

GIOVANNI BECARO SIMÕES

**AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DO SISTEMA LEAN MANUFACTURING EM
INDÚSTRIAS ENGINEER TO ORDER**

Guaratinguetá – SP

2016

Giovanni Becaro Simões

Aplicabilidade do sistema Lean Manufacturing em indústrias Engineer to Order

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador (a): Messias Borges Silva

Guaratinguetá – SP

2016

S593a	<p>Simões, Giovanni Becaro Aplicabilidade do sistema Lean Manufacturing em indústrias Engineer to Order / Giovanni Becaro Simões – Guaratinguetá, 2016. 46 f : il. Bibliografia: f. 46</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Orientador: Prof. Dr. Messias Borges Silva</p> <p>1. Produção enxuta 2. Transformadores elétricos 3. Métodos de linha de montagem I. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 658.5</p>
-------	--

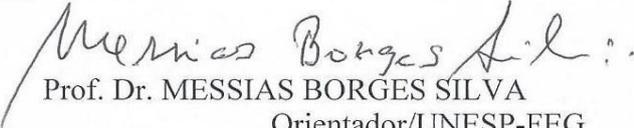
GIOVANNI BECARO SIMÕES

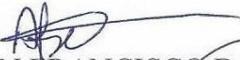
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA"

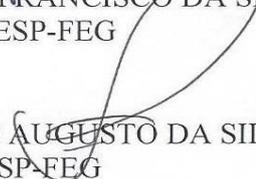
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. MESSIAS BORGES SILVA
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. ANEIRSON FRANCISCO DA SILVA
UNESP-FEG


Prof. Dr. FERNANDO AUGUSTO DA SILVA MARINS
UNESP-FEG

Dezembro de 2016

SIMÕES, G. B. **Avaliação da aplicabilidade do Lean Manufacturing em sistemas não seriados**. 2016. f.46 Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

RESUMO

Neste trabalho, avalia-se a eficácia e aplicabilidade de ferramentas do sistema Lean Manufacturing (manufatura enxuta) em indústrias de produção não seriada (Engineer to Order) de longo leadtime, traçando o atual cenário de uma fábrica de transformadores de alta e média tensão, expondo, não somente os pontos onde o Lean Manufacturing pode atuar e melhorar o desempenho da fábrica, como as ferramentas e filosofia que o sistema de produção Lean utiliza. Tem-se como objetivo encontrar os possíveis benefícios, debatendo e localizando as vantagens e desvantagens, que o pensamento Lean trará à uma indústria que possui suas limitações quanto ao sistema puxado e à redução do seu ciclo de produção.

PALAVRAS-CHAVE: Lean Manufacturing. Engineer to Order. Transformadores de alta tensão

SIMÕES, G. B. **Applicability's evaluation of Lean Manufacturing in non serial systems.**
2016. f.46 Graduate work (Graduate in mechanical engineering) – Faculdade de Engenharia do
Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

ABSTRACT

In this work, it is evaluated the efficiency and applicability of tools from the Lean Manufacturing system in non serial industries (Engineer to Order) with long leadtime, describing the current scenario of a medium and high voltage transformers factory, exposing, not only the points where Lean Manufacturing can act and improve factory's performance, as the tools and philosophy which Lean production's system uses. Its objective is to find possible benefits, debating and locating the advantages and disadvantages, that Lean's way of thinking will bring to an industry which has its limitations to pulled system and leadtime's reduction.

KEYWORDS: Lean Manufacturing. Engineer to Order. High voltage transformers

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	6
1.2	OBJETIVO	6
1.3	INTRODUÇÃO AO TEMA PROPOSTO	7
1.3.1	O Lean Manufacturing	7
1.3.2	Os 8 desperdícios	8
1.3.3	Classificação da gestão de produção	9
2	FERRAMENTAS LEAN	11
2.1	VALUE STREAM MAPPING – VSM	11
2.2	HEIJUNKA	13
2.3	KANBAN	15
2.4	POKA-YOKE	16
2.5	KAIZEN	16
2.6	5 S	16
2.7	GESTÃO VISUAL	18
2.8	DESIGN FOR ASSEMBLY	18
2.9	SETUP RÁPIDO	19
2.10	CELL DESIGN	19
2.11	TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)	19
3	MÉTODOS DE PESQUISA	21
3.1	DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA	21
3.1.1	Estrutura da pesquisa	21
3.2	DESCRIÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO	26
3.3	CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO	26
4	PESQUISA	29
4.1	INDÚSTRIA PESQUISADA	29
4.1.1	O Transformador	30
4.2	QUESTIONÁRIO	31
4.3	RESULTADOS DA PESQUISA	33
5	DISCUSSÃO	40
6	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A competitividade do mercado mundial vem crescendo ano após ano, todas as indústrias fazem o que podem para se manter neste mercado. Um dos principais recursos utilizados pelas empresas é a implementação do sistema Lean Manufacturing.

Este estudo baseia-se em avaliar o uso das ferramentas e do modo de gestão enxuta para uma indústria de transformadores de alta tensão, esta indústria é classificada em sua gestão de produção como Engineer To Order (ETO) onde toda a produção é engenheirada à partir do pedido do cliente. Suas características são a alta personalização dos produtos para cada cliente, os grandes desperdícios causados por essa personalização e, tendo em vista uma fábrica de transformadores de alta tensão, os longos lead times encontrados ao longo do fluxo de valor do produto.

“Para se adaptarem a esse ambiente competitivo, as empresas de manufatura estão, cada vez mais utilizando conceitos e técnicas da Produção Enxuta (Lean Manufacturing) e essa implementação tem trazido grandes benefícios às organizações. A adoção do sistema lean de produção é uma alternativa que busca eliminar as perdas e aumentar a capacidade da empresa de competir no mercado”, (PAIVA, N.;BERGIANTE, N. 2016, v.1, p.1)

“Os desafios impostos pela globalização econômica, exacerbam os níveis de competitividade e exigem uma mudança no perfil das empresas, impondo-as o exercício da melhoria contínua como forma de sobrevivência”, (LIMA, G.; JUNIOR, S.; PAZ, T.; MAMEDE, V.; BERGIANTE N. 2016, v.1, p.1)

“Os princípios Lean são a melhor estrutura que eu conheço para se comandar um negócio... Eles te dão uma vantagem injusta.”, MITCH KAPOR, 2014, criador da planilha Lotus

1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar e categorizar a aplicabilidade de ferramentas do Lean Manufacturing aplicadas à uma indústria de transformadores de média e alta tensão que possui sua gestão da produção sendo Engineer To Order (ETO).

1.3 INTRODUÇÃO AO TEMA PROPOSTO

1.3.1 O Lean Manufacturing

Nas últimas décadas, o sistema Lean Manufacturing vem se tornando amplamente difundido nas empresas ao redor do mundo tendo sua primeira aparição na indústria automotiva, mais especificamente na Toyota, desenvolvida pelo executivo Taiichi Ohno, durante o período de reconstrução do Japão após a Segunda Guerra Mundial.

Este sistema, que pode ser encontrado também como manufatura enxuta ou Sistema Toyota de Produção, é uma filosofia de gestão que visa reduzir, ou até eliminar, os oito desperdícios que podem ser encontrados em qualquer meio de produção, baseada numa estratégia de estudo e análise destes desperdícios, intervenção com soluções físicas e de processamento para reduzi-los e, posteriormente, uma gestão de melhoria contínua (Kaizen) e manutenção do Lean dentro da fábrica.

Segundo seu próprio desenvolvedor, a definição da manufatura enxuta seria a eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida (OHNO,1997).

A meta de implementação deste sistema visa atingir uma fábrica com zero defeito, tempo de preparação (setup) zero, estoque zero, movimentação zero, quebra zero e lead time zero.

É importante salientar que este sistema é um programa permanente, não apenas uma meta anual, e precisa que toda a cadeia de processamento trabalhe unida, desde a gestão até os trabalhadores de chão de fábrica. Ele requer também uma mudança comportamental, todos os colaboradores têm que estar abertos à mudança e o exemplo tem que partir dos níveis hierárquicos mais altos.

“A produção enxuta tem o intuito de localizar e eliminar todas as perdas existentes no processo produtivo que são desnecessárias e que acarretam custos, dando maior

ênfase nas atividades que agregam valor ao cliente.”, (MOTTIN, R.; MEIRELES, S.; OLIVEIRA, A.; FILHO, R. 2016, v.1, p.4)

"Lean é uma abordagem para entregar valor mais rapidamente para seus clientes focando em melhorar o workflow dos produtos sendo entregues. Em particular, times devem sempre reduzir atrasos, que estão ligados a desperdício e baixa qualidade.", ALAN SHALLOWAY, 2009, CEO da Net Objectives.

“Lean é fundamentalmente sobre entender o que é importante e usar uma abordagem disciplinada para constantemente melhorar nas coisas que foram definidas como importante.” JOHN SHOOK, 2000, conhecedor e difusor do Sistema de Produção Toyota.

1.3.2 Os 8 desperdícios

Superprodução – Ligado intimamente ao excesso de estoque, significa a produção de produtos superior à esperada ou antes do tempo certo, mascarando outros problemas que a fábrica enfrenta.

Tempo de espera – Para qualquer processo, a espera pelo motivo que for acarreta atraso na entrega e, conseqüentemente, dinheiro sendo desperdiçado. Esta espera pode vir desde uma máquina parada até um processo gargalo, onde o fluxo não consegue acompanhar o fluxo da fábrica.

Transporte – Qualquer tipo de transporte não agrega valor ao produto final do cliente, transportes lentos e desnecessários fazem com que o valor agregado do produto suba.

Excesso de processamento – São inúmeros os desperdícios que podem ser encontrados no processamento como máquinas que operam abaixo do rendimento, atividades desnecessárias como excesso de testes e inspeções ou retrabalhos, baixo rendimento do operador, para citar os comumente encontrados.

Inventário – Grande problema para qualquer indústria, a má gestão dos estoques de uma fábrica acarreta na ocultação de outros desperdícios. Como o sistema Lean se baseia numa produção puxada, isto é, a demanda do cliente que “puxa” a fabricação dos produtos, a criação de estoque tanto para matéria prima como para produto acabado gera despesas sem lucro futuro para a empresa.

Movimento – Representada pelas pequenas ou grandes movimentações desnecessárias dos operadores durante o processo fabril, ela pode ser vista até em uma célula de trabalho com movimentos de apenas alguns segundos que, se otimizados, podem economizar horas de

produção no decorrer do ano. Estima-se que este desperdício corresponda de 10% à 20% dos desperdícios de uma indústria.

Defeitos – Produzir abaixo do nível de qualidade exigido pode gerar retrabalhos ou refugo, em ambos os casos significa perda de tempo e dinheiro pois envolve perda de energia, matéria prima e mão de obra, isso sem contar na consequência de atraso de entrega ao cliente.

