreensão das atividades que ocorrem em paralelo com outras foi elaborado ainda nessa etapa um Gráfico de Gantt. Após finalizar o Mapa de Fluxo Atual foi formado um Grupo *Kaizen* especialista de cada Elo para dedicar-se ao projeto. Foram mapeadas, ainda, quais atividades representavam desperdícios, quais estavam com alto tempo de processo e quais poderiam ser agrupadas a outras atividades. Identificado isso foi possível construir o Mapa de Fluxo Futuro.

Na Execução (*Do*), a partir da definição da lista de melhorias dos pontos de mudanças e melhorias mapeados para o Fluxo Futuro, foi feito um A3 para cada um desses pontos e para priorização dessas oportunidades de melhoria foi construída uma Matriz GUT para cada Elo. Em seguida foi elaborado o plano de Implementação com o Grupo *Kaizen* do Elo por meio de uma planilha baseada nos princípios do 5W1H, onde constam todas as ações a serem realizadas para o alcance da melhoria. Utilizou-se, ainda, uma ferramenta *online*, *Microsoft Planner*, para organizar e controlar os planos de ação via notificações no *e-mail*. Nessa etapa foi prevista execução de todos os planos de ação e testes definidos anteriormente.

A Verificação (*Check*) foi feita diariamente por meio de Reuniões e acompanhamento do 5W1H e *Microsoft Planner*. Além disso, o monitoramento e avaliação dos resultados obtidos com a execução das atividades foi realizado nesse momento.

No *Act*, Ajuste/Ação Corretiva voltou-se para os planos de ação definidos para tomada de ações corretivas para os que obtiveram diferenças nos resultados reais e planejados ou por necessidade de algum tipo de alteração ou, ainda, por após ser realizados testes, ter sido identificado que não aplicáveis a área. Essas situações foram analisadas, identificadas as suas causas e analisadas as mudanças para melhoria do processo. Além disso, após a

finalização das ações corretivas, foi incluída nesse fluxo a Etapa de Aprendizado. Assim, foi feita uma nova análise crítica dos resultados obtidos e avaliado o que deu certo e o que não deu, identificando-se, assim, como poderia ser feito de forma diferente em outra oportunidade ou outro *Kaizen*.

## 4 ESTUDO DE CASO

Este capítulo dedica-se a aplicar o método proposto e como foi aplicada às ferramentas para implementação do *Lean* por meio do *Kaizen* e é detalhada a aplicação de cada uma das etapas do método proposto. Apesar das etapas descritas neste trabalho terem sido aplicadas para todos os elos produtivos do Acabamento I, para facilitar a compreensão, este estudo focará na descrição da aplicação do método para o elo Preparação para Pintura.

### 4.1 Escopo do Projeto

Seguindo as etapas definidas na literatura, em um primeiro momento foi definido qual o escopo do projeto e quais os objetivos mensuráveis. Esse é um passo fundamental para que toda a equipe esteja alinhada com as necessidades do cliente e caminhe para alcançar os objetivos do projeto. Foi definida, ainda, a família de produtos que seria escolhida para realização do teste e sua seleção se deveu ao fato de representar o maior volume de produção no atual momento da organização sendo responsável pela maior porcentagem de faturamento mensal.

Assim, a definição do cliente e objetivos do projeto foi feita por meio de um Termo de Abertura do Projeto (TAP) que é o documento que o autoriza formalmente na empresa. Nele foram reunidos os objetivos, produto selecionado, escopo, premissas, normas e especificações do projeto. A figura 15 apresenta uma parte da TAP definida para o projeto que reúne os objetivos, cliente e planta e indicadores do projeto.

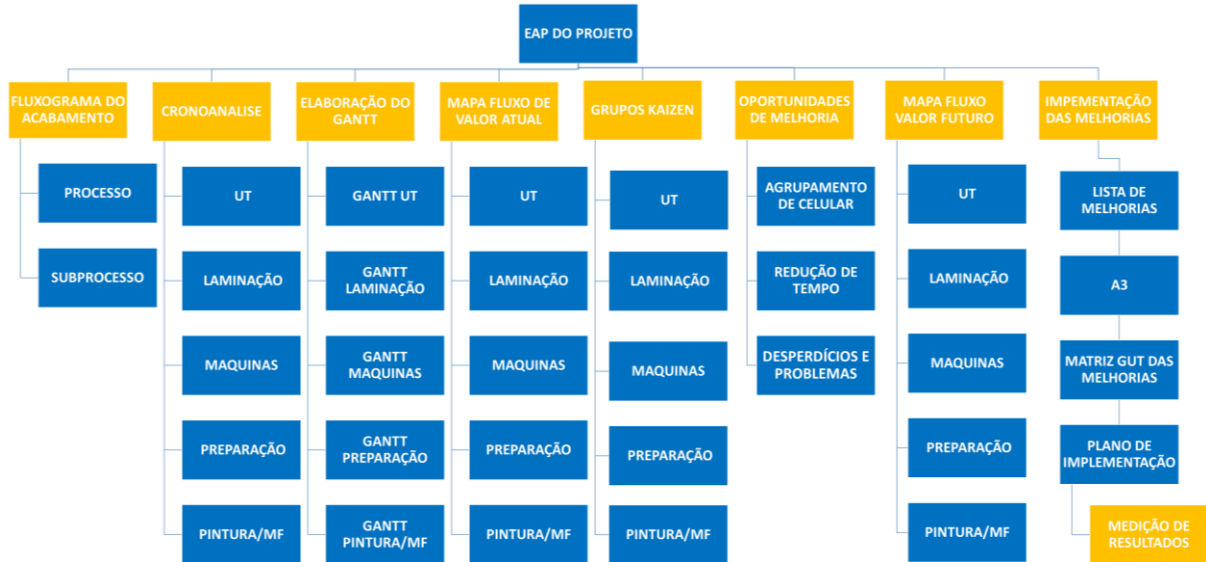
**Figura 15** – Parte da TAP do projeto

PLANO DO PROJETO					
Termo de Abertura do Projeto (TAP)					
<b>Objetivos</b>					
De maneira concisa, qual o objetivo deste projeto? O que será feito?					
Aumentar a capacidade produtiva no projeto X de 6 pás por semana para 18 pás por semana em 2 Turnos implementando ferramentas do lean manufacturing na rotina diária do acabamento 1.					
Para quais plantas, áreas, processos e modelos de pá?					
Processo produtivo modelo Cliente X					
Quais serão as indicadores do sucesso deste projeto?					
Indicador	Tipo de impacto (escolha uma opção)	ANTES		DEPOIS	
		Valor do indicador	Período de referência	Valor do indicador esperado	Período/Lote de comprovação
Lead time Acb 1	Tempo de passagem	71 horas/pá	jul/18	52 horas/pá	jan/19
Nota 5s	Risco acidentes	96.5%	jul/18	98%	jan/19

**Fonte:** arquivo da empresa (2018)

Ainda na etapa de definição do projeto foi elaborada uma Estrutura Analítica do Projeto (EAP), que representa graficamente todo o escopo do projeto. Assim, os pacotes do projeto seguiram os mesmos passos definidos na metodologia proposta como é mostrada na Figura 16, e seguiu a seguinte estrutura na EAP:

**Figura 16 - EAP do Projeto**



**Fonte:** arquivo da empresa (2018)

## 4.2 Mapa de Estado Atual

### 4.2.1 Fluxograma

Em um segundo momento, ainda na etapa de Planejamento do PDCA, os colaboradores foram chamados para sala *Obeya*, palavra japonesa que significa “grande sala”. A *Obeya* foi a sala escolhida para realização do projeto e contém elementos visuais que permitem a verificação do andamento das atividades. Assim, na *Obeya*, as equipes de cada um dos Elos foram reunidas separadamente para que fosse discutido e definido cada uma das atividades dos processos que compõem cada Elo do Acabamento I: Ut, Laminação dos bordos, Corte e Furação, Preparação para Pintura e Pintura e Montagem Final.

Nessa etapa foram definidos além das atividades de cada processo quais os subprocessos existentes. De um modo geral, os subprocessos podem ser definidos como processos que são necessários para que um outro processo ocorra, ou seja, representa um processo que dar condição para execução de determinada atividade. Sem eles, as atividades que estão dentro do processo não ocorrem. Um exemplo de subprocesso é o processo de Preparação do *Putty*, material químico utilizado na etapa de Preparação para Pintura para

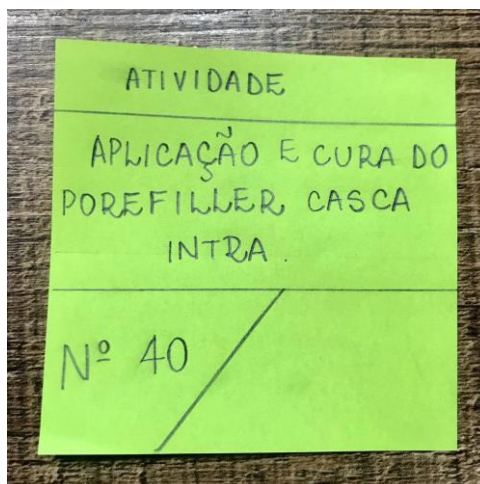
evitar a ocorrência de poros na pá. Para que seja possível realizar a aplicação de *Putty* é primeiro necessária sua preparação, por isso essa atividade caracteriza-se como um subprocesso.

Ainda nessa etapa foram definidos alguns padrões para facilitar o entendimento e divisão de atividades de cada Elo, bem como a organização da sala *Obeya*. Seguiu-se o mesmo padrão do início ao final do projeto. Dessa forma, os *Post it* foram padronizados de acordo com suas informações, tamanhos e cores. Além disso, as atividades foram organizadas seguindo a linha do tempo real do *lead time* atual do Acabamento I e de forma sequencial, ou seja, um processo ao lado do outro ou abaixo, caso fosse uma atividade que ocorresse em paralelo com outra.

A Padronização dos *Post It* seguiu as seguintes regras:

- I. Quanto às informações os *Post It*, eles devem ser organizados sequencialmente com:
  - Nome do processo;
  - Número do processo.

**Figura 17** – Exemplo de *Post it* de Atividade



**Fonte:** arquivo da empresa (2018)

- II. Quanto ao tamanho do *Post It* eles podem ser de 2 tipos:
  - *Post it* maior: Atividade que demora cerca de 1 hora para ser executada.
  - *Post it* menor: Atividade que demora cerca de meia hora para ser executada.
- III. Quanto as cores do *Post It* eles podem ser:



**Tabela 2** – Padronização das cores do *Post It*

Cor	Elo
Laranja	Logística
Branco	Ultrassom
Amarelo	Laminação dos Bordos
Rosa	Corte e Furação
Verde	Preparação para Pintura
Azul	Pintura e Montagem final

Fonte: autora (2019)

Como dito anteriormente, a linha do tempo foi um parâmetro utilizado para organizar as atividades de acordo com sua duração e verificar visualmente o *lead time* atual, de 71 horas e o desejado de 52 horas. A figura 18 apresenta uma visão geral de como ficou a parede em que o fluxo foi organizado com as operações.

**Figura 18** – Visão geral do Fluxograma do Acabamento I na sala *Obeya*

Fonte: arquivo da empresa (2018)

Após essa etapa ter sido finalizada, os fluxos foram digitalizados para o *software Microsoft Visio* para facilitar a consulta e o armazenamento das informações coletadas.

