



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

LETÍCIA SILVEIRA DE MATOS

**MAPEAMENTO DO FLUXO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA
INDÚSTRIA DE MICROFUSÃO, VISANDO OTIMIZAR O TEMPO DE ENTREGA**

Palhoça

2018

LETÍCIA SILVEIRA DE MATOS

**MAPEAMENTO DO FLUXO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE
MICROFUSÃO, VISANDO OTIMIZAR O TEMPO DE ENTREGA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Produção da Universidade do Sul de Santa
Catarina como requisito parcial à obtenção
do título de bacharel em Engenharia de
Produção.

Orientador: Prof. Valnei Carlos Denardin, MSc.

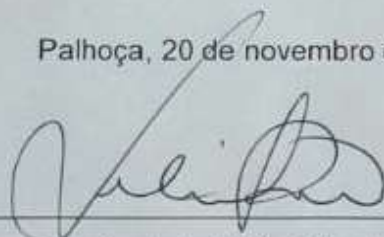
Palhoça
2018

LETÍCIA SILVEIRA DE MATOS

**MAPEAMENTO DO FLUXO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE
MICROFUSÃO, VISANDO OTIMIZAR O TEMPO DE ENTREGA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro de Produção e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia de Produção da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 20 de novembro de 2018.



Professor e orientador Valnei Carlos Denardin, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Paulo Roberto May, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Silvio Jorge Machado, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais que sempre me deram tudo de que eu precisava, sem medir esforços para tal êxito.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu forças e alegria para continuar na caminhada nestes anos da graduação e em especial na elaboração deste trabalho.

Aos meus amados pais que sempre me apoiaram e estiveram comigo em todas as horas. Por todos os valores e ensinamentos que me tornaram a pessoa que sou, por toda a dedicação e carinho dispendido a mim.

Ao meu amado e companheiro Johni, que nunca se negou a me ajudar nas dificuldades, obrigada por me levantar quando para mim parecia impossível, por ter meu auxiliado incansavelmente na elaboração deste trabalho e principalmente a me fazer feliz sem medir esforços.

Aos meus amigos, em especial Diego e Samuel que sempre estiveram comigo, desde o início do curso, obrigada pela amizade que levarei pelo resto de minha vida, por terem me apoiado em todas as dificuldades.

Ao meu querido Orientador Valnei Denardin, obrigada por todos os ensinamentos que obtive com o senhor, não só acadêmicos mas de valores pessoais. O senhor sempre com um sorriso no rosto e seu bom humor maravilhoso, levarei isto para sempre.

Enfim, agradeço a UNISUL, ao governo federal pela bolsa integral do PROUNI, sem ela não teria chegado até aqui, a todos os professores e a todos que fizeram parte do meu percurso na graduação.

RESUMO

Esse trabalho consiste em um estudo de caso, com ênfase no alto índice de atraso de entregas dos lotes de produtos para clientes, devido à falta de conhecimento dos tempos de produção nos processos. Foram mapeados os fluxos de produção, visando a identificação de pontos críticos e melhoria de tempos de entrega. Técnicas de aprendizado de máquina e ferramentas de classificação ABC serão utilizadas, visando a comparação de dados de faturamento, tempos de processo de injeção, e, aprovação de peças de uma empresa do ramo de fundição de precisão. Com base nos resultados alcançados, conclui-se que é possível realizar melhorias no setor de injeção, melhorando os tempos de entrega dos produtos, assim como reduzir custos e aprimorar a imagem da empresa.

Palavras-chave: Curva ABC. Aprendizado de Máquina. Processo de Produção. Fundição de Precisão.

ABSTRACT

This work consists on a case study focusing on high product batches delivery delay indexes, due to lack of knowledge on processes production times. Aiming critical points identification and delivery times improvements, the production flows will be mapped. Machine learning and ABC analysis techniques will be used, addressing revenues data, injection process time, and, parts approval comparison in an investment casting company. The results conclude that there is room for improvements the injection sector, enhancing product delivery times, as well as reducing costs and improving public perception.

Keywords: ABC Analysis; Machine Learning. Production Process. Investment Casting.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Os oito desperdícios de produção.....	19
Quadro 2 - Objetivo das empresas.....	24
Quadro 3 - Dimensões da qualidade total e significados	25
Quadro 4 - Tratamento de dados do faturamento de vendas por código de peça	38
Quadro 5 - Tratamento de dados de tempos de produção da injeção	39
Quadro 6 - coeficientes de variação do índice de aprovação das peças da injeção .	40
Quadro 7 - Classificação ABC dos códigos pelo faturamento	44
Quadro 8 - Análise dos dados de tempos de produção versus faturamento	45
Quadro 9 - Análise dos dados do cruzamento do quadro de faturamento versus índice de aprovação de peças	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide com os 14 princípios do Sistema de produção Enxuta.	16
Figura 2 - Componentes da qualidade total	26
Figura 3 - Fluxograma do desenvolvimento do trabalho	37
Figura 4 - Macroprocesso produtivo	41
Figura 5 - Mapeamento do processo do código 11280	42
Figura 6 - Mapeamento do processo do código 1383	43