Mau aproveitamento das ideias – É comum, depois de certo tempo ou familiaridade com os processos e produtos da indústria, que as pessoas tenham ideias e sugestões de melhoria. Deixar que estas ideias passem despercebidas é perder a chance de criar novas táticas, economizar dinheiro, diminuir o lead time ou até criar espaços para novas ideias e melhorias

“Da produção na empresa contemporânea exige-se a minimização de ineficiências ocasionadas por trabalhos improdutivos ou de má qualidade, dentre outros aspectos. O que não agrega valor ao produto deve ser reduzido sistemática e continuamente, não se admitindo quaisquer tipos de perda no processo produtivo.”, (DUARTE, A.; HEIZER, I.; RODRIGUES, G.; PEREIRA, G.; BELMONTE, V. 2015, v.1, p.3)

"Ao aplicar o desenvolvimento lean eliminamos tempo e esforço desperdiçado. O que sobra é produtividade. Exceto que uma vez que você fez isto, você está pronto para ver o próximo nível de esforço e tempo desperdiçado. Desta forma, o ciclo de melhoria nunca termina.", KENT BECK, 2009, *engenheiro de software americano criador do Extreme Programming e Test Driven Development*.

1.3.3 Classificação da gestão de produção

Os desperdícios estão intimamente ligados com o sistema de produção da empresa. O processo de negócio da gestão de produção não é igual para todas as empresas. Deve ser modelado de acordo com as restrições características de cada tipo de sistema produtivo. Os sistemas produtivos podem ser diferenciados através do grau de participação do cliente na constituição do produto final. Existem quatro tipos de produção nos sistemas em análise (BREMER, 2000). São eles:

Make to Stock (MTS) – Em português “Produção para estocagem”, baseado num sistema de produção completamente sob previsões da demanda, ele determina que se fabrique produtos para a estocagem dos mesmos, sem nenhuma ordem do cliente. Este sistema funciona como em supermercados, onde os produtos são postos nas prateleiras conforme a demanda de consumo.

Assemble to Order (ATO) – Em português “montagem sob encomenda”, o fornecedor tem uma certa previsão sobre a demanda do cliente, com isso, consegue adiantar a produção de partes essenciais para seu produto final, porém existem diversas possibilidades de se montar estas peças ao pedido do cliente, por isso este nome. Este sistema é visto em pizzarias onde os ingredientes são previamente preparados e fica a cargo do cliente realizar o pedido de montagem das pizzas.

Make to Order (MTO) – Em português “produção sob encomenda”, o fornecedor tem previsão apenas do início do fluxo de produção, como a matéria-prima, a parte de fabricação, montagem e expedição fica a critério da escolha do cliente, isso torna a previsão de demanda mais incerta do que ambas anteriores. Consegue-se perceber este sistema em lojas de carros personalizados, as matérias-primas para confecção das partes personalizadas são, invariavelmente, as mesmas, porém o modo de fabricação e montagem dependem única e exclusivamente do cliente.

Enginnering to Order (ETO) – Em português “Engenharia sob encomenda”, o fluxo de produção está totalmente ligado ao pedido do cliente, desde a compra de matérias-primas até a expedição do produto, sendo assim, não há um controle na previsão de demanda, o portfólio da empresa é apenas um, porém o modo como seus produtos são pensados e engenheirados depende apenas das vontades e necessidades do cliente, neste sistema, fornecedor e cliente precisam estar sintonizados desde a compra do material. Aqui se encaixa uma fábrica de transformadores de alta tensão, produtos complexos e robustos que têm que se adequar à realidade do cliente quanto à dimensões, materiais, resistência climática, entre outros.

“Dentre as tipologias de produção existentes a ETO (engenharia sob encomenda ou engineering to order) é uma das que mais visa o aumento da flexibilidade da organização. Na estratégia de produção do tipo engenharia sob encomenda, como o próprio nome já diz, o projeto do produto só é realizado sob encomenda do cliente.”, (DONHA, R.; SILVA, M. 2016, v.1, p.2)

2 FERRAMENTAS LEAN

Com o passar dos anos, as ferramentas disponíveis para implementação e manutenção do Lean na indústria foram crescendo e se aprimorando, hoje existem múltiplas ferramentas para um único problema ou desperdício que, sendo utilizadas conjuntamente, conseguem minimizar os desperdícios localizados ao longo do processo.

“Womack, Jones e Roos (2004), afirmam também que o pensamento enxuto é uma forma de tornar o trabalho mais satisfatório, oferecendo feedback imediato sobre os esforços para transformar desperdícios em valor. Este está baseado em cinco princípios fundamentais, a saber, especificar valor, identificar o fluxo de valor, fazer a produção fluir, puxar a produção e buscar a perfeição.” (VIEIRA, E.; TRENTIN M.; COSTA, S.; LIMA, E. 2016, v.1, p.2)

"Lean é sobre sempre melhorar o que você é agora através de testes e métricas dos resultados. Então é sobre nunca estar confortável com o status quo, e sempre aprender como melhorar utilizando o método científico." Mary Poppendieck, 2009, criadora do Lean software.

Pensando num programa que não tem prazo final, nem uma meta pré-estabelecida, as soluções encontradas para análise e melhoria destes eventos devem ser constantemente utilizadas e sua manutenção feita periodicamente, pois só assim garante-se que não ocorram os mesmos problemas encontrados ou até que não ocorram novos desperdícios relacionados ao novo pensamento da produção.

2.1 VALUE STREAM MAPPING – VSM

O VSM ou Mapeamento da Cadeia de Valor é uma atividade de análise que auxilia na observação da cadeia de fluxo tanto de produto quanto de informação do processo ou conjunto de processos analisados. Ele conecta etapas do processo com materiais e informações a partir de caixas e sinais para que se tenha uma visualização prática e fácil de tudo que o envolve.

Em um primeiro momento se retrata o estado atual do fluxo do valor, arranjando os itens do modo que se faz no processo, isso faz com que se identifiquem os processos que agregam valor ao produto final, aqueles que não agregam, mas são necessários, e os que são puramente desperdícios.

Conseqüentemente, produzem-se ações que buscam resolver os problemas encontrados, fazendo este valor fluir pela cadeia, posteriormente, com a ajuda das empresas fornecedoras, faz-se o cliente ter a puxada deste fluxo e finalmente busca-se a perfeição através das melhorias contínuas ao longo do tempo.

Na figura 1 podem-se observar os símbolos e caixas comumente utilizados na confecção do VSM que contemplam todos os dados para análise da cadeia de valor.

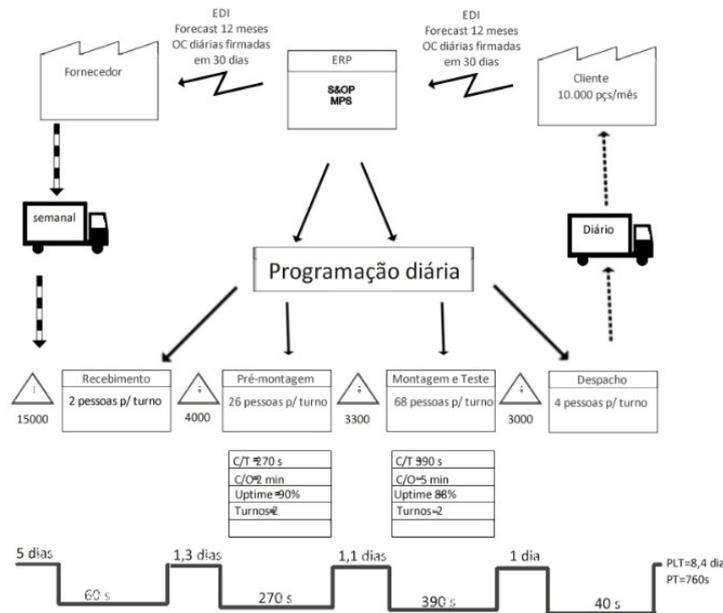
Figura 1 – Sinais de um mapa VSM



Fonte: RENTES (2000)

Um exemplo simplificado de mapa está apresentado na figura 2, é importante observar que inclusive a diferença de produção empurrada pela fábrica ou puxada pelo cliente está exposta.

Figura 2 – Exemplo de mapeamento do VSM



Fonte: VARGAS (2016)

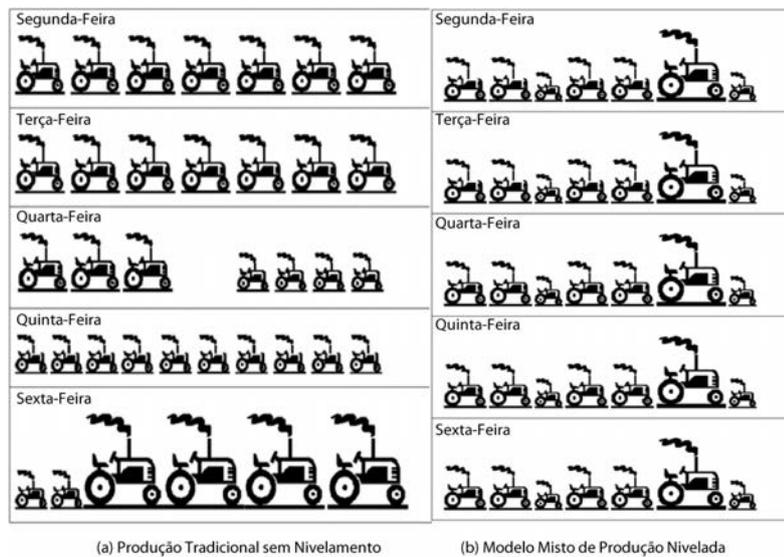
Como visto, o VSM é seguir a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e cuidadosamente desenhar uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Então, formula-se um conjunto de questões-chave e desenha-se um mapa do estado futuro de como o processo deveria fluir. Fazer isso repetidas vezes é o caminho mais simples para que se possa enxergar o valor e, especialmente, as fontes do desperdício. (ROTHER & SHOOK, 1999)

2.2 HEIJUNKA

É o nivelamento da produção, seja em volume ou na mistura de produção feita diariamente, para criar estabilidade e padronização, garantindo um melhor controle de qualidade.

Como podemos ver na figura 3, a sua principal melhoria é o nivelamento da produção, fabricando diversos produtos em um mesmo dia, porém continuamente na semana ou no mês, fica visível o mix da produção.

Figura 3 – Heijunka aplicado no sistema de produção

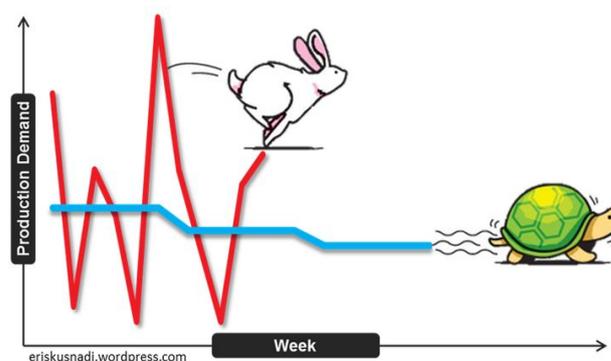


Fonte: SILVEIRA (2016)

Com isso, a fábrica ganha em flexibilidade de acordo com a demanda do cliente e o maquinário entra em uma manutenção diária, pois, agora, muitas máquinas ou aparelhos que antes eram usados semanalmente, possuem uso diário.