#### 4.1.2 Cronoanálise

Nessa etapa foram medidos os tempos no *Gemba* para que fosse identificada a duração das atividades de cada processo mapeado na etapa anterior. Assim, delegou-se um responsável de cronometrar os processos de cada Elo e a metodologia utilizada foi a mesma descrita na literatura utilizada no referencial teórico e para cada responsável pela coleta dos tempos foram disponibilizados um cronômetro e uma prancheta com uma folha de observações, mostrada na Figura 19.

Na folha constam:

- Caracterização do processo: Refere-se à classificação do estado do processo a ser cronometrado, atual ou proposto. É colocado, ainda, o nome do processo a ser analisado.
- Informações gerais da pá, nome do setor e do responsável pelo cronoanálise;
- Descrição dos elementos observados: Classificação se a atividade realizada foi um processo, uma movimentação, uma espera, um armazenamento ou uma inspeção. A simbologia é mostrada na figura 19.
- Data de observação inicial e final.
- Distância percorrida, caso também esteja-se analisando o deslocamento da atividade.
- Tempo inicial, final e total(duração);
- Descrição, ferramentas e Hh envolvidos na atividade.
- Campo de observação para cada atividade analisada no *Gemba*, mas utilizando para detalhar algum problema verificado ou especificidade do processo.

O método de leitura do cronômetro utilizado foi o contínuo, anotando-se apenas a leitura final verificada no cronômetro, sendo calculada a duração da atividade ao final da medição. Optou-se por esse método por fornecer tempos mais precisos e confiáveis. Além disso, ao ser verificada alguma modificação na execução da atividade, como o aumento ou diminuição de operadores, por exemplo, anotou-se esse momento no tempo final e iniciou-se na linha abaixo uma nova observação especificando a alterando, a nova quantidade de h/h na atividade para esse exemplo utilizado.

A figura 19 mostra um exemplo de folha de Cronoanálise utilizada para o processo de Aplicação de *Porefiller* na Casca Intra.

Figura 19 – Folha de cronoanálise

PROCESSO ATUAL (X)					DIAGRAMA FLUXO DO PROCESSO				
PROCESSO PROPOSTO ( )					ATIVIDADES				DATA INÍCIO
PROCESSO:					PROCESSO	○			09/11/2018
PREPARAÇÃO - 3.E.40. APLICAÇÃO E CURA DO PO-					MOVIMENTAÇÃO	⇨			
REFILLER CASCA INTRA					ESPERA	D			DATA TÉRMINO
N° PÁ:					ARMAZENAMENTO	▽			
SETOR: ACABAMENTO I					INSPEÇÃO	□			09/11/2018
RESPONSÁVEL: LAIZA									
PASSO	DISTÂNCIA (M)	TEMPO INÍCIO (MIN)	TEMPO FINAL (MIN)	TEMPO TOTAL (MIN)	ATIVIDADE	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	FERRAMENTA	Hh	OBSERVAÇÃO
1		10:31:00	12:05:00	01:34:00		APLICAÇÃO E CURA DO POREFILLER CASCA INTRA		3	
1		10:31:00	10:34:00	00:03:00	⇨	PEGAR POREFILLER		1	
3		10:34:00	10:42:00	00:08:00	○	LIMPEZA CASCA INTRA		1	
4		10:42:00	10:43:00	00:01:00	○	LIMPEZA CASCA INTRA	MANGUEIRA	2	
5		10:43:00	10:51:00	00:08:00	○	APLICAÇÃO POREFILLER CASCA INTRA	ESPÁTULA/CELULOIDE BRANCA	2	
6		10:51:00	10:54:00	00:03:00	⇨	PEGAR POREFILLER		1	
7		10:55:00	10:56:00	00:01:00	○	LIMPEZA CASCA INTRA	MANGUEIRA	1	
8		10:56:00	10:58:00	00:02:00	○	APLICAÇÃO POREFILLER CASCA INTRA	ESPÁTULA/CELULOIDE BRANCA	2	
9		10:58:00	11:06:00	00:08:00	○	APLICAÇÃO POREFILLER CASCA INTRA	ESPÁTULA/CELULOIDE BRANCA	3	
10		11:06:00	11:09:00	00:03:00	○	LIMPEZA ESPÁTULA		2	
11		11:06:00	11:15:00	00:09:00	○	APLICAÇÃO POREFILLER CASCA INTRA	ESPÁTULA/CELULOIDE BRANCA	1	
12		11:09:00	11:14:00	00:05:00	⇨	PEGAR POREFILLER		1	
13		11:14:00	11:19:00	00:05:00	○	APLICAÇÃO POREFILLER CASCA INTRA	ESPÁTULA/CELULOIDE BRANCA	2	
14		11:14:00	11:17:00	00:03:00	○	LIMPEZA ESPÁTULA		1	
15		11:20:00	11:25:00	00:05:00	○	APLICAÇÃO POREFILLER CASCA INTRA	ESPÁTULA/CELULOIDE BRANCA	2	
16		11:25:00	11:31:00	00:06:00	⇨	PEGAR POREFILLER		1	
17		11:29:00	11:33:00	00:04:00	○	APLICAÇÃO POREFILLER CASCA INTRA	ESPÁTULA/CELULOIDE BRANCA	1	
18		11:31:00	11:33:00	00:02:00	○	LIMPEZA CASCA INTRA	MANGUEIRA	1	
19		11:33:00	11:41:00	00:08:00	○	APLICAÇÃO POREFILLER CASCA INTRA	ESPÁTULA/CELULOIDE BRANCA	3	
20		11:41:00	11:45:00	00:04:00	○	LIMPEZA CASCA INTRA	MANGUEIRA	3	
21		11:45:00	12:05:00	00:20:00	D	CURA		-	

Fonte: arquivo da empresa (2018)

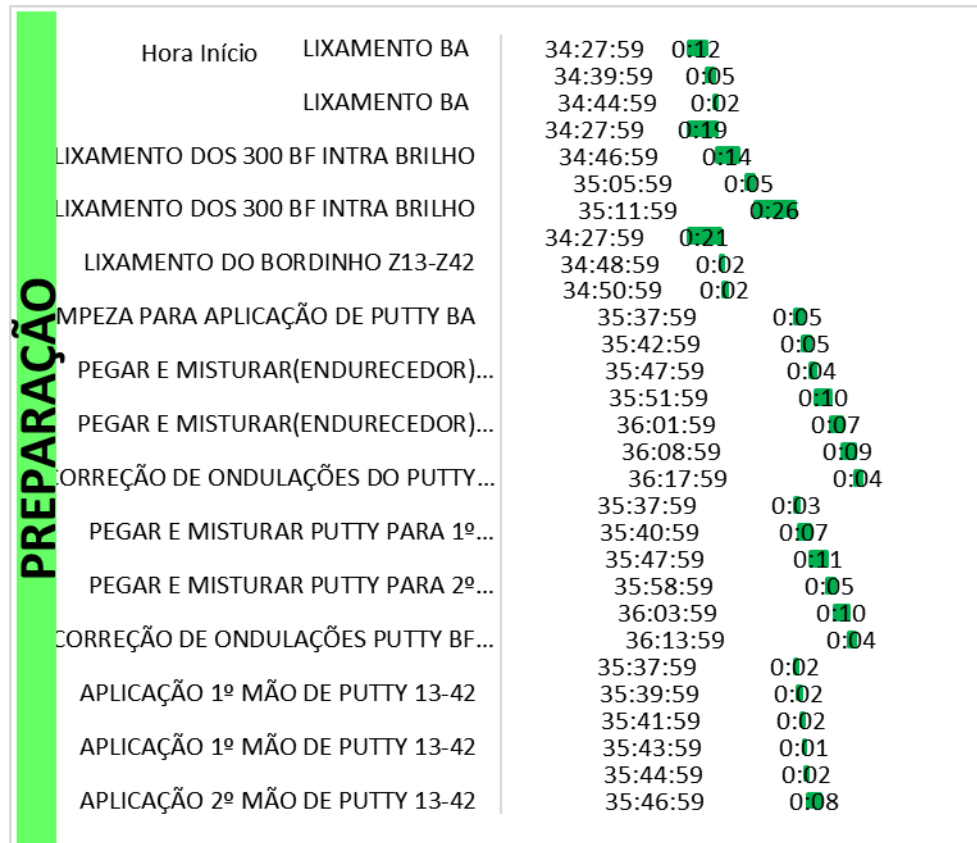
#### 4.1.2 Elaboração do GANTT

No mapeamento dos processos e na cronometragem dos tempos no *Gemba*, pode-se perceber que grande parte das atividades ocorrem em paralelo ou iniciam-se poucos minutos depois de outras. Dessa forma, para facilitar a compreensão da sequência exata dos processos optou-se por construir um Gráfico de Gantt reunindo todos os tempos visualizados na cronoanálise.

O Gráfico de Gantt foi uma peça fundamental, ainda, para que fosse possível visualizar com maior clareza as dependências das atividades. A atividade de aplicação de *Porefiller*, por exemplo, só pode ser iniciada após o Lixamento do *Putty* na região que por sua vez, só pode ser realizado após o *Putty* passar cerca de 2 horas curando. Isso foi essencial para facilitar a construção do Mapa de fluxo de Valor atual, etapa seguinte do projeto.

Na figura 20 consta o Gráfico de Gantt feito para o início das atividades da Preparação para Pintura: Lixamento do Bordo de Ataque (BA), Lixamento do Bordo de Fuga (BF) e Lixamento do Bordinho e posterior aplicação de *Putty* nas mesmas regiões.

**Figura 20** – Parte do Gráfico de Gantt da Preparação para Pintura



Fonte: arquivo da empresa (2018)

#### 4.1.3 Mapeamento do Fluxo de Valor Atual

Após a identificação de todos os processos que ocorrem no Acabamento I, sua cronometragem e entendimento da sequência que acontecem desenhou-se o Mapa de Fluxo de Valor para cada um dos elos produtivos que compõem o setor.

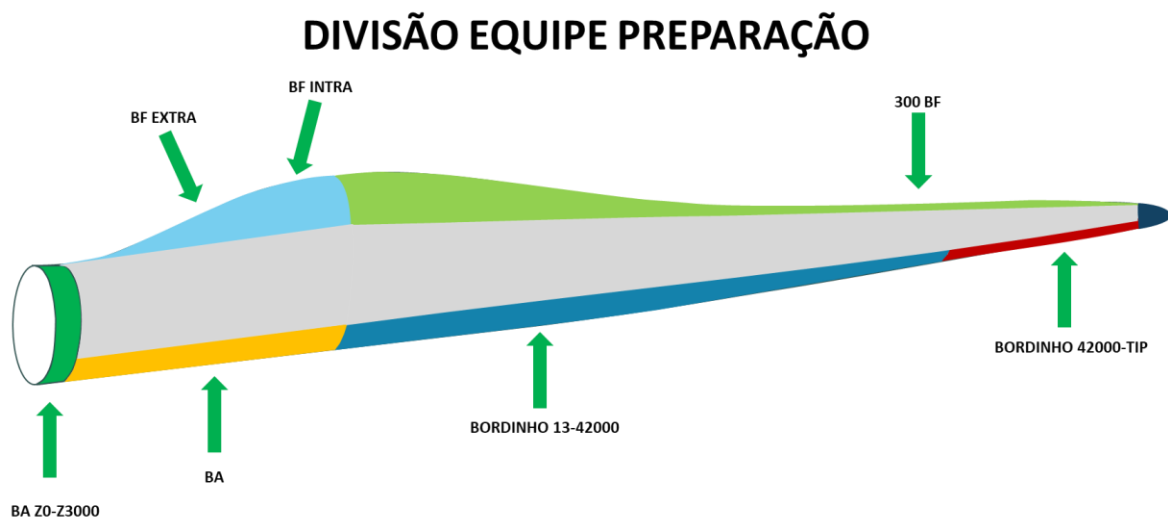
O foco desse estudo é aprofundar a análise do Mapeamento do Fluxo de Valor para cada um dos elos, para que seja possível verificar oportunidades de melhorias não só de forma macro, mas para as atividades que os compõem, por isso construiu-se separadamente um fluxo para cada área. Como dito anteriormente, o fluxo mostrado será o do elo Preparação que possui um tempo de ciclo de 16:30 segundo os dados do Setor de planejamento e controle de produção da empresa em análise (PCP).