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

5S - *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*

IA - Inteligência Artificial

ID - Índice de disponibilidade da máquina

IE - Índice de eficiência da máquina

IQ - Índice de qualidade da máquina

JIT - *Just-In-Time* – Na hora certa

OEE - *Overall Equipment Effectiveness* - eficácia geral do equipamento

PCP - Planejamento e Controle da Produção

QFD - *Quality Function Deployment* – Desdobramento da Função Qualidade

STP - Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA	11
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
1.3	LIMITAÇÕES	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1.	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO OU PRODUÇÃO ENXUTA	15
2.2.	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR.....	21
2.3.	GESTÃO DA QUALIDADE	23
2.4	FERRAMENTAS DA QUALIDADE	27
2.4.1	Classificação ABC.....	27
2.4.2	Ciclo PDCA	27
2.4.3	<i>Overall Equipment Effectiveness - OEE</i>	28
2.4.4	<i>Poka Yoke</i>.....	29
2.5	PROCESSO PRODUTIVO	29
2.6	ARRANJO FÍSICO E FLUXO DO PROCESSO.....	31
2.7	MÉTODO KANBAN	32
2.8	<i>MACHINE LEARNING</i>	34
3.	METODOLOGIA	36
4.	COLETA DE DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	38
4.1.	TRATAMENTO DE DADOS DO FATURAMENTO DE VENDAS POR CÓDIGO DE PEÇA DE ACORDO COM A CLASSIFICAÇÃO ABC NA RELAÇÃO 50/30/20 DO SEU FATURAMENTO.....	43
4.2.	TRATAMENTO DE DADOS DOS TEMPOS DE PRODUÇÃO	45
4.3.	ANÁLISE DOS DADOS DO CRUZAMENTO DA TABELA DE FATURAMENTO VERSUS ÍNDICE DE APROVAÇÃO DE PEÇAS	46
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
5.1	TRABALHOS FUTUROS.....	50
	REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Já está comprovada a fundição de metais, pelo método de microfusão, pelos egípcios a aproximadamente 4.000 anos A.C. Artefatos microfundidos foram encontrados na região Mesopotâmica, Grécia e no continente americano, principalmente na época pré-colombiana, onde as civilizações Mayas, Aztecas e Incas, já possuíam jóias, estátuas e artefatos diversos em metal feitos pelo processo de microfusão (cera perdida ou *investment casting*). No período da Segunda Grande Guerra Mundial, os alemães utilizaram este processo massivamente na fabricação de peças para armamentos, pois a precisão dimensional obtida pelo processo de microfusão é superior a fundição convencional. (Cecomatec, 2017)

Descrever em números o segmento de microfusão pode dar uma falsa ideia da importância desse segmento, principalmente ao compará-lo com o mercado de fundição como um todo. Enquanto o mercado brasileiro tem por volta de 1.300 empresas, neste segmento encontramos 25 a 30 empresas. Porém, é importante ressaltar o valor agregado de uma peça microfundida comparado a uma peça fundida comum e o estágio tecnológico desenvolvido, permitindo a exportação de mais da metade de sua produção. (Abifa, 2008)

A América do Norte se mantém como o maior produtor de fundidos de precisão, sendo responsável por 37 % do total de vendas mundial. O levantamento atual das vendas mostra a distribuição do setor, subdividida em fundidos de alto valor agregado, indústria automotiva e outros mercados. O setor de fundição de precisão no Brasil apresentou crescimento nos últimos 10 anos, praticamente triplicando o número de empresas e conta atualmente com aproximadamente 30 empresas, localizadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Em 2007, o Brasil produziu entre 8 a 9 mil toneladas de peças fundidas por fundição de precisão, versus 3 milhões de toneladas de produtos fundidos. Os dados estatísticos mundiais a respeito das indústrias de fundição de precisão são positivos e mostram a importância do investimento em tecnologia como diferencial dos países que têm se destacado em componentes microfundidos. (Abifa, 2010)

1.1 JUSTIFICATIVA

Numa crescente busca pela qualidade e excelência em seus produtos, indústrias de pequeno, médio e grande porte almejam melhorias em seus processos

de produção e redução de custos, para produzirem mais, com menos recursos e falhas. Esse é o caminho que traçam a maioria das empresas que querem e necessitam crescer diante da competitividade por clientes no mercado. Porém, produzir mais produtos com o mínimo de recursos e com baixo índice de falhas, não é tão simples. Conhecer os seus gargalos, buscando a identificação de oportunidades de melhorias no gerenciamento de seus processos para atender os requisitos dos clientes, como redução no tempo de entrega de produtos, sendo estes possíveis pontos de falhas que uma empresa pode apresentar.

De acordo com Salgado et al, (2009) o mercado passa por transformações que exigem um contexto dinâmico para as organizações e, em especial, na indústria brasileira, os produtos têm que competir em preço e qualidade com similares estrangeiros, sejam oriundos de países com elevado nível de desenvolvimento tecnológico quanto de países onde os custos de fabricação estão num patamar bem mais baixo. Este cenário representa para as empresas uma nova realidade forçando-as a desenvolver continuamente novas tecnologias e produtos visando a redução de custos, do tempo de desenvolvimento de produtos, das não conformidades, e se possível, a ampliação de mercado.

Em uma indústria, um produto passa por muitos processos dentro da fábrica, desde a compra da matéria prima para fabricá-lo, sua passagem pelos processos, estoque e por fim a entrega ao cliente. Nesse percurso, existem muitas oportunidades de o que foi planejado não se cumprir, principalmente a entrega no prazo. Assim, dentro da fábrica é necessário estar com a organização do layout que facilite os fluxos, acompanhamento do produto em cada processo, aplicação de ferramentas adequadas e metodologias de trabalho bem definidas.