Como podemos ver na figura4, a tartaruga é mais lenta, mas consistente. Causa menos desperdício e é muito mais desejável do que a lebre veloz que corre à frente e depois para, ocasionalmente, a cochilar. O sistema Toyota de Produção pode ser realizado somente quando todos os trabalhadores se tornam tartarugas. (OHNO, Taiichi, 1988)

Figura 4 – Estabilização da produção



Fonte: HOHMANN (2016)

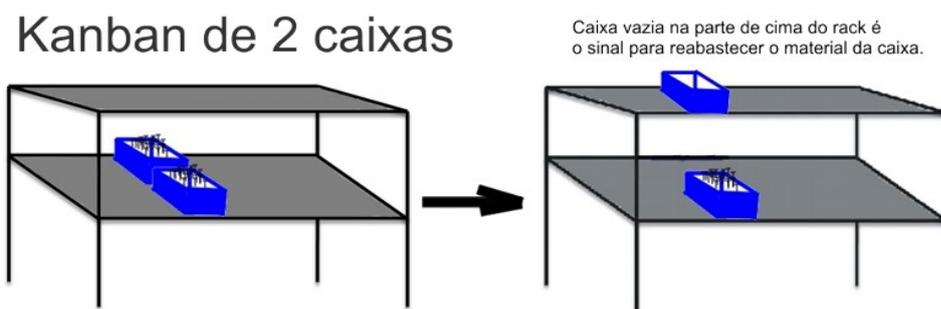
2.3 KANBAN

O Kanban é uma organização da movimentação de materiais e produção, sempre acompanhado de sinais visuais de fácil compreensão. Ele é auxiliado pelo Heijunka, uma vez que com a produção nivelada, o uso de diferentes materiais se torna constante e igualmente nivelado diariamente, logo, a reposição de materiais e peças para os operadores já é previamente calculada e sabe-se que diariamente deve ser reposta perto do posto de trabalho para não haver falta deste material, que pode gerar espera, ou movimentação desnecessária dos operadores procurando-os.

Ele dispõe de sinais visuais como cartões e caixas, podendo ter o padrão de cores de um semáforo para expor suficiência (verde), atenção (amarelo) ou falta (vermelho) , ou simplesmente o espaço vazio, sinalizando que acabaram as peças no posto de trabalho.

Atualmente, existem inúmeros usos do sistema Kanban pelas fábricas, pois ele possui diversos modos de utilização, alguns mais comuns são o sistema Kanban de 2 caixas e sistema Kanban de cartões, como observados na figura 5, as caixas indicam a necessidade de reposição.

Figura 5 – Sistema Kanban de 2 caixas



Fonte: VARGAS (2016)

O sistema Kanban de 2 caixas consiste no sinal visual que o operador utilizou, ou está utilizando o material de uma caixa, quando o funcionário que repõe esta caixa passa pelo posto de trabalho, ele identifica facilmente que necessita repor aquela caixa já vazia, enquanto o operador possui outra caixa para utilizar neste meio tempo.

O sistema Kanban de cartões possui várias vertentes, as mais usadas são para indicar o nível do estoque, indicar uso ou falta dos materiais ou até status das produções e atividades,

podendo ser facilmente ampliado para o setor administrativo, sempre utilizando o sistema de cores anteriormente explanado.

2.4 POKA-YOKE

Em tradução livre significa “à prova de falhas”, como o próprio nome diz, é a utilização de um sistema que não permita a utilização ou montagem de algo seja feita de modo errado pela utilização de qualquer sinal ou até mesmo barreiras físicas que levem o operador a fazer sempre do modo correto.

Ótimos exemplos de Poka-Yoke são peças de um quebra-cabeça, que somente serão encaixadas naquela que tem o espaço físico exatamente igual, ou ainda as tomadas com diferentes machos e fêmeas, tomadas com três entradas circulares somente aceitaram machos com três entradas circulares.

2.5 KAIZEN

O evento Kaizen é uma oportunidade de praticar a melhoria contínua em determinada fábrica ou setor. Durando cerca de 3 a 5 dias, ele determina que todas as áreas envolvidas se dediquem completamente na solução de problemas e desperdícios eventualmente encontrados.

É importante ressaltar que, como o período do evento é curto, quaisquer soluções, sejam elas baratas e rápidas ou custosas e longas, são válidas e nunca acabará em apenas um evento, visto que com o passar do tempo, novos desperdícios irão surgir, por isso essa constante manutenção se faz necessária.

2.6 5 S

O método de organização 5 S contempla a limpeza e organização de um espaço físico, no caso, no ambiente de trabalho, porém ele vai além, consegue eliminar gastos e desperdícios rotineiros.

O 5S foi pensado no Japão pós segunda guerra mundial, e seus 5 “S” são: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke.

Como dispostos na tabela 1, os passos são simples, o primeiro é o “Seiri” que significa separar o útil do inútil, para então realizar-se o “Seiton” ou a organização dos objetos conforme necessidade, modelo, tamanho, de modo a evitar menos desperdícios. O “Seiso” indica a limpeza constante do local e a manutenção da organização, em seguida o “Seiketsu” é a criação de normas e padronização pensando até na segurança e saúde dos que utilizarem o local para que tudo o que foi realizado nos outros três tópicos não se perca e, por último, o “Shitsuke” que é a autodisciplina em melhorar continuamente esse processo de organização, sempre passando pelos primeiros quatro estágios.

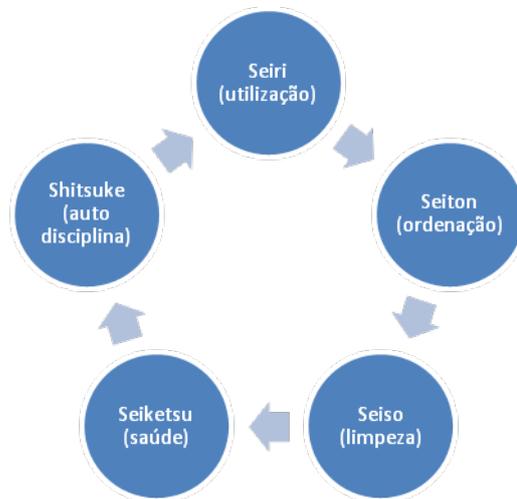
Tabela 1 – Os 5 sentidos, seus significados e comparação

5S	Comando	No corpo humano
Senso de Utilização	Separar o que é útil do que não é. Melhorar o uso do que é útil.	Nosso corpo descarta o que não precisa e usa o que lhe é útil em infinitas reações químicas.
Senso de Ordenação	Um lugar para cada coisa. Cada coisa no seu lugar.	São vários sistemas, nos quais cada célula está em seu lugar.
Senso de Limpeza	Limpar e evitar sujar.	Não viveríamos se não houvesse limpeza constante do organismo pelas fezes, urina, respiração, anticorpos etc.
Senso de Saúde	Padronizar as práticas saudáveis.	O que cada célula deve fazer para a saúde do organismo está "escrito" no DNA.
Senso de Autodisciplina	Assumir a responsabilidade de seguir os padrões saudáveis.	Não precisamos chamar a atenção da célula para fazer o que lhe compete. Ela faz o que tem de ser feito.

Fonte: VARGAS (2016)

A figura 6 expõe o ciclo que os sentidos tomam durante seu uso contínuo, mostrando os passos que se tomam para a constante organização e limpeza do local de trabalho que ele prega.

Figura 6 – Fluxo do 5S



Fonte: Próprio autor

2.7 GESTÃO VISUAL

A gestão visual tem aspecto fundamental no Lean manufacturing, assim como explicado Kanban, é a indicação de maneira explícita de informações importantes nos locais onde são necessárias.

Painéis com programações, problemas detectados, indicadores e objetivos são alguns exemplos disto, expondo problemas, status e metas da fábrica e do setor administrativo.

2.8 DESIGN FOR ASSEMBLY

Design For Assembly ou design para montagem é a metodologia de trabalho que visa melhorar o modo de fabricação do produto, tanto nos processos que ele passa, como nos materiais utilizados e no tempo gasto, eliminando desperdícios.

Atualmente, já existe outro termo usado, o Design for X, que significa melhorar não só o modo como o produto é feito, mas também melhorar o modo que as áreas adjacentes à

produção trabalham, como por exemplo criar embalagens para os produtos mais sustentáveis e baratas, acondicionando-os de modo seguro e que sejam ergonômicas para o transporte.

2.9 SETUP RÁPIDO

Um dos maiores desperdícios que se pode encontrar em fábricas é o tempo de Setup de máquinas e modelos para o início dos processos, até uma simples troca do ferramentário no posto de trabalho, se somada as inúmeras vezes que ocorrerá durante o ano, acarretam em grandes desperdícios para a empresa.

Para isso, a solução encontrada foi SMED (Single Minute Exchange of Die) que é uma ferramenta de otimização do processo de reconfiguração das ferramentas e dispositivo de fixação dos materiais.

A ideia é simples, o cliente não está pagando para a máquina ser reconfiguradas, ou o ferramentário substituído, logo, qualquer espera da produção por isso não está agregando valor algum ao produto, conseqüentemente, todo este tempo é puro desperdício. Então qualquer forma de minimizá-lo, ou ainda eliminá-lo é válida.

2.10 CELL DESIGN

O design da célula de trabalho vai ao encontro de vários outros itens aqui expostos, é o aperfeiçoamento do posto de trabalho para que o operador tenha tudo que precisa em mãos, tornando seu ambiente seguro, ergonômico e prático.

Outro ponto interessante é que, cada vez mais, determinado posto esteja em contato direto com seu cliente e fornecedor (internos) para eliminar desperdícios quanto à espera, movimentação e transporte.

2.11 TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)

A Manutenção Produtiva Total (TPM) tem sido uma ferramenta Lean importante para os setores de manufatura intensivos em equipamentos. É um fator fundamental para o

aumento da disponibilidade das máquinas, e um passo vital para conectar as máquinas visando criar um fluxo melhor.