Diariamente, o PCP repassa a programação de produção do Acabamento I de acordo com as previsões de desmoldagens de pás, por meio de uma reunião diária. Assim,

todos os líderes ficam sabendo a previsão do momento que as pás entrarão ao seu posto de trabalho. Utilizando a Preparação para Pintura como exemplo, na própria reunião já é definido em qual Gira Pá do setor a pá ficará e a equipe responsável. A maior dificuldade dessa previsão é que na maior parte dos casos a pá é liberada com muitas pendências de reparos, o que exige além do Hh padrão para os processos, Hh disponível para corrigir esses reparos, atrasando os processos já padrões do setor. Além da reunião diária, o PCP também encaminha a programação diária via *e-mail* para todos os *stakeholders*.

Ao chegar na Preparação para Pintura a pá passa por uma preparação dos bordos para que o *Putty* seja aplicado e não deslague. Essa preparação ocorre com uma lixadeira pneumática que inicialmente ocorre no BA, BF Intra e parte do bordinho. Ilustrou-se em um desenho as partes da pá na figura 21 para facilitar a compreensão das nomenclaturas que serão utilizadas nesse estudo.

Figura 21 – Partes da pá



Fonte: autora (2019)

A Preparação atualmente possui 4 postos de trabalho conhecidos como Girá Pás, GP's e em cada um trabalham 8 pessoas e todos eles participam desse processo mencionado. Um dos principais problemas identificados nessa etapa é que os operadores têm que se locomover muito para pegar as ferramentas na área de Ferramentaria, tanto a lixadeira quanto a mangueira que ela precisa para funcionar. Além disso, em grande parte dos casos a pá é liberada pela área de Laminação dos bordos com excesso de resinas nos bordos, dificultando o processo de preparação e exigindo maior tempo para lixamento da pá. Em outros casos existem reparos pendentes quando a pá chega na Preparação ou as mantas não foram colocadas ainda, o que atrasa esse processo. Na região do bordinho ocorre também de ter

massa ou falta de inspeção do Controle de Qualidade (CQ), fato esse que também impacta no aumento do tempo de ciclo do setor.

Após a preparação dos Bordos é aplicado *Putty* nos bordos e em regiões que apresentam algum tipo de imperfeição. O principal problema que identificado no *Gemba* que afeta esse processo é a falta de espátulas para realização dessa atividade. Além dos operadores terem que ir até a Ferramentaria para pegar as espátulas, o setor atualmente não possui uma quantidade de espátulas suficiente para atender os 4 GP's. Além disso, como são necessárias duas demãos do químico os operadores param o processo para limpar a espátula e perdem de 3 a 6 minutos nesse processo para cada região aplicada. Um outro problema relacionado a esse processo é que para a aplicação do *Putty* faz-se necessário que o setor de Químicos separe o químico e o misture com o endurecedor e muitas vezes esse processo demora e filas porque já existem outras pessoas aguardando preparação de materiais.

Após a cura do *Putty* que demora cerca de 2 horas é necessário seu lixamento para nivelar a região em que foi aplicado e isso ocorre com uma Oscilante Pneumática. O principal problema que impacta nesse processo é o fato da oscilante pneumática não ser tão eficiente para o processo, já que ocorre muita perda de ar comprimido. Além disso, muitas vezes as oscilantes dão problema no meio do processo e o operador pausa a atividade para trocar a ferramenta.

Em seguida é aplicado *Porefiller* em toda a pá. O *Porefiller* é aplicado para eliminar as chances de a pá ser liberada para pintura com poros. No *Gemba* foi identificado que a maior dificuldade dos operadores está relacionada com a falta de plataformas quando vão aplicar o químico nas cascas. Os operadores têm que procurar plataformas disponíveis na fábrica e muitas vezes no momento estão todas sendo usadas. Finalizando a aplicação, aguarda-se a cura do material por cerca de 1 hora e depois é lixada toda reunião também com oscilante pneumática.

A última etapa desse processo é a inspeção e correção de alguma pendência verificada. Ao finalizar todas essas operações, a pá é levada para o posto da pintura junto com a Ordem de Produção (OP), que contém todos os materiais que serão utilizados em cada etapa.

Toda a produção dentro do Acabamento I é empurrada, uma vez que não se produz uma pá somente quando o próximo Elo solicita e sim enquanto houver a presença de ordens de produção abertas, mesmo que isso represente a existência de estoques intermediários entre os postos dos elos.

Na construção da parede em que o MFV foi idealizado utilizou-se cores diferentes de *post it* e fitas para separar e diferenciar os elos. Em cada *post it* foi colocada a descrição da atividade, o tempo cronometrado e a máxima quantidade de operadores que a executam. Como dito anteriormente, para adiantar processos e reduzir o *lead time*, no Acabamento I grande parte das atividades são realizadas em paralelo com outras atividades. Para ilustrar essa situação no MFV colou-se os *post it* um abaixo do outro, por isso a variabilidade dos seus tamanhos como mostra a figura abaixo.

O tempo encontrado somando todos os tempos de processos foi de 13:40h. A diferença desse tempo com o do PCP, de 16:30, representa perdas do processo não mapeadas nesse trabalho como, por exemplo, parada necessária para movimentações de pás no galpão, necessidade de parada para almoço dos dois turnos que trabalham na pá, necessidade de parada da equipe da Preparação para correção de reparos da equipe de Laminação, priorização de outra pá para finalização de processo, entre outras possibilidades. Por isso, essa diferença foi considerada como perda.

Na figura 22 consta o MFV construído do elo Preparação. Os principais desperdícios identificados nesse fluxo são os de transporte, espera, processos desnecessários e produtos defeituosos.

O desperdício de transporte é evidente principalmente pelo fato de os operadores precisarem ir até outro setor da fábrica toda vez que precisam de alguma ferramenta, deixando para isso de fazer algum processo que transforme a pá e agregue valor a atividade. Além disso, também ocorre de a ferramenta está com defeito gerando outra viagem para pegar outra ferramenta. Os operadores também precisam sair do posto de trabalho para pegar os químicos necessários para aplicar na pá.

O outro desperdício evidente nessa etapa é o de espera. Os operadores tinham que esperar em filas para receber as ferramentas e químicos necessários para execução das atividades.

Além disso, a liberação da pá para o posto de preparação com grande quantidade de problemas e pendências deixa claro o desperdício de processos defeituosos. O excesso de resina nos bordos e locais de reparo, a presença de massa, a existência de fitas na superfície da pá e pendências de reparos são exemplos de problemas que chegam ao posto da Preparação e que interrompem a produção e exigem retrabalho dispendioso dessa equipe.

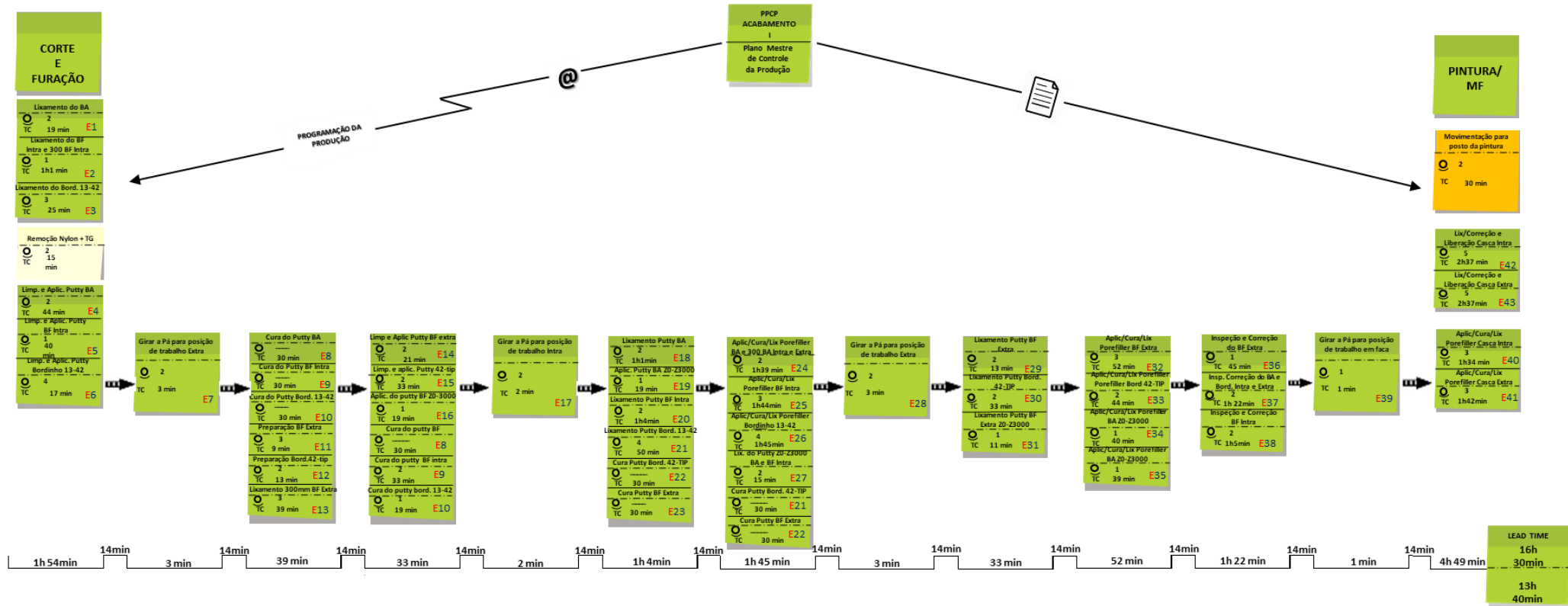
Um exemplo de desperdício de processo é a atividade de lavar espátula que não agrega nenhum valor a pá e ocorre porque não existe quantidade suficiente de espátulas para

as duas demãos. Caso existisse a própria equipe dos químicos poderia coletar as espátulas para lavagem e a operação poderia utilizar novas espátulas.



Figura 22 – Mapa de fluxo de Valor atual digitalizado

**FLUXO DE VALOR ATUAL**



Fonte: arquivo da empresa (2018)

## 4.2 Fluxo de Valor Futuro

Em um primeiro momento, após ser finalizado o fluxo de valor atual, as equipes de cada um dos elos foram chamadas para avaliar os tempos e verificar quais seriam os processos que poderiam ser reduzidos e quais os planos de ação poderiam ser feitos para alcançar essa redução. Esse estudo buscou eliminar ao máximo os desperdícios verificados e não se baseará numa definição de *takt* e sim em reduzir o tempo de ciclo de cada elo.

O foco de redução foram as atividades que ocorrem paralelo com outras e estavam elevando o tempo daquele grupo. Assim, tentou-se deixar esse grupo de atividades com o tempo mais próximo possível.