Segundo Ana, Andreas e Janis (2012) em uma empresa fabricante de equipamentos agrícolas o principal problema encontrado foi o alto *lead-time*, que provocou diversos atrasos na entrega de produtos, o que cria uma cultura negativa entre os departamentos de vendas e produção: “não se vende porque não possui capacidade de produzir” ou “não se produz mais porque não se vende”. Se formos analisar as observações descritas pelas autoras percebemos que o alto *lead-time* reconhecido como principal problema, está inserido entre os 7 desperdícios de produção reconhecidos pelo Sistema Toyota de produção, utilizando-se de

metodologias como o *just-in-time*, *kanban*, *lean manufacturing* e *heijunka* para se alcançar êxito no objetivo.

Para se alcançar o sucesso e obter um processo JIT, segundo Liker (2005) algumas ferramentas são comuns a todos os tipos de empresa, como o programa 5S; a melhoria contínua na busca da simplificação das atividades e tarefas componentes de um processo; o balanceamento da produção para que se alcance o fluxo contínuo de materiais; mudanças de leiaute para que se consiga reduzir o número de pessoas e a movimentação destas; criação de “supermercados” de material em processo em diferentes locais, visando à redução de inventários e buscar a flexibilização da produção para diminuir os lotes e ter uma produção mista.

Assim, este trabalho de conclusão de curso utilizou uma empresa como estudo de caso, seu campo de atuação é na área de microfusão com precisão. O trabalho teve como enfoque a problemática do alto índice de atraso de entregas dos lotes de produtos para os clientes, onde há a falta de conhecimento dos tempos de produção nos processos, padronização do trabalho, definição das capacidades e falta de gerenciamento dos pedidos, definidos como gargalos da empresa. Para tentarmos propor melhorias e redução destes problemas, foram utilizadas as ferramentas de qualidade e do Sistema Toyota de Produção. Com a aplicação de ferramentas da qualidade e adequação ao sistema toyota de produção, será possível reduzir as falhas no processo e ajustar o tempo de entrega dos produtos?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Mapear o fluxo dos processos de produção, visando a identificação dos gargalos e otimização do tempo de entrega.

1.2.2 Objetivos específicos

- Efetuar o levantamento dos processos de produção;
- Classificar os processos pelo princípio de Pareto;
- Identificar os gargalos dos processos de produção;
- Obter indicadores de produção.

1.3 LIMITAÇÕES

Só serão apresentados no presente trabalho os itens da classificação A da curva ABC e dos quais os dois primeiros serão os que receberam um análise mais aprofundada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na fundamentação teórica a seguir foram abordados tópicos referentes ao processo produtivo, seus conceitos, metodologias e ferramentas necessárias para análise e indicação de melhorias para o trabalho.

Dentre os assuntos de relevância como o sistema toyota de produção e seus ensinamentos para o mundo ocidental, conceitos de mapeamento do fluxo de valor, a gestão da qualidade e suas ferramentas essenciais a análise de processos, teoria sobre processo produtivo, o arranjo físico de uma fábrica e seu fluxo de processo e o kanban como ferramenta de melhoria, serão referenciados neste trabalho. E por fim, noções de *machine learning* que será utilizado para alcançar os dados dos resultados desejados.

2.1. SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO OU PRODUÇÃO ENXUTA

A referência internacional em produção enxuta é a montadora de automóveis Toyota, que criou o seu próprio sistema de produção. Esse sistema de produção levou a empresa a resultados muito superiores aos obtidos pelas montadoras norte-americanas e europeias, que adotavam naquela época o tradicional sistema de produção em massa. Hoje, montadoras como a Ford, GM, Chrysler e outras empresas de outras áreas, como metalurgia, aeroespacial e bens de consumo, criaram sistemas de produção similares aos da Toyota. (Martins, 2015)

O termo “enxuta”, do inglês “*lean*”, foi definido por John Krafcik, do Massachusetts Institute of Technology, em meados de 1980, para descrever as técnicas do sistema de produção, o sistema de trabalho e a política de recursos humanos do STP (WOMACK, 2006).

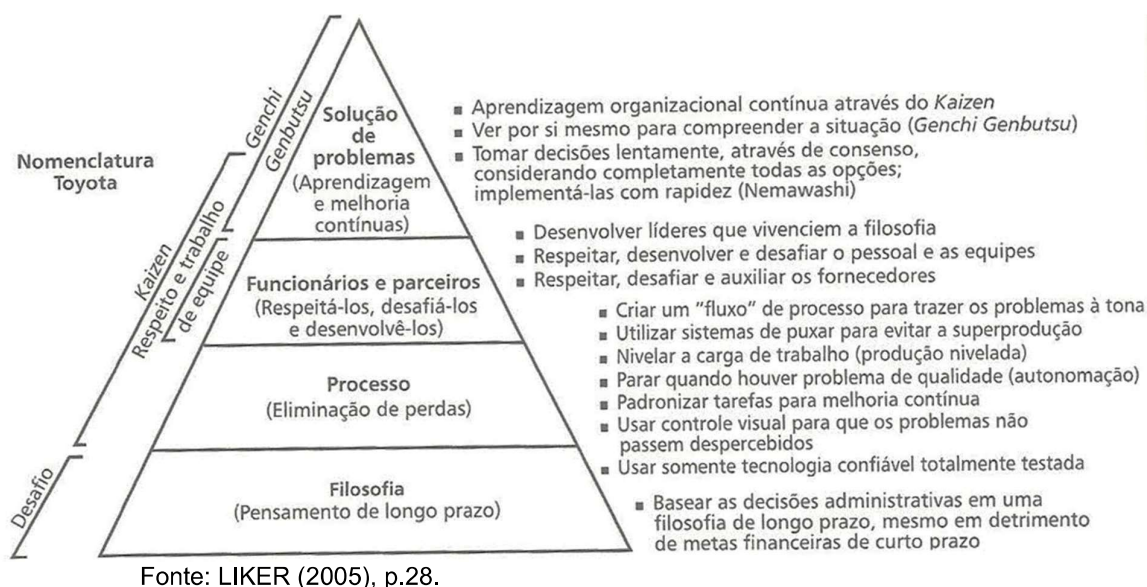
No sistema de produção enxuto, utilizam-se diversas ferramentas e técnicas, como kanban, círculos da qualidade, QFD, células de trabalho ou de produção, entre outras, de forma integrada permitindo, como no caso da Toyota, que sua produção seja extremamente flexível e adaptável, apesar de suas especificações rígidas de produto, fluxo de material e de atividades de produção. (Martins, 2015)