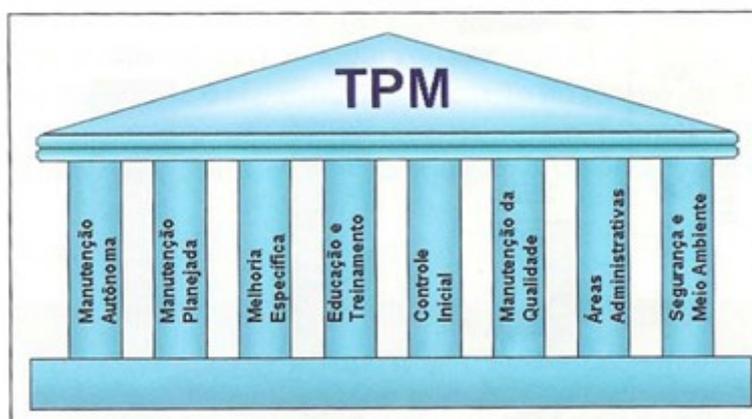
Ela auxilia no entendimento e facilitação da manutenção das máquinas que estão envolvidas em todo o processo, essa ferramenta é voltada à um desperdício que será recorrente e necessário dentro da fábrica, a manutenção preventiva ou, até mesmo, preditiva, sempre tentando eliminar o tipo de manutenção corretiva, que é a manutenção que ocorre após a quebra total ou de partes do maquinário.

Ele cria meios de tornar a visualização do estado da máquina muito mais fácil de ser entendido, seja por meio de gestões visuais ou por cálculos e fórmulas mais complexas que tornam a probabilidade de qualquer máquina da fábrica de falhar mais visível e compreendida por todos os operadores.

O TPM cria uma melhor condição de manutenção da produção ininterrupta do ambiente fabril, o que é um pretexto do Lean Manufacturing, e, com isso, faz a produção ter pouco uso de horas extras e menor número de produtos com defeito, causando um número pequeno de retrabalhos.

Na figura 7, pode-se ver os pilares com os quais a prática do TPM trabalha, cada frente visa o objetivo quanto à manutenção e desempenho das máquinas.

Figura 7 – Pilares do TPM



Fonte: SILVA(2016)

3 MÉTODOS DE PESQUISA

Afim de obter dados embasados e relevantes para o surgimento de fatos concretos sobre a implantação do Lean em indústrias ETO, listam-se os passos necessários para a definição do tipo de pesquisa escolhido.

Primeiramente, definam-se os métodos de pesquisa, então, há uma descrição e caracterização do método de pesquisa utilizado, com isso têm-se uma base solidificada para o planejamento e execução da pesquisa em campo, sendo esta última a etapa em que se obtêm os dados necessários para a conclusão e fechamento do trabalho.

3.1 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa é a escolha de procedimentos sistemáticos para a descrição e a explicação de fenômenos e conhecimento de novas técnicas. Esses procedimentos vão ao encontro do método científico onde delimita-se um problema, realiza-se observações e realizam-se interpretações com base nas relações encontradas, fundamentando-se nas teorias existentes.

Os dois grandes métodos de investigação são o quantitativo e o qualitativo, o primeiro se destaca pela quantificação dos dados e informações coletados que são tratados de forma estatística e argumentada, garantindo, assim, a precisão dos resultados evitando distorções de análise e interpretações. Já a investigação qualitativa se destaca pela necessidade de entender-se a natureza de um fenômeno, assim como o nível que se encontra no cenário analisado.

O estudo de caso é um método de pesquisa de natureza empírica que investiga um fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidas (YIN, 2005).

Tem como objetivo aprofundar o conhecimento acerca de um problema não suficientemente definido, visando estimular a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou desenvolver a teoria (VOSS, TSIKRIKTSIS e FROHLICH, 2002).

3.1.1 Estrutura da pesquisa

É sugerido, por Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002), alguns passos à serem seguidos para o desenvolvimento da pesquisa em um estudo de caso, que se encontram abaixo.

- a) Quando utilizar o estudo de caso
- b) Desenvolvimento a estrutura da pesquisa, sua construção e questões
- c) Escolha dos casos
- d) Desenvolvimento dos instrumentos e condução da pesquisa de campo
- e) Documentação e análise dos dados, desenvolvimento da hipótese e teste

Separam-se, portanto, cada item da lista e analisam-se metodicamente para a definição exata e precisa do método de pesquisa utilizado.

a) Quando utilizar o estudo de caso:

O estudo de caso é uma história de um fenômeno atual ou passado, traçada a partir de múltiplas fontes de evidência. Qualquer fato relevante para o fluxo de eventos que descreve o

fenômeno é um potencial ponto de partida em um estudo de caso, uma vez que

contexto é importante (Leonard-Barton,1990). O estudo de caso é

uma unidade de análise no processo de investigação (Voss, Tsikriktsis e Frohlich, 2002).

Para isso, existem inúmeros métodos e práticas que se desenvolveram ao longo dos anos, dependendo do propósito, delimitação ou explanação do tema proposto, listam-se abaixo na tabela 2.

Tabela 2 – Propostas de tipos de pesquisas
Adaptado de Handfield e Melnyk (1998)

Métodos	Proposta	Questão da pesquisa	Estrutura da pesquisa
Teoria de extensão/ refinamento	Para melhor estruturar as teorias à luz dos resultados observados	O quanto a teoria é generalista? Aonde a teoria é aplicável?	Experimento Quase experimento Estudos de caso Amostras de população de larga-escala
Exploração	Encobre áreas para pesquisa e desenvolvimento de teoria	Existe algum interesse suficiente para justificar a pesquisa?	Aprofundamento de estudos de caso não focados, estudo de campo longitudinal

Construção de teoria	Identificar/descrever as variáveis chaves Identificar links entre as variáveis Identificar porque estas relações existem	Qual são as variáveis chaves? Quais são os padrões ou links entre as variáveis? Porque estas relações deveriam existir?	Poucos estudos de caso focados Estudos aprofundados Estudos de caso em vários locais/empresas Estudos de caso dos melhores casos em cada área
Teste de teoria	Teste de teoria desenvolvido em estágios prévios Prever saídas futuras	As teorias que temos gerado são capazes de sobreviver a teste de dados empíricos? Será que vamos buscar o comportamento que foi previsto pela teoria ou não observamos outro não antecipado comportamento?	Experimentos Quase experimentos Estudos de caso Amostras em larga escala de população

Fonte: BARTOLLI, 2010

Como este trabalho tem o intuito de analisar a aplicabilidade de uma certa filosofia, o Lean Manufacturing, às indústrias que utilizam o sistema de produção ETO, faz-se necessária a utilização do método de teoria de extensão/refinamento, justificando-se pela sua proposta de melhor estruturar as teorias conforme os dados são observados, pilar desta pesquisa.

b) Desenvolvimento a estrutura da pesquisa, sua construção e questões:

O primeiro passo a se dar num processo de investigação é o quadro de investigação e as perguntas, pois no estudo de caso, a investigação tem sido reconhecida como sendo particularmente boa para analisar como e por que às perguntas (YIN, 2005).

Um questionário abrangente e, ao mesmo tempo, centrado no assunto principal é essencial para a obtenção de dados limpos e verdadeiros, não deixando a incredibilidade da dúvida para o pesquisado, obtendo-se assim o cenário mais atual possível.

Delineando a pesquisa através da construção de uma estrutura conceitual, a estrutura deve explicar de forma gráfica ou narrativa a questão principal que se tem do tema, e dela, suas ramificações ou questões adjacentes, todas ajudando a entender e enxergar conclusões satisfatórias para o fechamento do caso.

Tomada a importância desta estrutura, o pesquisador deve pensar cuidadosa e seletivamente em sua confecção, não deixando de lado perguntas cruciais para o entendimento do cenário, e, ao mesmo tempo, não incluindo pontos que podem esconder ou até contradizer dados finais.

Voss, Tsikriktsis e Forhlich(2002) sugerem que se tomem, primeiramente, as questões iniciais do estudo proposto, mesmo que sejam tentativas, é importante tê-las bem definidas para a obtenção dos dados.

Fazem-se assim, as primeiras questões pilar da pesquisa, para que possam-se responder a aplicabilidade do Lean em uma indústria ETO, como visto na tabela 3.

Tabela 3 – Questões-chave do problema proposto

Questão chave	O Lean Manufacturing é aplicável à uma indústria ETO?
Questões secundárias	Quais as dificuldades que se encontram ao aplicar ferramentas do Lean Manufacturing em uma indústria ETO?
	Quais ferramentas do Lean são aplicáveis em uma indústria ETO e quais não são?
	Existe o interesse de indústrias ETO na implantação deste tipo de filosofia?
	São satisfatórios os resultados das implantações destas ferramentas neste tipo de indústria?

Fonte: Próprio autor

Com o presente trabalho, necessitam-se serem respondidas as questões secundárias através de dados consistentes para que surja uma conclusão forte e embasada da questão principal.

c) Escolha dos casos:

A escolha do caso a ser utilizado no trabalho é de extrema importância, e dita a relevância do mesmo para a área acadêmica.

Segundo Yin (2005), existem quatro tipos de estudo de caso:

- Casos únicos: são válidos e decisivos para testar a teoria, quando é raro ou extremo; quando é representativo ou típico, ou seja, se assemelha a muitos outros casos; quando é revelador, ou seja, quando o fenômeno é inacessível; e longitudinal, em que se estuda o caso único em momentos distintos no tempo;
- Casos múltiplos: são mais consistentes e permitem maiores generalizações, mas demandam maiores recursos e tempo por parte do pesquisador;
- Enfoque incorporado: no estudo de caso pode envolver mais de uma unidade de análise;
- Enfoque holístico: busca examinar apenas a natureza global de um programa ou da organização.

Para a presente dissertação, é necessária a utilização do caso único pois avalia-se a aplicabilidade de uma teoria, o pensamento enxuto, na prática de uma indústria, no caso ETO.

Sempre lembrando que os casos únicos têm obstáculos, apresentam muitos limites para generalizações nas conclusões, dificultam o desenvolvimento de modelos e teorias a partir de um único caso (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). Assim sendo, a seleção de casos é um aspecto importante na construção da teoria do estudo de caso e estes podem ser escolhidos para replicar casos anteriores ou prorrogar uma teoria emergente, ou podem ser escolhidos para preencher categorias teóricas e fornecer exemplos de tipos polares (EISENHARDT, 1989).

d) Desenvolvimento da condução e instrumentos da pesquisa de campo:

A fim de se obter dados consistentes para a definição das questões secundárias e, ao mesmo tempo, abrangendo indústrias que se utilizam do sistema de produção ETO, foi testada uma empresa multinacional de transformadores de alta e média potência localizada no estado de São Paulo.

A pesquisa foi enviada ao email do gerente da fábrica, que acordou respondê-la para esta dissertação.

O questionário contém três perguntas que, juntas, tentam responder as perguntas previamente feitas neste trabalho.

Deve-se lembrar que o resultado da pesquisa foi caracterizado como não confidencial pelo próprio gerente, logo, não houve a necessidade de documentos assinados por ambas as partes (universidade e empresa) sobre a confidencialidade do teste.

e) Documentação e análise dos dados, desenvolvimento da hipótese e testar:

Todo o questionário é eletrônico e enviado via email ao entrevistado, com a ajuda do professor-tutor.

A confidencialidade das respostas obtidas será assegurada com carimbos e assinaturas pertinentes antes da entrega do questionário às partes envolvidas, é de extrema importância que isso seja transparente aos entrevistados para que os dados sejam os mais transparentes possíveis.