Por exemplo, as atividades E1 – Lixamento do Ba, E2 - Lixamento do BF e 300 BF Intra e E3 - Lixamento do Bordinho do 13000 ao 42000 acontecem em paralelo. Contudo, enquanto as atividades E1 e E3 possuem tempos de 19 min e 25 min, respectivamente, a atividade E2 possui um tempo de 1h1min. Isso significa que a atividade E2 eleva muito o tempo daquele grupo de atividades e os operadores não terminam juntos a realização das 3 atividades. Logo faz-se necessário nivelar esse grupo para um tempo de atividade próximo.

Uma especificação importante a ser esclarecida é que de acordo com a posição da pá no Gira Pá são realizados alguns processos. Logo para que o Gira Pá mude de posição e faça outro grupo de processos em outra região da pá é necessário finalizar todos do grupo anterior, por isso a importância de as atividades que acontecem em paralelo finalizarem juntas.

A equipe de Preparação avaliou que os seguintes processos poderiam ser agrupados com outras atividades ou melhorados. Foram eles:

- Lixamento do BF e 300 BF Intra;
- Limpeza e Aplicação do *Putty* no BA;
- Limpeza e Aplicação do *Putty* no BF Intra;
- Limpeza e Aplicação do *Putty* no Bord. 13000 ao 42000;
- Lixamento do *Putty* no BA;
- Lixamento do *Putty* no BF Intra;
- Lixamento do *Putty* no Bord. 13000 ao 42000;
- Preparação, Aplicação e Lixamento de *Putty* e Aplicação de *Porefiller* no Bordinho 42000 ao TIP.

- Aplicação de *Porefiller* nas Cascas Intra e Extra;

As equipes estabeleceram quais as metas de redução de tempo para algumas das atividades e onde fariam as atividades que decidiram agrupar com outras. Nessa reunião foi identificado, por exemplo, que a equipe da Preparação conseguia aplicar *Porefiller* nas Cascas Intra e Extra enquanto a pá estava parada na máquina de Corte e Furação, que atua apenas na região da raiz. Isso significa que 1h42min desse processo seria eliminado do tempo de ciclo da preparação. O tempo total que a pá fica na máquina de Corte e Furação é cerca de 6h, logo não existiria aumento do tempo de ciclo do outro elo.

Dessa forma, foi elaborado um Quadro de Melhorias dividido em 3 categorias: Agrupamento de Célula, Redução de tempo e Problemas. O somatório dos ganhos com Agrupamento de Célula e Redução de tempo representam os ganhos total no tempo de ciclo do Elo e os problemas representam as principais dificuldades enfrentadas pelas equipes e que devem ser solucionados para o alcance da redução de ciclo.

O Quadro de Melhorias da Preparação foi representado da figura 23.

**Figura 23 – Quadro de Melhorias da Preparação**

PREPARAÇÃO		REDUÇÃO			
PERGUNTAS?	LISTA E RESPOSTAS (FLUXO DE VALOR FUTURO PREPARAÇÃO)	TEMPO	ATIVIDADE	CICLO DE PROCESSO	LEAD TIME (72 hrs)
AGRUPAMENTO DE CÉLULA	APLICAÇÃO DO POREFILLER DA CASCA EXTRA EM PARALELO AS ATIVIDADES DE CORTE E FURAÇÃO/PORTAL	1h 42min	-	10,3%	2,4%
AGRUPAMENTO DE CÉLULA	APLICAÇÃO DO POREFILLER DA CASCA INTRA EM PARALELO AS ATIVIDADES DE CORTE E FURAÇÃO/PORTAL	1h 34min	-	-	-
AGRUPAMENTO DE CÉLULA	PREPARAÇÃO DO BORDINHO DO 42 AO TIP EM PARALELO AS ATIVIDADES DE CORTE E FURAÇÃO/PORTAL	13 min	-	-	-
AGRUPAMENTO DE CÉLULA	APLICAÇÃO DO PUTTY NO BORDINHO DO 42 AO TIP EM PARALELO AS ATIVIDADES DE CORTE E FURAÇÃO/PORTAL	33 min	-	-	-
AGRUPAMENTO DE CÉLULA	CURA DO PUTTY NO BORDINHO DO 42 AO TIP EM PARALELO AS ATIVIDADES DE CORTE E FURAÇÃO/PORTAL	1 h	-	-	-
AGRUPAMENTO DE CÉLULA	LIXAMENTO DO PUTTY NO BORDINHO DO 42 AO TIP EM PARALELO AS ATIVIDADES DE CORTE E FURAÇÃO/PORTAL	33 min	-	-	-
AGRUPAMENTO DE CÉLULA	APLICAÇÃO E CURA DO POREFILLER NO BORDINHO DO 42 AO TIP EM PARALELO AS ATIVIDADES DE CORTE E FURAÇÃO/PORTAL	32 min	-	-	-
REDUÇÃO TEMPO (CÉLULA)	REDUÇÃO DO TEMPO DO LIXAMENTO DO BF INTRA + 300 DO BF INTRA EM 43%	30 min	43%	3,0%	0,7%
REDUÇÃO TEMPO (CÉLULA)	REDUÇÃO DA LIMPEZA E APLICAÇÃO DE PUTTY REFORÇO BA EM 43%	19 min	43%	1,9%	0,4%
REDUÇÃO TEMPO (CÉLULA)	REDUÇÃO DA LIMPEZA E APLICAÇÃO DE PUTTY BORDINHO 13-42 EM 41%	7 min	41%	-	-
REDUÇÃO TEMPO (CÉLULA)	REDUÇÃO DA LIMPEZA E APLICAÇÃO DE PUTTY BF INTRA EM 43%	17 min	43%	-	-
REDUÇÃO TEMPO (CÉLULA)	REDUÇÃO DO LIXAMENTO DO PUTTY BA INTRA EM 53%	31 min	53%	-	-
REDUÇÃO TEMPO (CÉLULA)	REDUÇÃO DO LIXAMENTO DO PUTTY BORDINHO 13 AO 42 EM 40%	20 min	40%	-	-
REDUÇÃO TEMPO (CÉLULA)	REDUÇÃO DO LIXAMENTO DO PUTTY BF INTRA EM 53%	34 min	53%	3,4%	0,8%
	REDUÇÃO TOTAL	8h 48min	-	19%	4,3%
PROBLEMA	EXCESSO DE RESINA NOS REFORÇOS				
PROBLEMA	QUANTIDADE DE REPAROS				
PROBLEMA	QUANTIDADE DE POROS NA SUPERFICIE DA CASCA				
PROBLEMA	DIFICULDADE NA REMOÇÃO DA RESINA NA RAIZ				
PROBLEMA	FIXAÇÃO DAS LIXAS				
PROBLEMA	FALTA DE FERRAMENTAS (ESPATULAS, OSCILANTES)				
PROBLEMA	TEMPO DE ESPERA DOS QUÍMICOS				
PROBLEMA	DEMORA NA ENTREGA DE FERRAMENTAS				
PROBLEMA	MISTURADOR MAIS POTENTE PRO PUTTY				
PROBLEMA	FALTA DE PLATAFORMAS				
PROBLEMA	REPAROS PENDENTES QUE SÃO EXECUTADOS EM PARALELOS COM A PREPARAÇÃO				
PROBLEMA	POSICIONAMENTO DAS MANTAS DE AQUECIMENTO EM PARALELO COM A PREPARAÇÃO				
PROBLEMA	AJUSTE DO PERFIL DO BF				

Fonte: arquivo da empresa (2018)

A atividade de Aplicação de *Porefiller* nas Cascas Intra (E40) e Extra (E41), como já dito, será realizada no posto de trabalho do Corte e Furação. Como elas acontecem em paralelo, reduziu-se somente o tempo da atividade de maior duração, E41 de 1h42min.

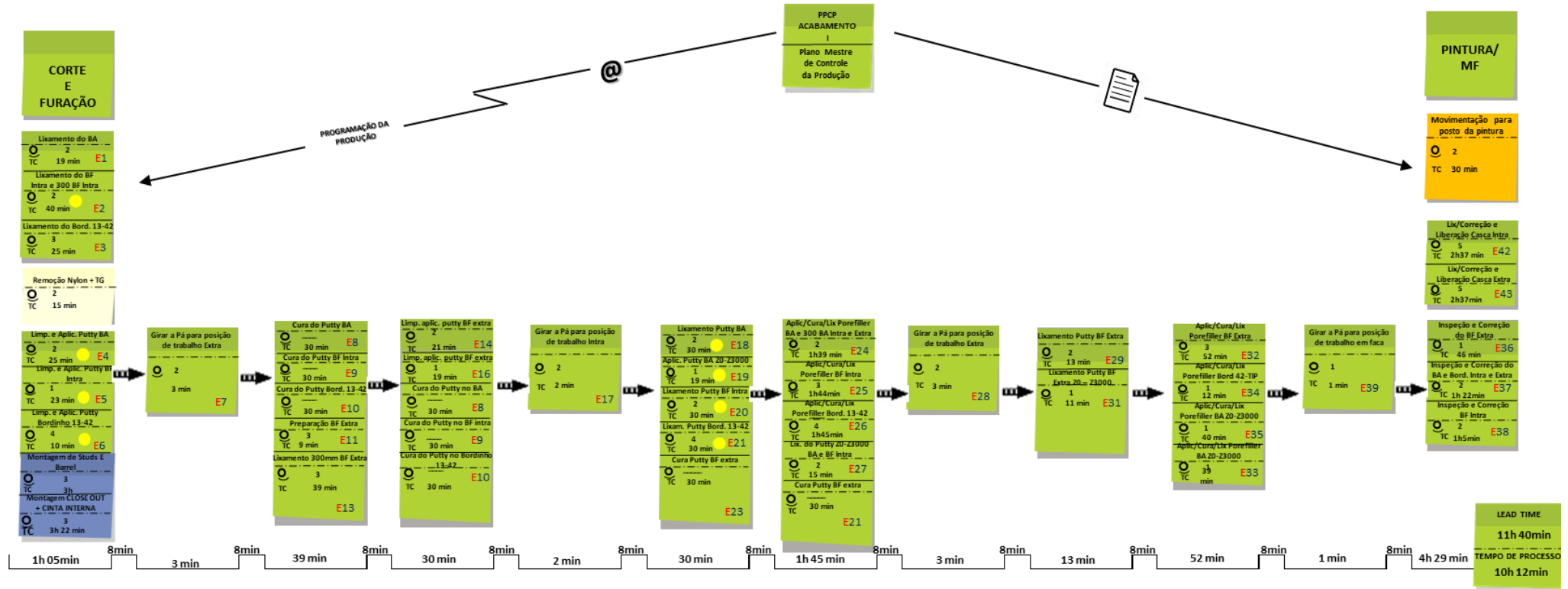
As atividades de Preparação, Aplicação e Lixamento de *Putty* e Aplicação de *Porefiller* no Bordinho 42000 ao TIP também foram selecionadas para ocorrer Corte e Furação. Contudo, como atualmente elas já são realizadas em paralelo com outras atividades e em nenhum desses processos elas possuem o maior tempo não impactando em um ganho no tempo de ciclo. Essa melhoria foi proposta devido nem sempre os 4 postos da Preparação possuem pás disponíveis e as equipes tendo esse processo como uma possibilidade já podem ir adiantando o processo de preparação da pá.

Como uma das premissas iniciais desse projeto é fazer melhorias sem a necessidade de contratação de Hh, o alcance das metas estabelecidas para as atividades que exigem redução de *lead time* devem ser alcançados por meio da resolução dos problemas listados ou inovações no processo.

Finalizadas essas metas de agrupamento e redução de tempo pôde ser finalizado o Mapa de Fluxo de valor Futuro que segue na figura 24.