A identificação e a mitigação de fatores de desperdício (de tempo, de atividades desnecessárias, de retrabalhos, etc.) no processo de desenvolvimento de produtos podem reduzir o lead time deste processo, podendo trazer uma vantagem

competitiva para uma organização. O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que poderia operacionalizar esta análise, pela identificação das atividades que agregam e que não agregam valor ao processo. (Salgado Et Al, 2009)

Segundo Liker (2005) o alicerce da filosofia deste Sistema baseia-se em 14 princípios que são divididos em 4 categorias: Filosofia, Processo, Pessoal/Parceiros e Solução de problemas, mostrados na figura 1.

Figura 1 - Pirâmide com os 14 princípios do Sistema de produção Enxuta.



Assim, os 14 princípios são:

- Princípio 1: As decisões administrativas devem ser tomadas em filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento das metas de curto prazo.
- Princípio 2: Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona.
- Princípio 3: Usar Sistemas Puxados para evitar a Superprodução.
- Princípio 4: Nivelar a carga de trabalho - *heijunka*
- Princípio 5: Autonomação ou Jidoka
- Princípio 6: Tarefas Padronizadas são a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários.
- Princípio 7 – Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto.
- Princípio 8 - Usar somente tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos.

- Princípio 9 – Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, vivam a filosofia e a ensinem aos outros.
- Princípio 10 – Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.
- Princípio 11 – Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar.
- Princípio 12 – Ver por si mesmo para compreender completamente a situação (Genchi Genbutsu).
- Princípio 13 – Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções; Implementá-las com rapidez.
- Princípio 14- Tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável (Hansei) e pela melhoria contínua (Kaizen).

Ao aplicar o STP, deve-se começar examinando o processo de produção a partir da perspectiva do cliente. A primeira questão no STP é sempre “o que o cliente quer com esse processo?” (tanto o cliente interno, dos próximos passos da linha de produção, quanto o cliente externo final.) Isso define valor. Pelo olhos dos clientes, você pode observar um processo e separar os passos que agregam valor dos que não o fazem. Você pode aplicar isso a qualquer processo - produção, informação ou serviço. (Liker, 2005, pg. 46)

Segundo Ohno (1997), o sistema toyota de produção tem como base absoluta a eliminação do desperdício. Os dois pilares necessários à sustentação do sistema são o just in time e a autonomação, ou seja, a automação com um toque humano.

Estes dois pilares são suportados por mais dois conceitos que estão relacionados a flexibilidade da mão-de-obra (*Shenjika*, em japonês) que significa diversificar o número de funcionários de acordo com a demanda o que os obriga a serem multifuncionais e o outro conceito é o pensamento criativo ou idéias inventivas (*Soikufu*, em japonês), capitalizado nas sugestões dos funcionários (MONDEN, 1984).

Just in time significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça esse fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero. (Ohno, 1997)

Segundo Stalk e Houd (1990, apud Corrêa, 2006, pg 39) a “competitividade com base nos tempos” já é uma realidade e que a maioria dos melhores clientes do

mercado mundial estaria disposta a pagar um prêmio para serem servidos rapidamente.

Isto significa que as empresas que conseguirem reduzir seus tempos de entrega poderão comandar preços mais altos e, ao mesmo tempo, assegurar a lealdade dos melhores e mais cobiçados clientes do mercado. (Corrêa, 2006, pg 39)

Corrêa (2006) explica que os clientes ao saberem do tempo de resposta mais curtos, eles passam a poder planejar suas compras com antecedência menor e assim, postergar suas decisões para mais perto da data que necessitam receber os bens. Auxiliando em um maior grau de certeza na decisão, pois as previsões acabam sendo de prazos mais curtas e portanto mais precisas.

Ao pensar sobre a eliminação total do desperdício, Ohno (1997) alerta para se ter em mente os seguintes pontos:

- O aumento da eficiência só faz sentido quando está associado à redução de custos. Para obter isso, temos que começar a produzir apenas aquilo que necessitamos usando um mínimo de mão-de-obra;
- Observe a eficiência de cada operador e de cada linha. Observe então os operadores como um grupo, e depois a eficiência de toda a fábrica (todas as linhas). A eficiência deve ser melhorada em cada estágio e, ao mesmo tempo, para a fábrica como um todo.

E ainda Ohno (1997) afirma que se considerarmos apenas o trabalho que é necessário como trabalho real e definirmos o resto como desperdício, a equação a seguir será verdadeira sejam considerados trabalhadores individuais ou a linha inteira:

$$\text{Capacidade atual} = \text{trabalho} + \text{desperdício}$$

De acordo com Ohno (1997) o passo preliminar para a aplicação do Sistema Toyota de Produção é identificar completamente os sete desperdícios da produção, e segundo Liker (2005) há um oitavo desperdício criado posteriormente, que estão descritos no quadro 1.