Com os dados em mãos, a primeira análise a ser feita é a identificação de algum padrão entre eles, sendo da utilização de gráficos ou matrizes para a melhor visualização, com isso pode-se desenvolver hipóteses através dos diversos grupos encontrados.

3.2 DESCRIÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO

Uma descrição detalhada do passo a passo realizado para a obtenção dos dados requeridos pode-se enumerar da seguinte maneira:

- a) Revisão bibliográfica sobre os temas propostos
- b) Elaboração do questionário e aprovação do professor-tutor
- c) Envio do questionário ao entrevistado e obtenção dos dados

Primeiramente, houve uma revisão bibliográfica acerca do sistema de produção envolvido, no caso o Engineer to Order e as ferramentas Lean mais difundidas, assim como os modos e usos de pesquisas e escolhem-se, dentre eles, o mais adequado para a finalidade do trabalho e as questões-base à serem respondidas.

Expandem-se estes temas base para todas as categorias que existem ou que serão trabalhadas, para então aprofundar o conhecimento nos modos de pesquisa e definições comumente aceitas no meio acadêmico, buscando os meios mais eficazes para responderem a questão principal, assim como os mais indicados facilitando o modo que a pesquisa é conduzida.

Em seguida, elabora-se um questionário cujas perguntas contemplem os indicadores essenciais para resposta das questões-base previamente atribuídas, que, com a aprovação do professor-tutor, possam ser enviadas aos entrevistados.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO

Resumindo os itens anteriores, esta seção explica de modo sucinto o método utilizado na pesquisa desta dissertação, passando pelos grupos e tipos de pesquisas encontrados na literatura moderna: abordagem do problema, natureza, objetivo geral e procedimento técnico.

Quanto à abordagem do problema, podem-se separar em dois tipos: quantitativo ou qualitativo. Para o presente trabalho, utilizam-se abordagens qualitativas pois se refere ao estudo da inserção de um método de trabalho em um ambiente, não tendo como característica principal a inserção de estatísticas altamente elaboradas. O objetivo da amostra é de produzir informações aprofundadas e ilustrativas: seja ela pequena ou grande, o que importa é que ela seja capaz de produzir novas informações (DESLAURIERS, 1991).

Na tabela 4 se faz a comparação entre as duas frentes de pesquisa, mostrando suas características particulares e, conseqüentemente, diferenças, mostrando que não existe uma melhor que a outra, apenas a que melhor se adéqua ao tipo do trabalho realizado.

Tabela 4 - Comparação dos aspectos da pesquisa qualitativa com os da pesquisa quantitativa

Aspecto	Pesquisa Quantitativa	Pesquisa Qualitativa
Enfoque na interpretação do objeto	Menor	Maior
Importância do contexto do objeto pesquisado	Menor	Maior
Proximidade do pesquisador em relação aos fenômenos estudados	Menor	Maior
Alcance do estudo no tempo	Instantâneo	Intervalo maior
Quantidade de fonte de dados	Uma	Várias
Ponto de vista do pesquisador	Externo à organização	Interno à organização
Quadro teórico e hipóteses	Definidas rigorosamente	Menos estruturadas

Fonte: FONSECA, 2002

No quesito natureza da pesquisa, é uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para a utilização prática, atendendo necessidades locais e dirigindo-se à problemas específicos, diferente de uma pesquisa básica que não tem aplicação prática prevista.

Os objetivos desta pesquisa se dividem em dois: exploratória e explicativa. Exploratória pois visa entender a prática do pensamento enxuto dentro do ambiente de produção ETO e explicativa pois tende a destacar quais práticas ou ferramentas deste pensamento são utilizáveis e aplicáveis dentro deste sistema.

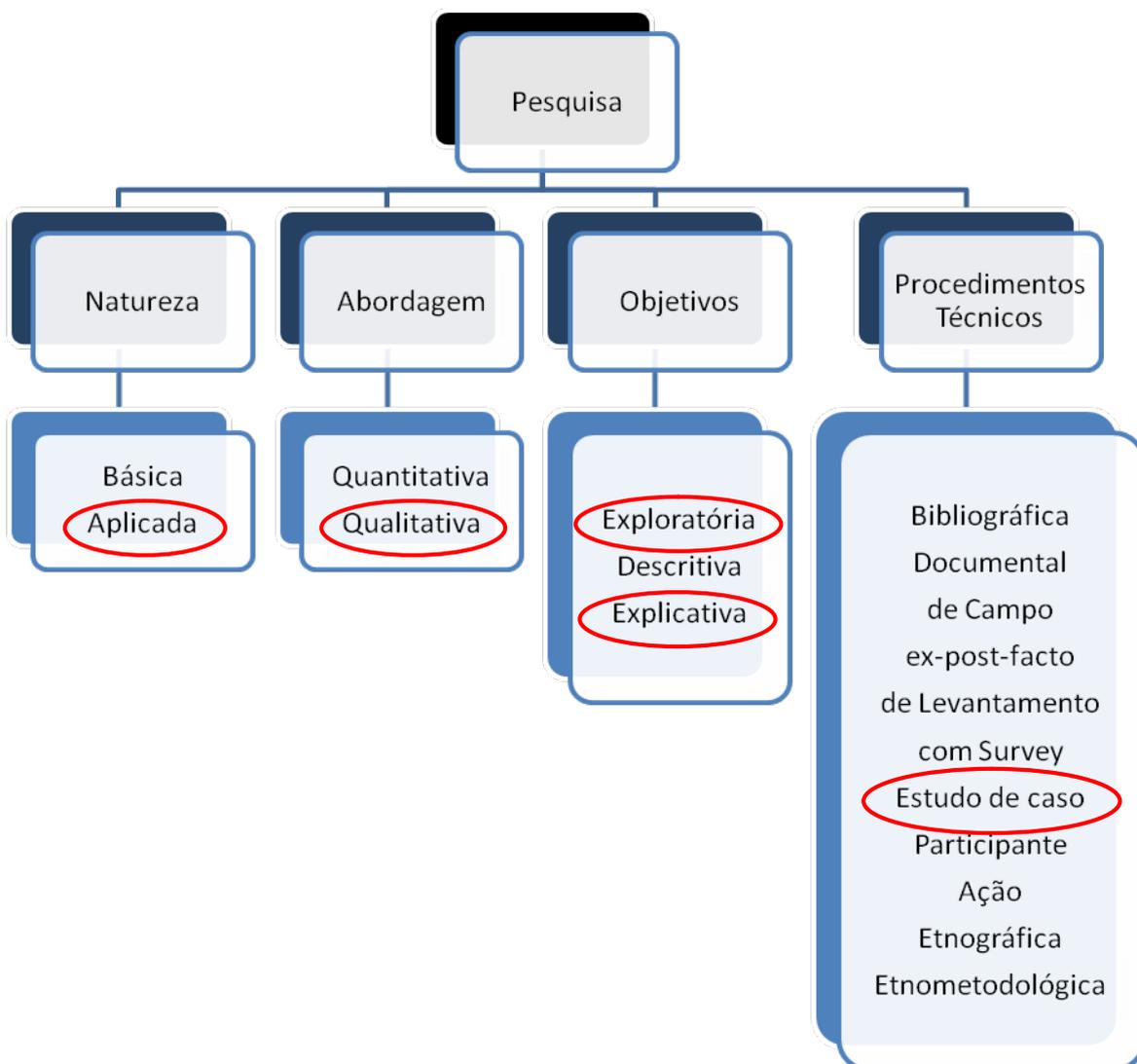
Já no procedimento técnico é utilizado o estudo de caso, pois visa-se expor o pensamento enxuto no âmbito de sistemas ETO.

“Um estudo de caso pode ser caracterizado como um estudo de uma entidade bem definida como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa, ou

uma unidade social. Visa conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico. O pesquisador não pretende intervir sobre o objeto a ser estudado, mas revelá-lo tal como ele o percebe. O estudo de caso pode decorrer de acordo com uma perspectiva interpretativa, que procura compreender como é o mundo do ponto de vista dos participantes, ou uma perspectiva pragmática, que visa simplesmente apresentar uma perspectiva global, tanto quanto possível completa e coerente, do objeto de estudo do ponto de vista do investigador” (FONSECA, 2002, p. 33).

Na figura 8, defini-se um diagrama esquematizando os tipos e opções dispostos na literatura e os escolhidos para este trabalho.

Figura 8 - Diagrama de tipos de pesquisa com as escolhas definidas



4 PESQUISA

Como dito anteriormente, o questionário foi enviado ao gerente de uma fábrica com produção ETO por email, este gerente se comprometeu a responder o questionário fielmente e condizente com a realidade atual que se encontra no dia a dia da fábrica.

Para assegurar que o questionário estava entendível e prático, foi revisado antes de ser respondido com o entrevistado e o mesmo disse que conseguia compreender 100% do teste e conseguia ver muitas das ferramentas no dia a dia da fábrica.

4.1 INDÚSTRIA PESQUISADA

A indústria escolhida para a pesquisa foi a de transformadores de alta e média tensão, eles são necessários em todos os sistemas elétricos que requerem interligação entre duas fontes de correntes e tensões diferentes, sendo encontrados em inúmeras subestações, seu valor, no geral, é o mais alto dentre os equipamentos deste sistema.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT), um transformador é definido como um equipamento elétrico estático que, por indução eletromagnética, transforma tensão e corrente alternadas entre dois ou mais enrolamentos, sem mudança de frequência.

“Transformadores são equipamentos utilizados para transferir energia de um lado do circuito para outro, através de um fluxo magnético comum a ambos os lados. Com exceção do autotransformador, não há conexão elétrica entre as partes dos circuitos interligados por meio do equipamento.” (NOGUEIRA e ALVES, 2009, p.2)

A fim de buscar uma empresa que produza um produto com as características de produção que descrevem o Engineer to Order, a empresa de transformadores de grande porte foi analisada como a ideal para tal pesquisa e para se conhecer a produção, suas especificidades e exclusividades, analisa-se primeiramente o produto desta indústria, o transformador.

4.1.1 O Transformador

Transformadores de potência são equipamentos elétricos cujo princípio básico de funcionamento se dá a partir da conversão de diferentes níveis de tensão entre a fonte, ligada ao primário, e a carga alimentada, ligada ao secundário. Os transformadores podem ser monofásicos ou trifásicos que, por indução eletromagnética, transforma tensão e corrente alternada entre dois ou mais enrolamentos com a mesma frequência e, geralmente, com valores diferentes de tensão e corrente.

Na figura 9 pode-se ver a aparência externa de um transformador trifásico padrão, com buchas, ventiladores, radiadores e conservador de óleo.