Figura 24 – Mapa de fluxo de Valor futuro digitalizado

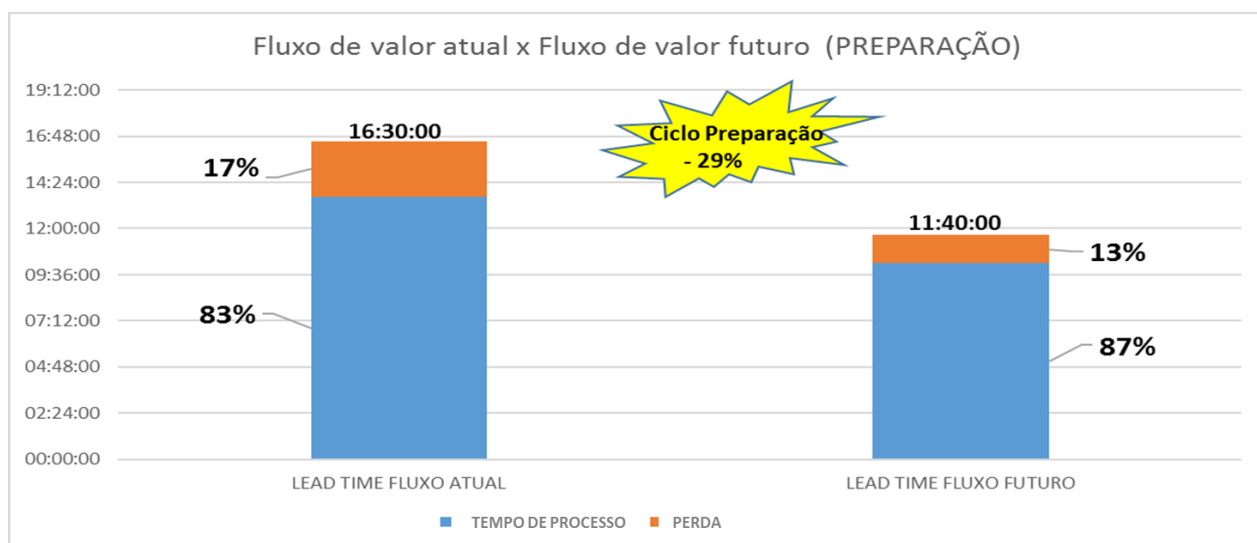
### FLUXO DE VALOR FUTURO



Fonte: arquivo da empresa (2018)

Comparando-se os ganhos do fluxo valor futuro com o fluxo de valor atual têm-se uma redução de 29% como mostra a figura 25.

**Figura 25** – Comparativo Fluxo de valor Atual x Fluxo de Valor Futuro



**Fonte:** arquivo da empresa (2018)

Somando-se todos os tempos de ciclo definidos em cada fluxo de valor futuro, têm-se o *lead time* de 52 horas como é mostrado na tabela 3.

**Tabela 3** – Meta de tempos de ciclo para cada elo

Processo	Tempo de Ciclo
Processo Ultrassom	7:30:00
Processo Laminação dos Bordos	7:58:00
Processo Corte e Furação e Lixamento	8:34:00
Processo Preparação para Pintura	11:40:00
Processo Pintura e Montagem Final	16:18:00
<b>Meta Lead time total</b>	<b>52:00:00</b>

**Fonte:** autora (2019)

## 4.3 Plano de Implementação

### 4.3.1 Relatório A3

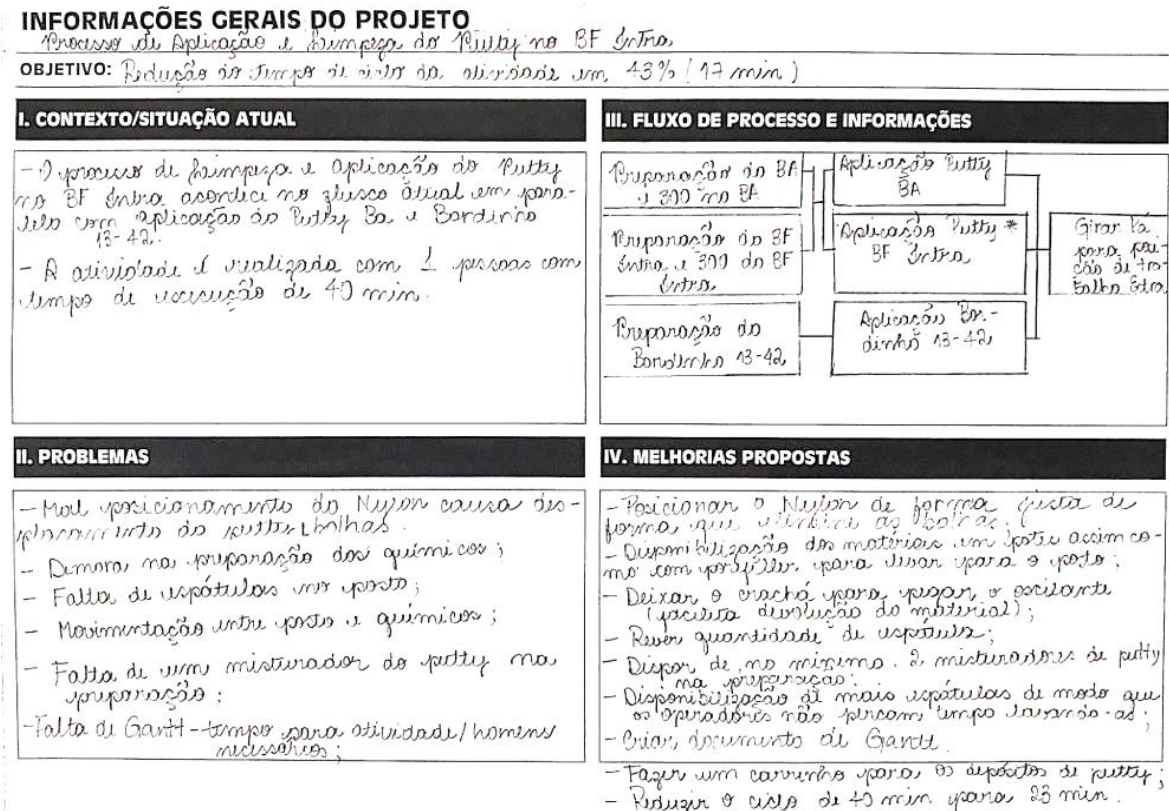
Para cada um dos processos identificados como pontos de melhoria no fluxo de Valor futuro foi criado um Relatório A3. No A3 foi descrita:

- I. Situação atual do processo: Como ocorre, com quantas pessoas, qual a duração;

- II. Identificados os problemas relacionados a ele: Quais problemas mais impactam na realização dessa atividade;
- III. Visualizado fluxo atual atividade: Fluxo do Processo desenhado;
- IV. Proposta de soluções para cada um dos problemas identificados.

Assim, as equipes de cada elo foram chamadas para construção dos A3. Ao todo foram desenvolvidos 26 A3 para os 5 Elos. Não necessariamente todas as soluções propostas nesse momento serão implementadas.. Na próxima etapa elas serão filtradas e todos os stakeholders envolvidos serão consultados para construção dos planos de ação. A figura 26 apresenta o modelo de A3 seguido para o projeto para o processo de Aplicação e Limpeza de Putty no BF Intra.

Figura 26 – A3 para Melhoria do processo de Aplicação e Limpeza de Putty no BF Intra



Fonte: arquivo da empresa (2018)

### 4.3.2 Matriz GUT

Após identificar com o relatório A3 a situação atual e entender de forma mais clara os processos que devem ser melhorados, fez-se necessário definir a ordem de priorização de cada uma dessas melhorias.

A partir do estudo na literatura mostrada no referencial teórico, adaptou-se a Matriz GUT para a realidade do setor, analisou-se qual a melhor categoria de classificação de



acordo e classificou-se os processos a serem melhorados em 3 divisões: Valor no ciclo, tempo de execução e incidência no ciclo.

1. Valor no ciclo: Nessa categoria foi considerada a importância/valor da redução do ciclo ou oportunidade de melhoria na meta global. Quanto maior o impacto da melhoria na redução do *lead time* maior sua pontuação.

2. Tempo de Execução: Nessa categoria considerou-se a previsão do tempo de execução, se existem dificuldades para implementação da melhoria ou se será necessário a melhoria ser colocada em prática com a ajuda de outro setor. Quanto mais fácil de ser executada maior a pontuação.

3. Incidência no Ciclo: Nesse ponto considerou-se quanto o volume de problemas que estão relacionados a essa melhoria impactam em atrasos no ciclo. Quanto maior for a ocorrência dos problemas que impactam no ciclo maior a pontuação nessa categoria.

Cada uma das categorias poderia receber 3 valores:

- 1: Para classificação baixa;
- 3: Para classificação média;
- 5: Para classificação alta.

Finalizando a atribuição dos valores, multiplicou-se os três números e as oportunidades de melhorias que apresentaram maior pontuação serão aqui terão prioridade nas definições e realizações de seus planos de ação. A figura 27 mostra a matriz GUT do elo de Preparação.

**Figura 27 – Matriz GUT – Elo Preparação**

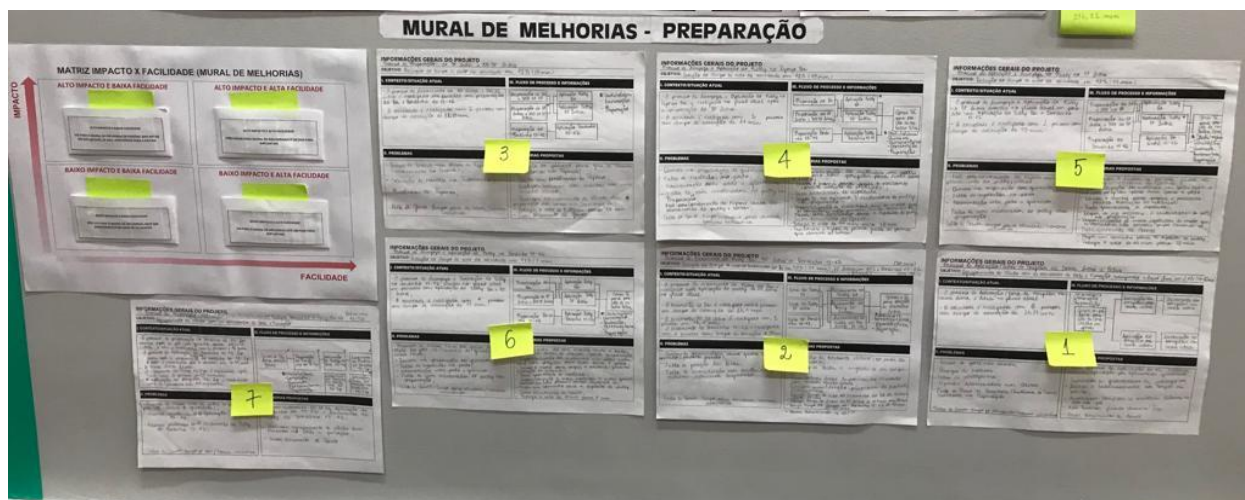
OPORTUNIDADES DE MELHORIAS	MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO			TOTAL
	V	U	I	
	VALOR/CICLO	TEMPO DE EXECUÇÃO	INCIDÊNCIA NO CICLO	
Melhorias relacionadas ao fechamento do BF Intra. > 300 do BF Intra.	3	3	3	27
Melhorias relacionadas a limpeza e aplicação do Putty no Reforço 30.	1	3	3	9
Melhorias relacionadas a limpeza e aplicação do Putty no BF Intra.	1	3	3	9
Melhorias relacionadas a limpeza e aplicação do Putty no bordinho 13-42	1	3	3	9
Melhorias relacionadas ao fechamento do Putty no Ba.	3	3	3	27
Melhorias relacionadas ao fechamento do Putty no BF Intra	3	3	3	27
Melhorias relacionadas ao fechamento do Putty no bordinho 13-42	3	3	3	27
Melhorias relacionadas a aplicação/cura de Poufller na caixa Intra e Extra.	5	5	5	125
Melhorias relacionadas a reparação/cura/fechamento de nos e aplicação e cura do Poufller no Bordinho 42-TIP.	1	3	1	3

**Fonte:** arquivo da empresa (2018)

Seguindo essa ordem de prioridades foram colocados *post it* em cada A3 para facilitar a compreensão da priorização das melhorias como é mostrado na Figura 28. Alguns problemas surgiram no decorrer desse processo, mas não estão no escopo do projeto atual do

projeto como, por exemplo, problemas relacionados a outros setores colocados em uma Matriz de Impacto X Facilidade e foi encaminhado ao setor responsável para conhecimento do problema e resolução.