Quadro 1 - Os oito desperdícios de produção

(continua)

Superprodução	Liker (2005) explica que a superprodução é a produção de itens para os quais não há demanda, resultando em problemas como o excesso de estoque e pessoal.
Espera	A espera acontece quando funcionários servem apenas para vigiar uma máquina automática ou que ficam esperando pela próxima etapa do processamento, ou ainda pela falta de trabalho por atrasos no processamento, gargalos de capacidade.
Transporte	O desperdício por transporte é o movimento de estoque em processo por longas distâncias, criação de transporte ineficiente ou movimentação de produtos para o estoque ou entre processos.
Processamento	O superprocessamento é o desperdício ocasionado por passos desnecessários no processamento de produtos. Devido a uma ferramenta ou projeto de baixa qualidade. Porém o contrário, o excesso de qualidade comparado ao necessário, também causa perdas.
Estoque	O excesso de estoque de matéria prima, estoque em processo ou produtos acabados, causa longos lead times, custos de armazenamento e atrasos. Além disso, o estoque extra oculta problemas como o desbalanceamento da produção.
Movimento	Qualquer movimento desnecessário como procurar, pegar ferramentas ou caminhar, são considerados perdas/desperdícios.
Produtos defeituosos	O desperdício por defeito está na produção de peças defeituosas ou correção. O retrabalho, descarte ou substituição da produção significam perdas de manuseio, tempo e esforço.

(conclusão)

Criatividade dos funcionários	Na oitava definição relacionando o desperdício e a criatividade dos funcionários, quanto a perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou apenas ouvir os funcionários. (Liker, 2005)
-------------------------------	---

Fonte: Adaptado de Ohno (1997) e Liker (2005).

“A eliminação completa desses desperdícios pode aumentar a eficiência de operação por uma ampla margem. Para fazê-lo, devemos produzir apenas a quantidade necessária, liberando assim a força de trabalho extra”. (Ohno, 1997, pg. 39)

As indústrias na atualidade buscam a redução e a eliminação dos desperdícios por meio de projetos de melhorias contínuas de modo que possibilite o aumento da produtividade dentro do processo produtivo, preservando qualidade e atendendo o cliente no prazo (Gracanin et al., 2014, apud Medeiros, 2017, p. 395)

Isso só é possível com a organização da produção, ou seja, focada na alta produtividade. Segundo Martins (2015), As atividades que não agregam valor são eliminadas. A filosofia de fazer certo é levada a extremos, onde o refugo e o retrabalho não são admitidos, métodos de trabalho com mecanismos de prevenção de problemas e estoques baixos.

Ohno (1997) comenta que após a Segunda Guerra Mundial, os produtos americanos inundaram o Japão como chicletes e Coca-Cola, até mesmo o jipe. O primeiro supermercado de estilo americano apareceu em meados dos anos 50. E, à medida que mais e mais japoneses visitavam os E.U.A., eles viam a estreita relação que há entre o supermercado e o estilo de vida diário na América. Dessa forma, combinar automóveis e supermercado pode parecer estranho, porém por muito tempo, desde que aprenderam sobre a troca de mercadorias nos supermercados dos Estados Unidos, estabelecendo uma relação entre os supermercados e o sistema just-in-time.

Martins (2015) afirma, os novos projetos de layout contemplam áreas muito reduzidas para estoques de matérias-primas, produtos acabados e até áreas para produtos em processo são reduzidas. Assim, as linhas são bem balanceadas de forma a permitir um fluxo contínuo e sem acúmulo em determinados pontos do processo.

Segundo Ohno (1997) um supermercado é onde o cliente pode obter o que é necessário, no momento em que é necessário e na quantidade necessária, ou seja um lugar onde compra-se conforme a necessidade. Os operadores devem garantir que os clientes possam comprar o que precisam em qualquer momento.

Do supermercado pegamos a ideia de visualizar o processo inicial numa linha de produção como um tipo de loja. O processo final (cliente) vai até o processo inicial (supermercado) para adquirir as peças necessárias (gêneros) no momento e na quantidade que precisa. O processo inicial imediatamente produz a quantidade recém retirada (reabastecimento das prateleiras). (Ohno, 1997, pg. 45)

Martins (2015) afirma que além de o *just-in-time* eliminar os desperdícios, ele procura utilizar a capacidade plena dos colaboradores, pois a eles é dada a autoridade de produzir itens de qualidade para atender em tempo, o próximo passo do processo produtivo.

Adotar o *just-in-time* significa alterar completamente o sistema de produção existente. Portanto, uma vez que se decida por ele, deve ser empreendido de forma decisiva e determinada. (Ohno, 1997, pg. 50)

2.2. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Segundo a visão de Slack (2009) os processos de *jobbing* lidam com variedade muito alta e baixos volumes. Cada produto deve compartilhar os recursos de operação com diversos outros. Os recursos de produção processam uma série de produtos, mas, embora todos os produtos exijam o mesmo tipo de atenção, diferem entre si pelas necessidades específicas.

Devido a sobreposição dos diferentes tipos de processos, as organizações frequentemente podem escolher qual tipo de processo empregar. Essa escolha terá consequências para a operação, especialmente em termos de seu custo e flexibilidade. Slack (2009) diz que a representação clássica da variação do custo e da flexibilidade com a alternativa do processo é a matriz produto processo, dos professores Hayes e Wheelwright, da universidade de Harvard.