Figura 9 – Transformador de alta potência



Fonte: Tubos Trans Electric (2016)

Olhando para o lado mecânico de um transformador, ele pode chegar a pesar 300 toneladas e possui diversas partes de dissipação de calor, por conta dos altos esforços térmicos e dinâmicos que ele passa, tendo mais comumente o óleo como seu líquido refrigerante. Possui ainda muitas aletas e ventiladores que, juntamente às grandes quantidades de Aço-Silício, ferro fundido e cobre, seu peso bruto para transporte e o alto valor tecnológico agregado durante a sua produção, elevam produto em questão substancialmente o valor do.

Suas exclusivas características elétricas e mecânicas fazem necessária algumas partes da produção serem quase que completamente manuais, e seus operadores necessitem de um alto teor de conhecimento e habilidades específicas para o trabalho e, para assegurar o bom rendimento do produto, uma bateria de testes ainda dentro da fábrica são realizados, com isso o tempo de fabricação do produto fica relativamente extenso (3 a 4 meses) aumentando o seu lead time de entrega.

Como é um produto voltado totalmente para o mercado energético, suas vendas são feitas sob concessões energéticas de empresas ou do próprio governo obrigando às empresas terem um forte esquema de compliance interno gerando uma alta burocracia.

O relacionamento com o cliente se dá desde o começo de sua venda. Como é um produto elétrico e cada cliente possui sua necessidade específica para ser atendida, a configuração, o design e o planejamento de cada transformador é feito personalizado para cada cliente, garantindo a ele o perfil de um produto cuja produção seja regida pelo Engineer to Order.

4.2 QUESTIONÁRIO

O gerente de uma fábrica regida pelo ETO foi contatado por email e lhe foi enviado o questionário que se segue para embasar este estudo.

Não houve nenhum pedido de confidencialidade das respostas dadas pelo entrevistado, portanto nenhum documento extra foi anexado ao email.

O questionário para responder as perguntas chave descritas acima ficou, então da seguinte maneira.

Pesquisa sobre a utilização das ferramentas Lean em indústrias Engineering to Order

*Obrigatório

1. Quais ferramentas Lean foram implementadas em sua fábrica até hoje? *

Marque todas que se aplicam.

- Value Stream Mapping (VSM)
- Heijunka
- Kanban
- Poka Yoke
- Kaizen
- 5S
- Gestão visual
- Design for Assembly
- Setup rápido
- Cell Design
- Total Productive Maintenance (TPM)

2. Em sua opinião, quais ferramentas Lean dariam/dão bons resultados em sua fábrica? *

Marque todas que se aplicam.

- Value Stream Mapping (VSM)
- Heijunka
- Kanban
- Poka Yoke
- Kaizen
- 5S
- Gestão Visual
- Design for Assembly
- Setup Rápido
- Cell Design
- Total Productive Maintenance (TPM)

3. Indique de 1 (Insatisfeito) a 5 (Muito satisfeito) os resultados obtidos pela implantação das ferramentas Lean (não marcar as não implementadas)

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Value Stream Mapping (VSM)	<input type="radio"/>				
Heijunka	<input type="radio"/>				
Kanban	<input type="radio"/>				
Poka Yoke	<input type="radio"/>				
Kaizen	<input type="radio"/>				
5S	<input type="radio"/>				
Gestão Visual	<input type="radio"/>				
Design for Assembly	<input type="radio"/>				
Setup Rápido	<input type="radio"/>				
Cell Design	<input type="radio"/>				
Total Productive Maintenance (TPM)	<input type="radio"/>				

Este questionário foi desenvolvido com o propósito de atacar as quatro perguntas secundárias listadas acima que tentam, juntas, responder a pergunta chave do trabalho, pensado para ser fácil e entendível com a finalidade de que todas as respostas dadas pelo entrevistado sejam concisas e corretas.

Uma vantagem deste tipo de questionário é ser simples e compacto, com obtenção de dados prática e limpa, deste modo, as respostas adquiridas aqui serão claras e poderão ser trabalhadas e analisadas tanto individualmente como juntas, além de poder-se analisar uma a uma cada ferramenta nos três âmbitos de perguntas feitas.

4.3 RESULTADOS DA PESQUISA

Esta seção tem a finalidade de tabular e exibir todos os resultados obtidos através da pesquisa juntamente com comentários e análises feitas pelo autor.

Inicialmente, observou-se as respostas do questionário, analisou-se uma a uma, primeiramente separando-as por pergunta e em seguida por ferramentas Lean listadas.

Primeiramente observa-se a primeira questão, tabela 5, que diz respeito às ferramentas Lean implementadas na fábrica pesquisada, ela mostra o nível que o setor se encontra a respeito das práticas Lean aplicáveis, uma alta porcentagem de ferramentas implementadas pode indicar um interesse voltado ao pensamento enxuto, logo, mostra que existe uma preocupação e uma tomada de ações para que essa indústria de produção engenheirada tenha esta filosofia.

Porém não necessariamente todos os testes ou ações já praticadas possuem um bom rendimento na fábrica, questão que será levantada mais adiante com o posicionamento do entrevistado diante às outras perguntas.

Tabela 5 – Respostas da 1ª pergunta

Quais ferramentas Lean foram implementadas em sua fábrica até hoje?	
Value Stream Mapping (VSM)	Sim
Heijunka	X
Kanban	Sim
Poka Yoke	X
Kaizen	Sim
5 S	Sim
Gestão visual	Sim
Design for Assembly	Sim
Setup rápido	Sim
Cell Design	x
Total Productive Maintenance (TPM)	Sim

Fonte: Próprio autor

Pode-se notar que grande parte das ferramentas listadas estão sendo ou já foram usadas dentro desta fábrica, 73% delas, como o gráfico 1 indica, isso demonstra um real interesse de introduzir os conceitos Lean Manufacturing nesta fábrica.

Analisando-se os dados da tabela 5, já consegue-se ter ideia das características e particularidades deste tipo de indústria que não condizem com o Lean Manufacturing tradicional.

A ferramenta Heijunka de nivelamento da produção estabelece o mix de produtos produzidos em um dia de fabricação, e este período de tempo pode se estender dependendo da real necessidade e capacidade de produção de uma fábrica, porém é de extrema importância para a viabilidade desta ferramenta que sua produção seja pouco variável durante o tempo, ou seja, seus produtos finais, assim como suas partes pré-montagem sejam sempre idênticas, não importando quantos produtos esta mesma empresa tenha no seu portfólio, sempre visando a demanda do mercado.

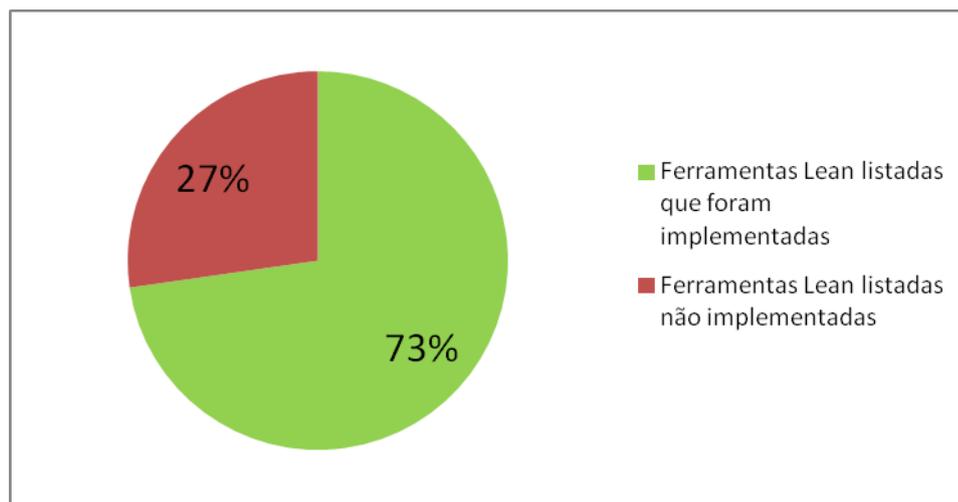
Neste quesito, uma indústria de transformadores de alta e média tensão personalizados dependendo das necessidades e vontades do cliente não possui o perfil para a implementação deste tipo de ferramenta. Nesta fábrica toda a produção está planejada após a consolidação da venda do produto final ao cliente, tornando a previsão da produção futura incerta e imprecisa ao ponto de não conseguir padronizar o seu portfólio, por fim, sem uma lista de produtos e fabricação consolidada, o Heijunka se torna algo fora de contexto para linhas de produção ETO.

O Poka Yoke é uma ferramenta muito prática em operações onde o processo e as peças que o compõem são padronizados, por exemplo existir apenas um tamanho de chave de boca em certo posto de trabalho pois lá sempre irão dar torque em parafusos do mesmo tamanho da chave de boca, portanto, se tratando de uma indústria onde grande parte dos processos é realizado manualmente e até as pequenas peças que compõem partes maiores variam de tamanho e encaixe dependendo do produto, não existe uma grande facilidade e fluidez em um instrumento como o Poka Yoke. Lógico que não necessariamente todos os processos são tão variáveis assim e ela pode ter grande valia em algumas áreas se aplicada corretamente.

Por fim o Cell Design, que é uma das premissas do pensamento enxuto, também não se encontra implementado, isso se deve ao espaço físico e à grande mobilidade e adaptações que tem de se fazer em uma fábrica que produza produtos tão grandes e detalhados assim.

Apesar de ser uma linha de produção que tenta permanecer organizada por células de trabalho, estas mesmas células se modificam e alternam entre si para melhor atender à demanda e às especificidades de cada transformador produzido, isso gera também uma alta demanda de pontes rolantes realizando o transporte do produto. Talvez em uma indústria ETO de peças mais compactas esta ferramenta seria uma grande aliada ao desenvolvimento desta cultura do pensamento enxuto.

Gráfico 1 – Porcentagem de implementações cobertas pela pesquisa



Fonte: Próprio autor

A próxima pergunta foi quais ferramentas Lean dariam/ dão bons resultados em uma indústria ETO na opinião do entrevistado, com isso pode-se identificar as ferramentas Lean

que, quando aplicadas, rapidamente dão retorno prático e visível dentro de uma indústria deste tipo.

Na tabela 6 as respostas do entrevistado indicam positivo para 6 ferramentas listadas, todas elas já implementadas.

Percebe-se destes dados que nem todas as ferramentas Lean já implementadas na fábrica dão resultados bons.

Tabela 6 – Ferramentas Lean de alto retorno

Em sua opinião, quais ferramentas Lean dariam/dão bons resultados em sua fábrica?	
Value Stream Mapping (VSM)	sim
Heijunka	x
Kanban	sim
Poka Yoke	x
Kaizen	sim
5 S	sim
Gestão visual	sim
Design for Assembly	x
Setup rápido	x
Cell Design	x
Total Productive Maintenance (TPM)	sim

Fonte: Próprio autor

Da junção das duas questões anteriores também se obtêm pontos cruciais para o trabalho, como se pode ver, existem ferramentas que foram implementadas e avaliadas como fontes sólidas de resultados e outras que, apesar de introduzidas na manufatura, não dão bons resultados necessariamente. Outro ponto importante é a avaliação das três ferramentas não introduzidas, segundo o entrevistado ele não vê a capacidade delas serem fontes de resultados, isso indica a preferência de não aderi-las às demais e embasa o discurso de não aplicabilidade de tais ferramentas neste setor.