**Figura 28** – A3 Preparação com ordens de priorização



**Fonte:** arquivo da empresa (2018)

A parede finalizada com todas essas ferramentas aplicadas até então pode ser vista no Anexo I.

#### 4.3.3 Ferramenta 5WIH

Estabelecidas a priorização de melhorias começaram a ser definidos o Plano de Implementação para cada processo a ser melhorado. O Plano de Implementação também conhecido como Plano de Ação foi desenvolvido para fazer o planejamento necessário para atingimento das metas estabelecidas na construção do Fluxo de valor Futuro.

Para este projeto para cada A3 foi desenvolvido um plano de ação. A ordem de realização dos planos de ação dependeu do grau de prioridade que recebeu cada A3 a partir da Matriz GUT. Assim, os A3 que receberam a prioridade 1 foram os primeiros que tiveram seus planos de ação criados. Alguns A3 foram agrupados por possuírem planos de melhorias semelhantes. Ao todo foram gerados 88 planos de ação como é mostrado na tabela 4.

**Tabela 4** – Levantamento Planos de Ação

Levantamento Planos de Ação	
Elo	Total
UT	20
Laminação	32
Preparação	20
Pintura/MF	16
<b>Total</b>	<b>88</b>

Fonte: autora (2019)

Utilizou-se, ainda, uma ferramenta *online*, *Microsoft Planner*, para organizar os planos de ação, incluir observações, compartilhar arquivos, inserir data de alteração da atividade ou finalização do plano de ação, tudo isso sendo controle via notificações no *e-mail* dos envolvidos. Segue na Figura 29 o modelo padrão do plano de ação utilizado para o projeto.

**Figura 29** – Modelo padrão de planilha de plano de ação

PROCESSO: LIXAMENTO DO PUTTY BA, BF INTRA E BORDINHO 13-42						
OPORTUNIDADES	Número da Pá	Ação	Responsável	Início	Fim Planejado	Status
MATERIAL		LIBERAÇÃO DA MIRKA (OSCILANTE ELÉTRICO E PNEUMÁTICO) PARA ESSES PROCESSOS - NO MÍNIMO 6		02/01/2019	03/01/2019	
MATERIAL		SOLICITAR AUMENTO DE TOTEN E ENGASTE DE AR COMPRIMIDO NO GIRA PÁ 5		02/01/2019	04/01/2019	
MATERIAL		SOLICITAR COMPRA DE MANGUEIRA E EXTENSÕES ELÉTRICO		02/01/2019	04/01/2019	

Fonte: arquivo da empresa (2019)

#### 4.4 Plano de Ação, Controle e Ações Corretivas

Essa etapa do estudo dedicou-se em executar os planos de ação definidos anteriormente. A execução dessas ações em muitos casos também envolveu outros setores, especialmente as que exigiram construção e instalação de equipamentos. Contudo, buscou-se criar ações que as próprias equipes dos Elos, dedicadas ao projeto, conseguissem executar. Dessa forma, selecionou-se um dos principais planos de ação do Elo Preparação, o Abastecimento no Ponto de Uso como a primeira atividade a ser executada.

Um dos principais problemas verificados no A3 e nas reuniões com a equipe foi o fato dos operadores precisarem se deslocar várias vezes ao dia para pegar ferramentas na área de Ferramentaria. Cada operador precisava se deslocar no mínimo 3 vezes ao dia até setor. A primeira no início do turno para pegar extensões e lixadeiras, no meio do processo para pegar espátulas e oscilantes e ao finalizar o turno para devolver o material solicitado. Nesse processo, era necessário, ainda, que os operadores deixassem seus crachás, dificultando na hora do almoço do operador, já que ele precisava devolver as ferramentas e, ao voltar, pegá-las novamente.

Como dito, a Preparação possui 4 postos (GP 5, GP 6, GP 7, GP 8). O GP6, por exemplo, o GP central, fica no centro do Galpão e possui cerca de 32 metros de distância da Ferramentaria. Esse deslocamento e coleta de Ferramentas demora cerca de 2 min e em casos de alta demanda do setor, quando ocorrem filas, esse tempo pode até dobrar. Por isso, o primeiro plano de ação para Preparação foi deixar essas ferramentas prontas para serem utilizadas no ponto do uso.

O primeiro passo foi reunir todas as ferramentas necessárias para todo o processo de preparação de uma pá e se era necessário a troca de alguma ferramenta. Identificou-se, por exemplo, que as oscilantes pneumáticas não são tão eficientes para o processo. Dessa forma, fez-se alguns testes e trocou-se todas as oscilantes do processo por oscilantes elétricas que se mostram bem mais eficientes para execução das atividades. Finalizada essa etapa de mapeamento, identificou-se qual a melhor disposição para cada uma das ferramentas.

Para as lixadeiras e oscilante escolheu-se deixá-las em um carrinho, já que dessa forma o deslocamento dos operadores no decorrer do processo da pá é facilitado. Para isso, a etapa fundamental desse plano de ação foi definir premissas básicas para o processo ocorrer:

- A ferramentaria fica responsável de disponibilizar o carrinho com as ferramentas descansadas. Oscilantes e Lixadeiras possuem um intervalo de descanso de 8 horas.

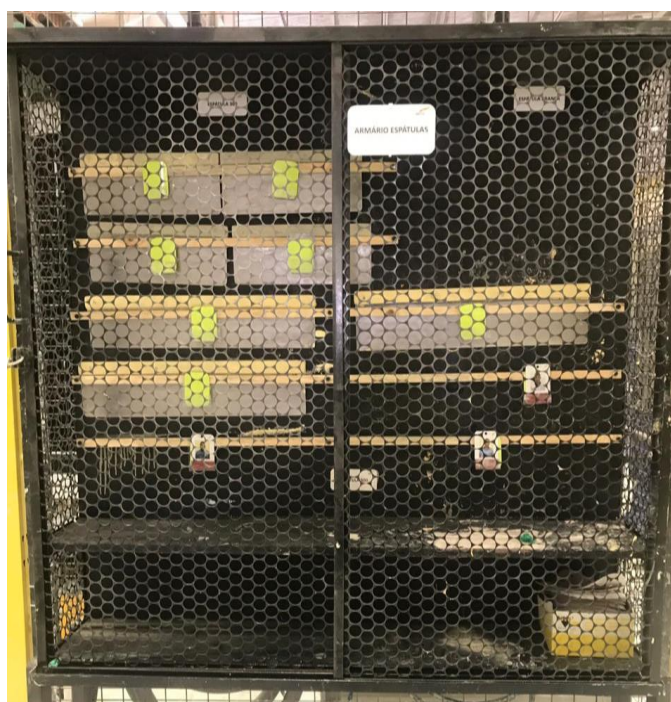
- Fica de responsabilidade da equipe do posto garantir o 5S dos carrinhos e ferramentas. Caso o material fique em mal condição de uso, a própria equipe fica responsável de ir até a Ferramentaria e trocar a ferramenta.

Em um primeiro momento foram construídos 2 carrinhos, como mostra a figura 30, um para cada Gira Pá, até que rodassem testes, para que, em um segundo momento, o processo fosse padronizado para os outros GP's.

**Figura 30** – Carrinhos de Ferramentas Preparação

**Fonte:** arquivo da empresa (2019)

Já as espátulas não são utilizadas em todos os processos da Preparação. Assim, decidiu-se construir um quadro sombra para cada Gira-Pá para colocação delas. Para essa melhoria, foi definida como premissa que o time do GP seria o responsável pelo armazenamento e 5S do quadro e espátulas, não sendo mais de responsabilidade da Ferramentaria sua disponibilização. Além disso, um outro problema capturado foi que a quantidade de espátulas não era suficiente para atender todas as equipes, assim foi solicitado compra de 50 novas espátulas. Na figura 31 consta o quadro de espátulas construído. As lixas também foram armazenadas no mesmo quadro.

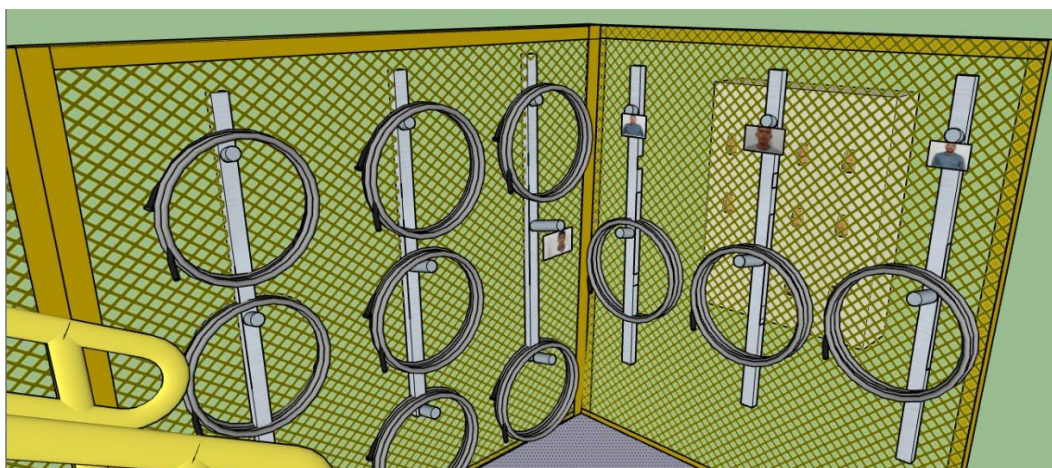
**Figura 31** – Quadro de espátulas Preparação

**Fonte:** arquivo da empresa (2019)



Para o armazenamento das mangueiras e extensões, por sua vez, o melhor armazenamento considerado foi a sua colocação em suportes dentro do Gira-Pá. Assim, para garantir a construção dos suportes nas quantidades e dimensões adequadas para ficarem dentro do Gira-Pá e validação do setor de Segurança foi feito um projeto no *software SketchUp* como é ilustrado na figura 32.

**Figura 32** – Projeto de Suporte de mangueiras e extensões



**Fonte:** arquivo da empresa (2019)

Para que fosse possível identificar com quem estava o material, confeccionou-se cartões com foto, nome e matrícula do operador e colocou-se suportes para quando o mesmo pegasse a ferramenta. Esse foi um meio para garantir a rastreabilidade do equipamento enquanto o processo estava sendo realizado. O mesmo foi feito para o quadro de espátulas. A figura 33 mostra o suporte de mangueiras e extensões construído.