O mapeamento de processos serve para identificar os processos de produção de um determinado produto, seus tempos de ciclo, atravessamento e de espera entre os processos. Ele determina quais são os gargalos, os processos que necessitam de melhorias e ajustes, os pontos mais importantes e maior grau de complexidade de produção.

Mapeamento de processo envolve simplesmente a descrição de processos em termos de como as atividades relacionam-se umas com as outras dentro do processo. Existem muitas técnicas que podem ser usadas para mapeamento de processo. (Slack, 2009, pg. 101)

Para fazer um mapeamento de processos é necessário calcular o tempo de atravessamento de ciclo e trabalho em processo. Slack (2009) descreve que o conteúdo de trabalho é o volume total de trabalho necessário para produzir uma unidade de recurso de saída, e o tempo de atravessamento é o tempo necessário para mover uma unidade de recurso por todo o processo. O tempo de ciclo é o tempo médio entre unidades de recursos de saída emergindo do processo, e o trabalho em processo é o número de unidades de saída sendo executadas no processo.

A lei de Little é uma relação matemática que define que o tempo de atravessamento = trabalho em processo x tempo de ciclo.

Martins (2015) define que o tempo de ciclo (TC), é a frequência com que uma peça deve sair da linha, ou ainda o intervalo de tempo entre duas peças consecutivas.

$$TC = \text{tempo de produção} \div \text{quantidade de peças no tempo de produção}$$

Por exemplo, em uma linha que deva produzir 1000 peças em 6,5 horas de trabalho.

$$TC = 6,5 \times 60 \text{ minutos} \div 1000 = 0,39 \text{ minutos/peça}$$

Ou seja, a cada 0,39 minutos a linha deve produzir uma peça. A partir disso, pode-se calcular o número mínimo de operadores (N) que teoricamente, é o número necessários de operadores para produzir a produção.

$$N = \text{tempo total para produzir uma peça na linha} \div \text{tempo de ciclo}$$

O tempo de atravessamento de um processo é diferente do conteúdo de trabalho do que esteja sendo processado e isso possui implicações importantes. Assim, por períodos de tempo significativos, nenhum trabalho útil é realizado com os materiais, informações ou consumidores que estão passando pelo processo. A

eficiência de atravessamento definida por Slack (2009) é observada a partir dessas informações, calculada como sendo a razão entre o conteúdo de trabalho e o tempo de atravessamento.

2.3. GESTÃO DA QUALIDADE

Quando nos referimos a qualidade podemos analisar sob diversos aspectos conforme descrito por vários autores como os que seguem.

Para Campos (2004), “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente”.

Paladini (2011), diz que o conceito correto de qualidade deve envolver dois elementos:

- a) A qualidade envolve muitos aspectos simultaneamente, ou seja, uma multiplicidade de itens. Essa seria a componente “espacial” do conceito;
- b) A qualidade sofre alterações conceituais ao longo do tempo, isto é, trata-se de um processo evolutivo. Essa seria a componente “temporal” do conceito.

O dicionário oferece cerca de uma dúzia de definições da palavra “qualidade”, que podem ser observados a seguir nas definições de Juran (1992, pg. 9):

- a) Com relação as características do produto constituem uma dessas definições. Aos olhos dos clientes, quanto melhores as características do produto, mais alta a sua qualidade.
- b) A ausência de deficiências é outra importante definição de qualidade. Aos olhos dos clientes, quanto menos deficiências, melhor a qualidade.

O verdadeiro critério da boa qualidade é a preferência do consumidor. É isto que garantirá a sobrevivência de sua empresa: a preferência do consumidor pelo seu produto em relação ao seu concorrente, hoje e no futuro.(Campos, 1992, pg. 2)

Para Campos (2004) o objetivo principal de uma empresa pode ser atingido pela prática do controle da qualidade total, que busca atender aos objetivos da organização conforme descrito no quadro 2 a seguir.

Quadro 2 - Objetivo das empresas

Objetivo Principal	Pessoas	Meios
Satisfação das necessidades das pessoas	Consumidores	Qualidade
	Empregados	Crescimento do ser humano
	Acionistas	Produtividade
	Vizinhos	Contribuição social

Fonte: Adaptado de Campos, (2004).

Campos (2004) define o significado do Controle da Qualidade Total dizendo que as “organizações humanas” são meios destinados a se atingir determinados fins. E para controlá-las significa detectar quais foram os fins, efeitos ou resultados não alcançados, e após analisar esses maus resultados para buscar suas causas e atuar sobre elas, de modo a melhorar seus resultados.

A qualidade total são todas as dimensões que afetam a satisfação das necessidades das pessoas e sobrevivência da empresa. A seguir no quadro 3, serão listadas essas dimensões e seus significados:

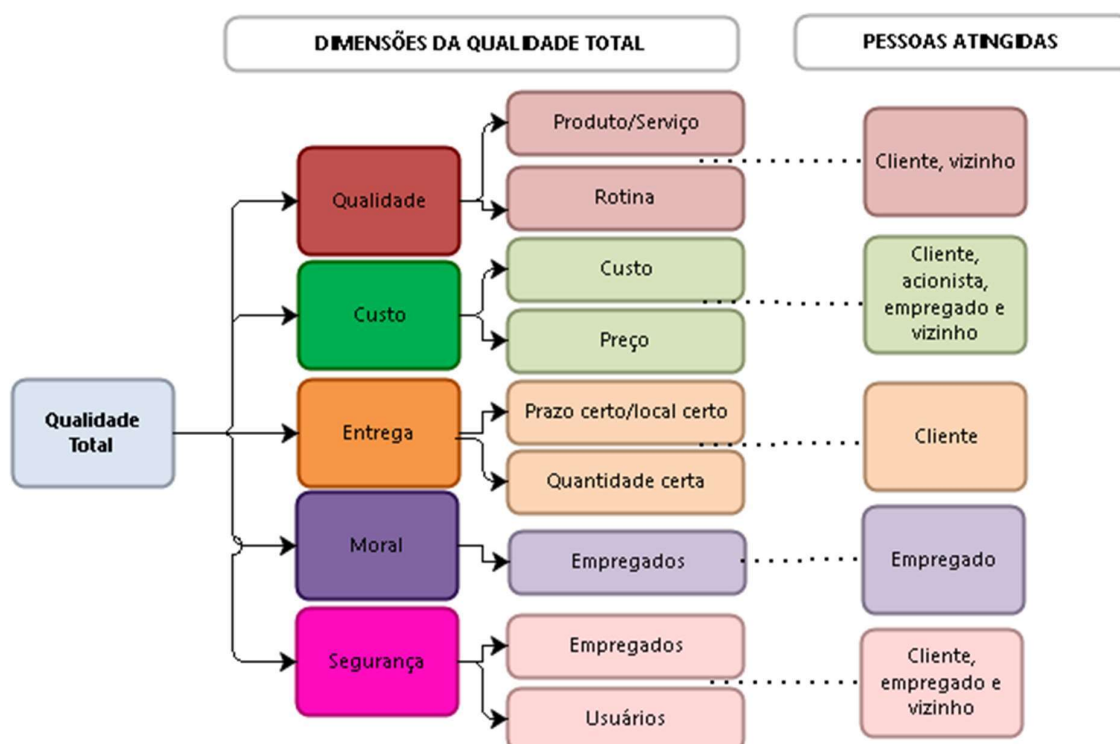
Quadro 3 - Dimensões da qualidade total e significados

Dimensão	Significado
Qualidade	Está diretamente ligada a satisfação do cliente interno ou externo. A qualidade é medida através das características da qualidade dos produtos ou serviços finais ou intermediários da empresa.
Custo	É visto não só como custo final do produto ou serviço, mas inclui também os custos intermediários.
Entrega	São medidas as condições de entrega de produtos ou serviços finais e intermediários de uma empresa: índices de atrasos de entrega, índices de entrega em local errado e índices de entregas de quantidades erradas.
Moral	Mede o nível médio de satisfação de um grupo de pessoas. Pode ser medido de várias maneiras, tais como índice de turnover, absenteísmo e índice de reclamações trabalhistas.
Segurança	Avalia-se a segurança dos empregados e a segurança dos usuários do produto. mede-se através de índices tais como números de acidentes e índice de gravidade.

Fonte: Adaptado de Campos, (2004).

Essas dimensões citadas são esquematizadas nos componentes da qualidade total demonstrado na figura 2 a seguir.

Figura 2 - Componentes da qualidade total



Fonte: Adaptado de Campos,(2004).

Segundo Filho (1996) nos primórdios do sistema de gestão pela qualidade total (GQT), o controle da qualidade era realizado principalmente por inspeção final. Em um segundo estágio do sistema, o controle da qualidade passou a ser realizado pelo controle de processos. Assim, foram desenvolvidas as sete ferramentas do controle da qualidade (7FCQ).

Ainda de acordo com o mesmo autor, o terceiro estágio trouxe clara a importância do controle da qualidade no desenvolvimento de novos produtos. Surgindo assim, as sete ferramentas do planejamento da qualidade (7FPQ).

Segundo Paladini (2011) a gestão da qualidade deve ser encarada como:

- a) Uma filosofia;
- b) Um conjunto de métodos;
- c) Melhoria contínua;
- d) Um serviço ao consumidor;
- e) Envolvimento da mão-de-obra.

A utilização das ferramentas da gestão da qualidade como metodologia de busca e solução de problemas é das mais empregadas nas organizações em virtude da facilidade das mesmas bem como da efetividade de seu uso. (Mello, et al, 2017, pg 68)

2.4 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

2.4.1 Classificação ABC

Dentre as ferramentas da qualidade está a classificação ABC (gráfico de Pareto) que é universalmente utilizado para a identificação dos principais pontos observados. Segundo Oliveira (2011) a curva ABC é uma ferramenta gerencial que permite identificar quais itens requerem atenção e tratamento adequados quanto à sua importância e assim utilizando a regra 80 - 20, onde como exemplo, 80% dos recursos advém de 20% dos produtos manufaturados. Ele também é utilizado para descobrir a maior incidência de problemas de acordo com a frequência observada.

Como resultado de uma típica classificação ABC surgirão grupos divididos em três classes, como segue:

- a) Classe A: Grupo de itens mais importantes que devem ser tratados com uma atenção bem especial pela administração.
- b) Classe B: Grupo de itens em situação intermediária entre as classes A e C.
- c) Classe C: Grupo de itens menos importantes que justificam pouca atenção por parte da administração. (DIAS, 2012, pg 73).

2.4.2 Ciclo PDCA

Anjos et al. (2012) diz que o método PDCA e as ferramentas da qualidade podem auxiliar as organizações a alcançar seus objetivos, sejam nas decisões estratégicas, na melhoria dos processos de fabricação ou na distribuição de seus produtos.