Ainda analisando as duas questões unidas projeta-se o gráfico 2 oriundo da tabela 7, levando em conta as respostas pode-se realizar a primeira separação de cada ferramenta em categorias sólidas buscando o objetivo deste trabalho, as categorias escolhidas foram “projeção boa”, “projeção média” e “projeção ruim”.

Com isso, se dá início ao esclarecimento das dúvidas inicialmente propostas e auxilia-se a continuidade do trabalho para a próxima questão.

Tabela 7 – Projeção de cada ferramenta em consideração às primeiras respostas

	Implementadas	dariam/ dão bons resultados	Projeção
Value Stream Mapping (VSM)	sim	sim	boa
Heijunka	x	x	ruim
Kanban	sim	sim	boa
Poka Yoke	x	x	ruim
Kaizen	sim	sim	boa
5 S	sim	sim	boa
Gestão visual	sim	sim	boa
Design for Assembly	sim	x	média
Setup rápido	sim	x	média
Cell Design	x	x	ruim
Total Productive Maintenance (TPM)	sim	sim	boa

Fonte Próprio autor

Como pode-se perceber, além das já comentadas ferramentas que não foram implementadas nem bem avaliadas, cuja projeção foi ruim, ainda aparecem como não tão promissoras as ferramentas “Design for Assembly” e “Setup rápido” que ficaram em uma projeção mediana pelo aspecto de não serem enfáticas quanto aos resultados apresentados. As seis outras se projetam muito bem, por enquanto, pois além de já terem sido testadas na fábrica em questão, seus resultados, segundo o entrevistado, tiveram um bom desempenho e se destacam das demais por conta desses aspectos.

Avaliando-se os possíveis resultados gerados pelo Design for Assembly se nota em um primeiro momento que qualquer alteração no projeto e design do produto, em uma indústria ETO, sempre passa pela área de engenharia que é a porta de entrada do pedido do cliente. Possíveis padronizações no produto ajudariam a localizar os pontos onde esta ferramenta poderia ser utilizada, o que não se passa aqui.

Qualquer demanda do cliente terá de ser atendida pela engenharia e cabe à mesma transformar esta necessidade em algo físico, portanto pode ser considerado um trabalho árduo e complexo pensar, de produto a produto, um modo prático e Lean de confeccionar e montar as diversas partes do transformador.

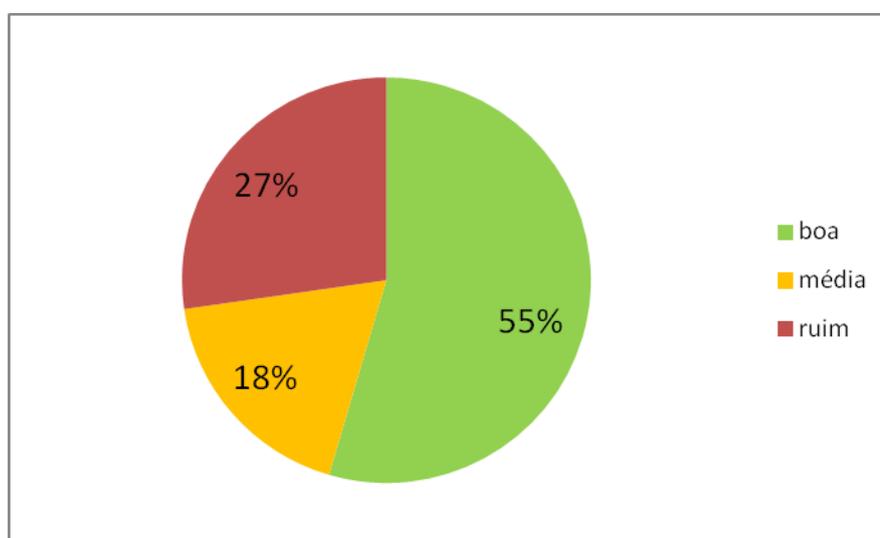
Entende-se que o Design for Assembly, neste tipo de indústria, não compete apenas ao Manufacturing, isto é, vai além da área de produção o raio de ação desta ferramenta em uma

base de demanda, por isso a avaliação dela vista por alguém que gerencia apenas a produção seja muito básica pela complexidade de implantação dela.

Já o caso do Setup rápido pode ser entendido pelos longos lead times que a própria confecção de um transformador, a parte que realmente agrega valor ao produto final do cliente, enfrenta.

Fica clara a necessidade de diferentes setups constantes em uma fábrica assim, pela grande variação que ela passa de venda a venda, variação essa que leva consigo diferentes arranjos de maquinário e processos. Com isso explanado, se torna óbvia a necessidade de algo que minimize o desperdício gerado, mas com certeza o modo de realizar esta implementação não deve ser pensado do mesmo modo de produções seriadas, e é aí que se unem os longos períodos despendidos na fabricação de um transformador e a significativa diferença entre a noção de Setups rápidos que consegue explicar o baixo desempenho de resultados obtidos por esta ferramenta.

Gráfico 2 – Projeção de aplicabilidade das ferramentas listadas



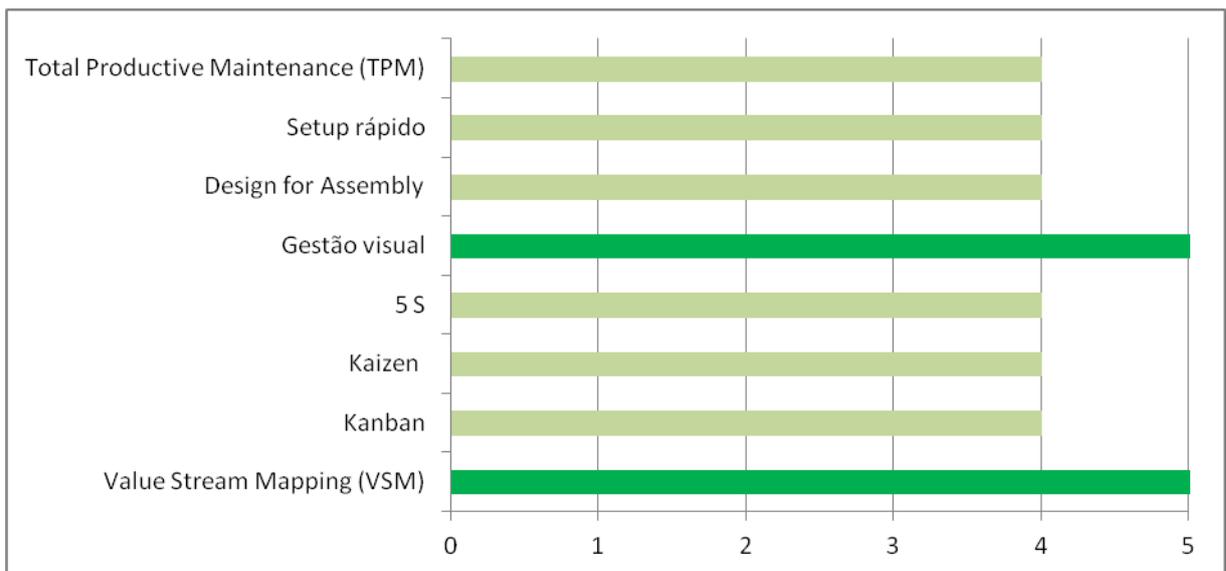
Fonte: Próprio autor

Por último foi questionada a satisfação do entrevistado com a implementação e os resultados obtidos das ferramentas de 1(insatisfeito) à 5(muito satisfeito), aqui tenta-se dividi-las entre suas categorias já encontradas pelos itens anteriores, levando o entrevistado à pensar nas ferramentas considerando dificuldade e complexidade de implantação e o resultado, seja ele bom ou ruim, gerado.

A matriz gerada de Esforço X Benefício da série de questões feitas tenta, de um modo macro, organizar e posicionar as ferramentas Lean que são satisfatoriamente aplicáveis em uma indústria ETO, fechando assim o conjunto de perguntas secundárias e elucidando a pergunta chave do trabalho proposto.

O gráfico 3 apresenta os resultados obtidos da terceira e última questão, nela nota-se que, em um contexto geral, todas as ferramentas introduzidas na fábrica pesquisada apresentam grande satisfação por parte do entrevistado, inclusive ferramentas que foram categorizadas com projeção média estão com valores elevados, tendo em vista a avaliação de que não dão bons resultados. Isso se deve ao fato de que o modo básico que foram implantadas na fábrica não gera um esforço grande o bastante para se esperar um resultado de grande magnitude, tornando sua nota de satisfação em um nível bom.

Gráfico 3 – Grau de satisfação das ferramentas implementadas



Fonte: Próprio autor

5 DISCUSSÃO

O presente estudo revelou a as opiniões e pontos de vista de um gerente de fábrica com produção Engineer to Order em relação às ferramentas do Lean Manufacturing listadas, primeiro o autor realizou uma análise pontual de algumas ferramentas que não foram bem avaliadas pelo entrevistado, explicando e embasando estas respostas expondo algumas particularidades e diferenças deste tipo de indústria em contraposto de uma indústria de produção seriada.

Por fim, toma-se em consideração os dados gerados por todo o questionário e categoriza-se em quatro níveis, oriundos do gráfico 4, as ferramentas Lean exploradas pro este presente trabalho, com isso consegue-se analisar as ferramentas em grupos macros em nível de aplicabilidade e, posteriormente, atacá-las uma a uma expondo também as precauções e estudos prévios à implementação das mesmas. Os níveis são:

- “ALTA APLICABILIDADE”
- “APLICÁVEIS”
- “APLICABILIDADE RESTRITA”
- “BAIXA APLICABILIDADE”

O gráfico 4 mostra a numeração de 1 a 5 que diz respeito à performance da ferramenta avaliada pelo entrevistador, levando em consideração a dificuldade e de aplicá-la e o resultado esperado, sendo 1 uma insatisfação pelo resultado entregue e 5 uma grande satisfação pelo resultado entregue independente da dificuldade encontrada na implementação.

Já o eixo das abcissas que vai de 0 a 2 categoriza a projeção das ferramentas tendo em vista a atual situação enfrentada pela fábrica assim como os resultados obtidos por cada uma.