**Figura 33** – Suporte de mangueiras e extensões



**Fonte:** arquivo da empresa (2019)

Além dos pontos já citados, esses equipamentos criados foram essenciais para garantir o 5S da fábrica. No cenário anterior as ferramentas ficavam no chão enquanto não estavam sendo utilizadas, impactando tanto na organização do setor, quanto no risco de acidentes. Com as melhorias criadas, padronizou-se a local das ferramentas, reduziu-se os riscos de acidente, deu-se meios para que os envolvidos pudessem ser cobrados e facilitou a avaliação dos *checklist* de auditoria.

Para controle do andamento dos planos de ação, diariamente eram abordados com a liderança acerca do andamento das ações na Reunião Diária do setor e semanalmente era feito uma reunião com a equipe de cada Elo para verificar o *status* das ações do projeto, dar suporte e identificar necessidades de ações corretivas para as melhorias já implementadas. Além disso, as equipes de cada elo junto com a equipe dedicada ao projeto criaram um grupo em uma rede social para que qualquer dúvida que surgisse pudesse ser tirada de forma rápida ou para que fosse encaminhado as fotos comprovando as melhorias implementação na área. Isso facilitou a comunicação das equipes e deu a agilidade a resolução de problemas que surgiram.

Além disso, mensalmente a equipe de apoio se reunia com o setor de PCP para avaliação dos resultados de *lead time* do mês. A partir dessas informações e com as fotos das ações concluídas do mês, era feita uma apresentação mensal para ser exibida na fábrica para que toda a operação e liderança pudesse se sentir parte dos ganhos.

#### **4.5 Aprendizado**

Uma grande parte das melhorias selecionadas para o Fluxo de Valor Futuro envolvia o agrupamento de células. De fato, essas foram melhorias que impactaram diretamente no ganho do ciclo dos elos, contudo a execução de algumas melhorias conflitou com a implementação de outras.

A aplicação de *Porefiller* nas Cascas no Corte e Furação, por exemplo, foi uma melhoria que impactaria em um ganho no ciclo da Preparação de 1h42min. Contudo, uma outra melhoria proposta, essa para o Elo de Laminação dos bordos, a realização do pós-cura dos bordos também foi selecionada para ocorrer no Corte e Furação e sua execução conflitava com a citada anteriormente. Ambos os testes foram realizados e validados pelas 2 equipes de formas separadas e não conjuntamente. Como o processo de Pós-Cura é um processo que demora 4 horas, tempo bem maior do que o processo de aplicação de *Porefiller* nas Cascas,

ele foi priorizado. Testes estão ainda em andamento para que as duas atividades possam ocorrer de forma paralela, contudo uma reunião com todas as equipes envolvidas no momento em que os fluxos futuros estavam sendo definidos reduziram as chances de conflitos como esse ocorrerem. Esse foi um dos principais pontos de atenção para os *Kaizen* futuros.

Um outro ponto de atenção fundamental para realização de trabalhos futuros foi a necessidade de participação de todas as áreas produtivas e de apoio envolvidas no momento de definição dos planos de ação. Algumas das ações de melhoria que envolviam outras áreas de apoio não receberam tanta urgência ou passaram por muitas alterações até serem concluídas.

É importante ressaltar que nem todos os problemas identificados no *Gemba* e discutidos nos A3 foram solucionados nesse *Kaizen*. Um exemplo disso foi a colocação de totens no galpão e o abastecimento do ponto de uso de químicos. Os totens exigiam mudança do *layout* da fábrica. Já os químicos utilizados nos processos, materiais que possuem rápido tempo de cura, exigiam estudos de tempos e processos de forma mais aprofundada. Melhorias como essas apesar de não terem sido resolvidas nesse estudo não perderam a rastreabilidade e foram solucionadas em outros *Kaizen* que ocorreram depois desse estudado.

#### 4.6 Análise dos resultados

Nessa etapa são mostrados os ganhos obtidos com este estudo. Em um primeiro momento, foram levantados qual o *status* dos planos de ação definidos no projeto. Como mostra a tabela 5, 88% das ações foram concluídas no período e 13% das ações ainda estão em andamento. Grande parte das ações em andamento são porque envolvem a compra de algum material ou são testes que dependem dessas compras.

**Tabela 5** – Levantamento *Status* Planos a Ação

Levantamento Planos de Ação			
Elo	Concluídos	Em andamento	Total
UT	20	0	20
Laminação	23	9	32
Preparação	18	2	20
Pintura/MF	16	0	16
Total	77	11	88
Total %	88%	13%	

**Fonte:** autora (2019)

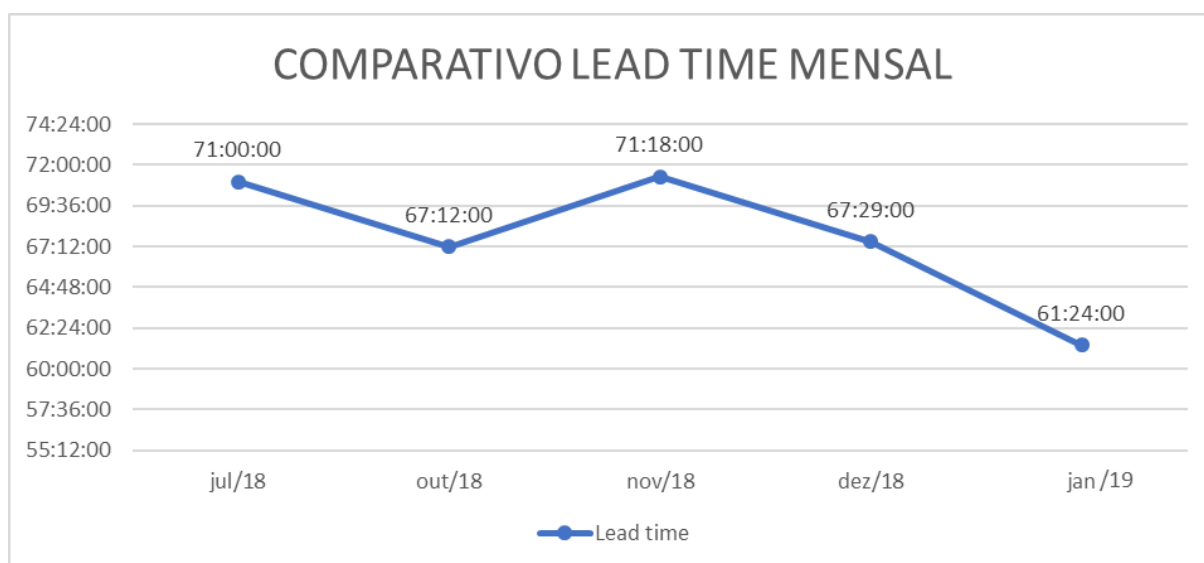


Para a validação dos resultados do método proposto foi comparada a evolução dos indicadores de *lead time* e 5S, analisando-se os dados de julho de 2018 e janeiro de 2019.

Primeiramente, compararam-se os dados de *lead time* fornecidos pelo PCP de julho de 2018, data de definição das metas do projeto, com os dados de *lead time* do decorrer na execução do projeto até janeiro de 2019. Os meses de agosto e setembro não foram analisados porque foram meses apenas de planejamento e não foi aplicada nenhuma ferramenta nesse período. Entre fevereiro e maio de 2019 foram feitos outros eventos *kaizen* no setor com foco em produtividade e abastecimento no ponto de uso, por isso a análise dos resultados desse seminário *kaizen* estudado foi feita até janeiro de 2019.

De fato, pode ser percebido no Gráfico 1 uma redução significativa no *lead time* do setor. Contudo, a meta definida de 52 horas de *lead time* não foi alcançada. Isso se deve em grande parte pelo fato de nem todos os planos de ação definidos como meta no Fluxo de Valor Futuro terem sido realizados ou muitos ainda estarem em andamento. Apesar dos ganhos obtidos não terem sido o esperado, pode-se perceber uma diminuição significativa de 9h24min no *lead time* do setor, cerca de 14%, comparando-se com o julho de 2018.

**Gráfico 1** – Comparativo de *Lead Time*



**Fonte:** autora (2019)

Pode-se perceber ainda no gráfico 1, que em novembro ocorreu um aumento pontual do *lead time*. Isso se deve pelo fato desse mês ter ocorrido anomalias não comuns aos outros meses, que acarretarem perdas de espera e necessidade de ocorrência de processos não padrões.

Para o Elo de Preparação para Pintura, após a implementação dos planos de ação previstos para ocorrerem até janeiro, foi feito um teste acompanhando-se do início ao final do processo. Os resultados constam na Tabela 6. Pode-se perceber uma redução significativa de

25% do tempo de ciclo inicial disponibilizado pelo PCP em julho. Comparando-se com a meta do tempo de ciclo tem-se apenas uma diferença de 4% para a meta definida, que representa 45 min. Isso se deve a algumas melhorias definidas para o tempo de 11:40 não terem sido executadas até janeiro como é o caso do processo de Aplicação de *Porefiller* nas Cascas, como já mencionado. Segue abaixo os dados do teste analisado:

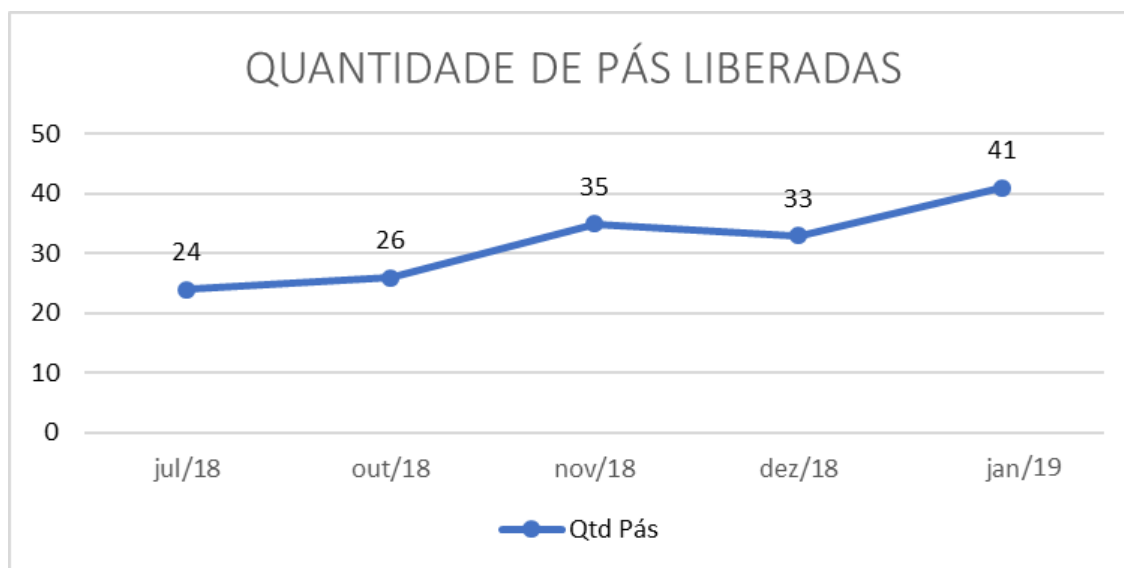
**Tabela 6** – Comparativo de tempos – Teste Preparação

Teste Preparação - Data: 25/01/2019						
Início	Hora Fim	Duração	Tempo de ciclo atual	% Redução	Meta Tempo de ciclo	Diferença Real p/ Meta
11:05:00	23:30:00	12:25:00	16:30:00	25%	11:40:00	0:45:00

Fonte: autora (2019)

Uma outra saída também definida para esse projeto é aumentar a capacidade produtiva do Acabamento I para 18 pás por semana em 2 Turnos para as Pás do Cliente X, o que representa cerca de 72 pás por mês. De fato, pode ser identificado no gráfico 2 um grande aumento da quantidade de pás finalizadas pelo Acabamento I. Contudo, a demanda de 18 pás por semana não ocorreu no período analisado, mas pode-se visualizar um aumento significativo na quantidade de pás finalizadas pelo setor, como mostra o gráfico 2. É importante ser considerado que esse aumento ocorreu sem a contratação de mão de obra e sem crescimento de capacidade industrial instalada.