Para se dar números quantitativos à análise previamente feita qualitativamente de projeção (“BOM”, “MÉDIO”, ”RUIM”), montou-se a seguinte classificação:

- Boa = 2
- Média = 1
- Ruim = 0

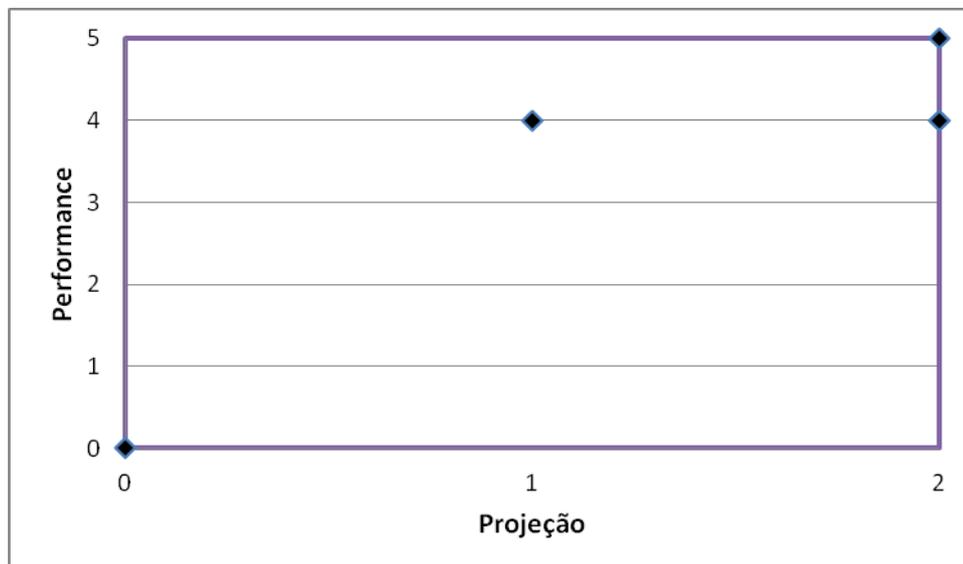
O cruzamento dos dados vindos de cada uma das classificações aparece melhor explicado na tabela 8.

Tabela 8 – Projeção e performance

	projeção	performance
Value Stream Mapping (VSM)	2	5
Heijunka	0	0
Kanban	2	4
Poka Yoke	0	0
Kaizen	2	4
5 S	2	4
Gestão visual	2	5
Design for Assembly	1	4
Setup rápido	1	4
Cell Design	0	0
Total Productive Maintenance (TPM)	2	4

Fonte: Próprio autor

Gráfico 4 – Dispersão das ferramentas Lean em PERFORMANCE X PROJEÇÃO



Fonte: Próprio autor

As ferramentas classificadas como “ALTA APLICABILIDADE” são aquelas que possuem nota 2 de projeção, ou seja uma boa projeção, e de nota 5 de performance, máxima, são elas o VSM e a Gestão visual.

Elas renderam nota máxima nos dois quesitos pelo fato de serem ações primárias à se tomar para a introdução da filosofia Lean no ambiente de trabalho, o VSM realizando a varredura e expondo os pontos de desperdício em qualquer atividade ou processo realizado e a Gestão visual tornando estes pontos visíveis dentro da fábrica e também padronizando certas operações.

Posicionadas como “APLICÁVEIS” ficaram aquelas que não atingiram máxima performance, porém possuem uma boa projeção de aplicabilidade, sendo elas o Kanban, Kaizen, 5 S e o TPM. São ferramentas que, apesar de promissoras em qualquer indústria ETO, são mais trabalhosas de se implementar porém continuam dando os excelentes resultados esperados.

O Kanban pode ser introduzido em pequenos processos padronizados que existem em produtos engenheirados, porém detalhar e pensar num modo de não conflitar com as peças não padronizadas é um desafio superior à uma fábrica onde a produção em série é característica.

5 S é o senso de organização e limpeza, portanto essencial quando o assunto é o pensamento enxuto, pode-se dizer que o transformador possui muitas peças grandes e complexas ao longo de uma grande cadeia de processos, essa dificuldade de movimentar e armazenar partes gera certa dificuldade no começo da implantação desta prática, porém, como ela mesma ensina, a continuidade e aperfeiçoamento constante tornam sua renovação muito mais simplificada.

O Kaizen consegue ser aplicado em diversas áreas da indústria, porém seu objetivo de ser uma ação rápida tomada pela observação e estudo de algum processo pode interferir e dificultar sua implementação neste tipo de fábrica, já que são poucas as respostas rápidas que se encontram para eliminar desperdícios neste tipo de operação ETO. Com o tempo a divulgação das práticas excelentes devem ser amplamente divulgadas, tornando esta ferramenta mais eficaz e elevando seu nível de aplicabilidade.

Por fim o TPM não possui nível máximo de performance pela particularidade de uma fábrica deste tipo não possuir tantas máquinas de grande porte, sua produção quase que exclusivamente manual torna esta ferramenta, por muitas vezes, não praticável em certos processos, porém a eficácia é a mesma de qualquer fábrica quando aplicada no maquinário.

Com “APLICABILIDADE RESTRITA” ficaram as práticas que mostraram boa performance, porém com resultados não satisfatórios ao ponto de vista do entrevistado, sendo elas Design for Assembly e Setup rápido.

Como explorado acima, essas ferramentas não podem ser implementadas neste tipo de indústria sem antes passarem por uma reformulação pensada em atender e englobar todas as necessidades que a produção de um produto engenheirado requer, por este motivo a aplicabilidade se restringe em renová-las e trazê-las para um ambiente de ETO.

A complexidade de desenhar um tipo de peça padrão é muito grande, envolvendo diversas áreas antes de entrar na fábrica, a peça muda conforme o cliente muda e o lead time extenso, derivado da produção manual de peças e transporte complicado, geram este tipo de restrição.

Em último caso, estão listadas as ferramentas que não foram nem implementadas e nem avaliadas como práticas de alto retorno para a indústria de transformadores pesquisada, classificadas como “BAIXA APLICABILIDADE”.

Não se descarta totalmente a aplicabilidade de tais ferramentas como o Poka Yoke e o Cell Design por se tratarem de ferramentas multifuncionais que, ainda assim, possam ter seu valor em outras operações ETO de diferentes produtos e tamanhos.

Como explicado acima, mais uma vez as ferramentas comumente encontradas em uma produção seriada, de peças padronizadas e sequenciais se deparam com as limitações imposições que se encontra em uma fábrica de produtos engenheirados. Porém outros exemplos, como o Kanban, mostram que existe espaço para o estudo e adaptações de práticas.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se do trabalho algumas categorizações macro e aplicabilidades das ferramentas Lean que se seguem, sempre destacando a eventual dificuldade que pode-se encontrar ao implementarem estas práticas em uma indústria ETO.

Principalmente em indústrias de volumosas peças engenheiradas como a que se estudou aqui, a maior barreira se encontra na falta de padronização que se tem na produção e nas peças, sendo a padronização o principal ponto de partida da consolidação do Lean em qualquer fábrica, se tornam de difícil aplicabilidade ferramentas como o Heijunka, o Poka Yoke, podendo ainda ter maior impacto para níveis mais abaixo do que o gerencial, e o Cell Design pela constante mudança das células de trabalho dependendo do transformador produzido. Esta barreira concede à eles o nível de aplicabilidade baixa, onde o modo que se faz hoje em dia teria de ser repensado para tonar suas práticas viáveis.

No caso das ferramentas que suas aplicabilidades foram categorizadas como restrita se encontram o Design for Assembly e Setup rápido, pode-se dizer que elas apresentam alguns obstáculos pelo fato de não terem a mesma assertividade de uma produção seriada, pelo fato das especificidades de indústrias ETO não serem atendidas por completo quando implementadas, porém com certo estudo e prática elas podem se transformar em grandes aliadas desta indústria. Destaca-se também que a verba e o tempo gasto para adequar a fábrica à essas práticas são altos, portanto pode-se dizer que seriam práticas de alto esforço de implementação com projeção de ganhos para médio à longo prazo dependendo também da área útil que se tem para colocá-las em prática.

As ferramentas simplesmente aplicáveis se mostraram como boas práticas Lean vindas do sistema seriado, são elas o Kanban, Kaizen, 5 S e o TPM, práticas que eliminam desperdícios básicos do Lean e também têm ampla utilização em ambientes que não são engenheirados, porém foi notado pelo entrevistado certa dificuldade em suas implementações, não afetando os bons resultados que trouxeram.

Talvez o resultado de suas implementações sejam diferenciais maiores para quem está mais próximo do processo, para uma visão de cima, macro, estas ferramentas podem não mostrar sua real valia no dia a dia da fábrica, em um primeiro momento.

Já o SFM e a Gestão visual foram avaliadas como altamente aplicáveis pelo motivo das mesmas mostrarem em um primeiro momento os desperdícios que antes não conseguiam ser vistos neste tipo de fábrica, eles mapeiam e indicam estes pontos e são usadas para acompanhar a eliminação ou mitigação dos mesmos, logo, são amplamente e continuamente utilizadas por todos os processos. Suas implementações foram categorizadas como excelente perto dos resultados que dão à fábrica dia a dia.

É importante destacar que este é um estudo realizado em uma indústria com muitas limitações, apesar do pensamento enxuto sempre trabalhá-las e mitigá-las, elas ainda se destacam sobre as ferramentas por estas ainda não serem moldadas totalmente para este tipo de produção, por isso o avanço de pesquisas assim em indústrias que utilizam o mesmo sistema de produção, porém de diferentes produtos, viria por complementar e dar mais base para tornar as práticas Lean atualmente feitas para produções seriadas, moldadas e padronizadas para este tipo de indústria.

A pesquisa com níveis hierárquicos mais próximos à fábrica com ferramentas como o Poka Yoke e o 5 S também poderiam dar uma outra visão da aplicabilidade, vistos de alguém próximo ao processo.

REFERÊNCIAS

BARTOLI, I. **Manufatura Enxuta voltada para indústrias siderúrgicas que utilizam sistemas de produção sob encomenda** : um estudo de caso de uma empresa siderúrgica nacional. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica – Área de Concentração de Produção) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010

FREITAS, W.; JABBOUR, C. O estudo de caso(s) como estratégia de pesquisa qualitativa: fundamentos, roteiro de aplicação e pressupostos de excelência. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Carlos. **Anais ...** São Carlos: [s.n.], 2010. p. 02-14.

GERHARDT, T.; SILVEIRA, D. **Métodos de pesquisa**. Rio Grande do Sul: UFRG, 2009

MARCOS, J. **Lean Manufacturing**: ferramentas e aplicações em processos produtivos e transacionais. Limeira: LIAG, 2011

NOGUEIRA, D.; ALVES, D. **Transformadores de potência** – Teoria e Aplicação. Rio de Janeiro: Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009

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

REZENDE, D.; SILVA, J.; MIRANDA, S. & BARROS, A.; **Lean Manufacturing**: redução de desperdícios e a padronização do processo. Resende: Faculdade de engenharia de Resende, 2013

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. **Case research in operations management**. International Journal Of Operations & Production Management, v. 22, n. 2, 2002, p. 195- 219

WOMACK, J.P.; JONES D.T. **Mentalidade Enxuta nas empresas**: Lean Thinking. 4.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004a.

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

YIN, R.K. **Estudo de Caso**: Planejamento e Métodos. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.