**Gráfico 2** – Comparativo de Quantidade de Pás liberadas

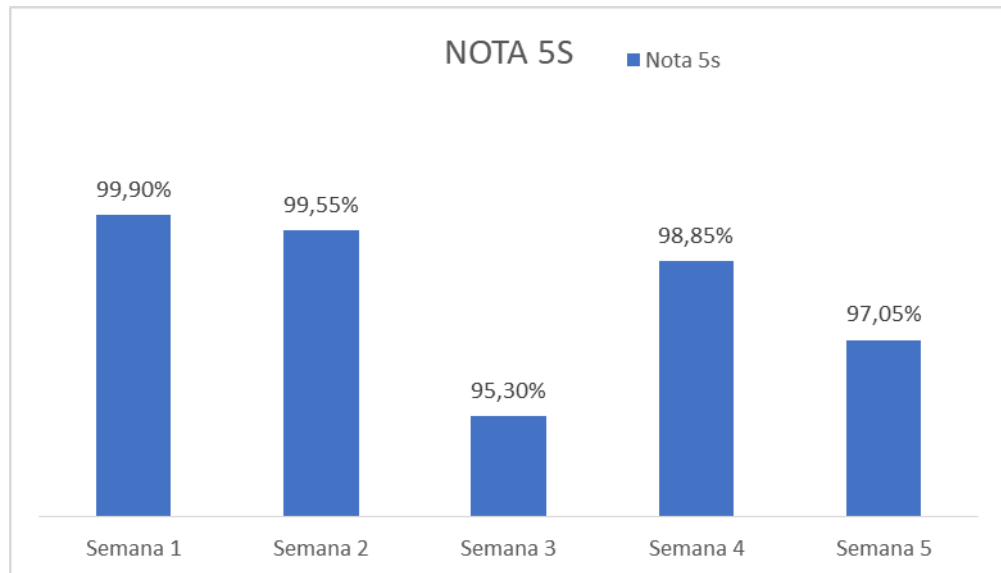


Fonte: autora (2019)

Um dos grandes focos desse estudo também foi garantir que as melhorias propostas fossem padronizadas e que fossem parte integrante da rotina da operação, sendo sustentáveis a longo prazo. Por isso um dos indicadores fundamentais para medição do estudo foi o 5S. Para o 5S, a meta a ser batida era a média de 96, 5% de julho de 2018. No gráfico 3 é mostrada a nota de cada semana do mês de janeiro de 2019 e calculando-se a média das

semanas têm-se uma nota de 98,13% para janeiro. Dessa forma, pode-se dizer que a meta de 5S foi atingida dentro do período analisado.

**Gráfico 3** – Comparativo de Notas da auditoria de 5S de janeiro de 2019



**Fonte:** autora (2019)

## 5 CONCLUSÕES

Neste capítulo serão evidenciados como os objetivos definidos inicialmente nesse estudo foram alcançados. Além disso, serão abordadas as principais vantagens do método proposto, quais as limitações identificadas e recomendações para trabalhos futuros.

### 5.1 Conclusões do estudo

Para o atingimento do objetivo geral foi realizado um estudo sobre o assunto, fornecendo o embasamento teórico necessário para a compreensão do tema. Assim, em um primeiro momento, apresentou-se acerca da origem e principais conceitos que envolvem o *Lean Manufacturing*, passando pela caracterização de seus cinco princípios, algumas ferramentas fundamentais para sua implementação, além de uma seleção de técnicas complementares importantes nesse contexto e que foram utilizadas neste estudo de caso.

No capítulo 3 apresentou-se a empresa, seu processo produtivo e qual a atual situação objeto do estudo. Definiu-se, ainda, o método proposto para aplicação do estudo que buscou aliar a aplicação dos princípios do PDCA com as etapas do seminário *Kaizen*.

Na etapa de estudo de caso, capítulo 4, a aplicação do método proposto no Acabamento I foi apresentada, detalhando-se as ferramentas aplicadas para o elo de Preparação para Pintura. Dessa forma, o primeiro e segundo objetivo específico, que é a implementação das ferramentas na empresa para identificar os desperdícios e problemas, propor e implementar melhorias no processo foram atendidos.

Por fim foram avaliados e comparados os indicadores definidos como meios para comprovar o atingimento das metas que o estudo se propõe, sendo possível, assim, alcançar o último objetivo específico que é avaliar os resultados práticos do método proposto.

O objetivo geral desse estudo foi propor, reunir e implementar um conjunto de ferramentas baseadas no *Lean Manufacturing*, por meio dos métodos *Kaizen* e PDCA, e ele foi alcançado a partir da aplicação de todas as etapas propostas do método.

Este trabalho teve como finalidade, ainda, responder como a implementação de ferramentas do *Lean Manufacturing* impactam na redução do *lead time* de um processo produtivo de uma empresa de grande porte do setor eólico. Essa pergunta foi respondida ao longo do trabalho, uma vez que a implementação das ferramentas *Lean* selecionadas viabilizaram uma redução significativa de 14% do *lead time* de um dos setores da empresa analisada.

Essas ferramentas funcionaram de forma integrada e permitiram a aplicação de todas as etapas do seminário *Kaizen* e PDCA, definidas na metodologia. Um dos principais pontos fortes do trabalho foi o envolvimento da liderança e principalmente, da operação. O envolvimento da operação foi um ponto importantíssimo para garantir o sucesso do estudo. O engajamento das equipes para implementar as ações e melhorar suas áreas produtivas possibilitou que a grande maioria dos planos de ação fossem realizados dentro do prazo previsto. Certamente, esse foi um dos principais aprendizados desse projeto.

A aplicação da filosofia *Lean* e metodologia escolhida mostrou-se muito eficiente na empresa estudada e seus resultados foram considerados muito bons e serviram de base para outros *Kaizen* que ocorreram após este.

## **5.2 Recomendações para trabalhos futuros**

- Replicar o estudo para as áreas de apoio da produção como Ferramentaria, Químicos e Movimentação;
- Mensurar os ganhos financeiros, por meio de uma análise de custos, obtidos após a finalização da implementação de todas as melhorias propostas;
- Balancear as cargas de trabalho de todos os elos do Acabamento I para que fiquem com tempo de ciclo próximo.

## **5.3 Considerações finais**

O estudo realizado contribuiu para a melhoria do desempenho da organização, uma vez que a implementação da filosofia *Lean* e metodologia escolhida mostrou-se muito adequada à empresa estudada e seus resultados foram considerados relevantes, pois serviram de base para outros *Kaizen* que ocorreram após este. O *feedback* do estudo foi bastante positivo por parte de colaboradores, gerência e diretoria.

Finalmente, espera-se que este trabalho continue servindo de base para melhoria de processos não só na empresa estudada, mas em outras organizações de qualquer setor que aplicarem essa metodologia.

## REFERÊNCIAS

- ABEEólica. **Eólica já é a segunda fonte da matriz elétrica brasileira com 15 GW de capacidade instalada**, 2019. Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/noticias/eolica-ja-e-a-segunda-fonte-da-matriz-eletrica-brasileira-com-15-gw-de-capacidade-instalada/>>. Acesso em 21 abril 2019.
- ALBERTIN; Marcos Ronaldo; PONTES; Heráclito Lopes Jaguaribe. **Administração da produção e operações**. Curitiba: InterSaberes, 2016.
- BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Blucher, 1977.
- CAMPOS, Vicente Falconi. 1940. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Nova Lima/MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.
- CEARÁ registra alta de quase 900% em exportação de pás eólicas**. Jornal Diário do Nordeste, Ceará, 03 de junho de 2019. Disponível em: <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/negocios/online/ceara-registra-alta-de-quase-900-em-exportacao-de-pas-eolicas-1.2106768>>. Acesso em 5 de junho 2019.
- CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- FULGENCIO, Paulo César. **Glossário vade mecum: administração pública, ciências contábeis, direito, economia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Mauad, 2007.
- EXPORTAÇÃO de pás eólicas cresce seis vezes no Ceará**. Jornal O Povo, Ceará, 25 abril de 2019. Disponível em: <<https://www.opovo.com.br/jornal/politica/2019/04/20/exportacao-de-pas-eolicas-cresce-seis-vezes-no-ceara.html>>. Acesso em 5 de Junho 2019.
- GHINATO, P. **Produção e competitividade: aplicações e inovações**. Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000.
- HINO, SATOSHI. **O pensamento Toyota: princípios de gestão para um crescimento duradouro** / Satoshi Hino; tradução Patrícia Lessa Flores da Cunha (coordenação), Elizamari Rodrigues Becker, Gabriela Perizzolo. – Porto Alegre: Bookman, 2009.
- IMAI, Masaaki. **Gemba Kaizen: uma abordagem de bom senso à estratégia de melhoria contínua**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- IMAI, Masaaki. **Kaizen – A estratégia para o sucesso competitivo**. São Paulo: IMAM, 1994.
- LIKER, Jeffrey K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LIKER, Jeffrey K.; MEIER, David. **O modelo Toyota - manual de aplicação: um guia prático para a implementação dos 4ps da Toyota**. Porto Alegre : Bookman, 2007.

MARCHWINSKI, C.; SHOOK, J. **Léxico lean: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Energia eólica no Brasil e mundo**, 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/15++Energia+E%3%B3lica++Brasil+e+Mundo++ano+ref.+2016+%28PDF%29++NOVO/f63a15ea-9d2c-4d27-9400-5d7c3fd97b22?version%20=%201.4>>. Acesso em: 21 abril 2019.

NARUSAWA, T.; SHOOK, J. **Kaizen Express: fundamentos para sua jornada lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2009.

PERIARD, Gustavo. **Matriz GUT: Guia completo**, 2011. Disponível em: <<http://www.sobreadministracao.com/matriz-gut-guia-completo/>>. Acesso em: 21 abril 2019.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2a ed. Novo Hamburgo: Universidade FEEVALE, 2013. Disponível em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>>. Acesso em: 23 de abril 2019.

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

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de produção: do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação**. 4a ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. Disponível em: <[https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia\\_de\\_pesquisa\\_e\\_elaboracao\\_de\\_teses\\_e\\_dissertacoes\\_4ed.pdf](https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf)>. Acesso em: 23 de abril 2019.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. Tradução Maria Teresa Corrêa de Oliveira F - 3. ed., São Paulo: Atlas, 2009.

SOBEK II, DURWARD K.; SMALLEY, ART. **Entendendo o pensamento A3: um componente crítico do PDCA da Toyota**. Porto Alegre, Bookman, 2010

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. Jones; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992

WOMACK, James P. JONES, Daniel T. **Lean Thinking Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**. New York, NY: Simon & Schuster Inc., 2003.

# ANEXO 1

## Foto do Mural de Melhoria – Sala Obeya (2019)