Segundo Antunes (1999, apud Anjos et al, 2012, pg 76), o ciclo PDCA tem por princípio tornar mais claras e ágeis as etapas no processo de gerenciamento, as quais são assim divididas:

- a) PLAN (Planejamento) - Etapa que tem por objetivo, identificar oportunidades ou problemas, analisar os fenômenos e causas reais,

estabelecer metas e determinar os procedimentos necessários para o cumprimento desses nos prazos estabelecidos;

b) DO (Execução) - Realizar ou executar as ações propostas na etapa anterior ou Plan, por meio da busca pelo aprendizado;

c) CHECK (Verificação) – É o momento em que são realizadas as avaliações, o monitoramento e o controle das ações que estão sendo executadas, comparando-se os resultados com o que foi planejado na etapa Plan;

d) ACT (Ação e padronização) - São realizadas as ações sobre os resultados apresentados, onde o plano proposto poderá ser adotado como padrão caso o objetivo tenha sido alcançado, ou agir sobre as causas caso os objetivos não tenham sido alcançados.

2.4.3 Overall Equipment Effectiveness - OEE

O OEE como é mais conhecido ou traduzido como Eficiência Global do Equipamento, e é definido como:

$$OEE = ID \times IE \times IQ$$

Para Busso (2012) dentre diversos indicadores concebidos para auxiliar na gestão da capacidade de sistemas de produção, o indicador OEE merece destaque pela grande difusão internacional que teve no decorrer das últimas décadas. Enquanto um indicador, o OEE é um instrumento capaz de fornecer informações valiosas para gestores, responsáveis por buscar uma adequada utilização da capacidade do sistema de produção.

É bem grande o número de empresas que usam a OEE como um indicador de produtividade. De acordo com Martins (2015) outra observação importante é sua sensibilidade a cada um dos três índices que a compõem. Qualquer deslize em um deles tem um efeito devastador no resultado, já que será menor que o menor dos índices.

A competência de utilizar de modo mais eficaz a capacidade de produção aumentando a disponibilidade da produção permite maior flexibilidade de volume e assim atender a demanda dos clientes que exigem cada vez mais variedade de produtos. Portanto, quanto maior a capacidade disponível, maior será a possibilidade de produção e então de entregar produtos ao mercado. (Busso C., 2012, pg 14)

2.4.4 Poka Yoke

Consul (2015) define que cada organização implementa sua forma de gestão da qualidade e utiliza sistemas e planejamento para a melhoria estratégica na organização de seus recursos de capital, que permitam a criação de processos de qualidade dos produtos acabados, para garantir melhor competitividade no setor econômico, bem como melhorar sua visibilidade no mercado. Os processos de gestão e a sua maneira de avaliação, controle e melhoria devem estar de acordo com os princípios e fundamentos de gestão da qualidade.

O objetivo do *Poka Yoke* é eliminar ou minimizar erros humanos nos processos de fabricação e gestão, está incluído no processo de maior qualidade, contribuindo para a eficácia e economia da empresa. Para isso é essencial eliminar erros a fim de prevenir as causas de tais falhas e utilizar este sistema de controle, que é relativamente barato e comprometido com os fluxos de produção de maneira otimizada. (Consul, 2015, pg 679)

É de extrema importância que a Engenharia de Produção se aproprie cada vez mais dos processos que especifiquem a qualidade, identificando que nos fluxos de produção estão inclusos erros, retrabalho e falhas que gravam o aumento da produtividade e, conseqüentemente, a redução de custos. (Consul, 2015, pg 679)

No Japão, do início do século XX, Sakichi Toyoda inventou o que pode ser considerado o primeiro dispositivo *Poka Yoke*: um mecanismo que, acoplado a peças, era capaz de identificar defeitos, o que identificaria a necessidade de paralisação da operação de forma imediata. Esse simples mecanismo possibilitou que tal processo fosse operado por um único trabalhador, o que evidenciou uma grande vantagem competitiva naquela época. (Consul, 2015, pg 681)

2.5 PROCESSO PRODUTIVO

Todas as operações produzem produtos e serviços através da transformação de entradas em saídas, o que é chamado de processo de transformação. (Slack, 2009)

Slack (2009) afirma que a produção envolve um conjunto de recursos de input (entradas) usado para transformar algo ou para ser transformado em outputs (saídas) de bens e serviços. Embora todas as operações são vistas dessa forma, elas diferem na natureza de seus *inputs* e *outputs* específicos.

Dentro de cada operação, os mecanismos que transformam *inputs* em *outputs* são chamados processos. Processos são “o arranjo de recursos que produzem alguma mistura de produtos e serviços”. (Slack, 2009)

Para Shingo (1996), o processo é o fluxo de materiais no tempo e no espaço, é a transformação da matéria-prima em componente semi-acabado e daí a produto acabado.

De acordo com a visão de Slack (2009) as operações embora sejam similares entre si na forma de transformar recursos de input em output de bens e serviços, elas diferem em aspectos de volume, variedade, variação da demanda e grau de visibilidade que os consumidores possuem da produção do output.

Slack (2009) explica que todas as quatro dimensões (volume, variedade, variação e visibilidade) possuem implicações para o custo de criação de produtos e serviços. De forma simples, alto volume, baixa variedade, baixa variação e baixa visibilidade com o consumidor, todos ajudam a manter os custos de processamento baixos. De forma inversa, baixo volume, alta variedade, alta variação e alta visibilidade com o consumidor geralmente carregam algum tipo de penalidade em custo para a produção.

Os *stakeholders* possuem objetivos de desempenho que o autor Slack (2009) explica como sendo o pano de fundo para o processo decisório da produção, mas o nível operacional necessita de um conjunto de objetivos mais estritamente definidos, que relaciona com a tarefa básica de satisfazer os consumidores. Slack ainda define os objetivos como:

- Qualidade é a conformidade, coerente com as expectativas do consumidor, em outras palavras, significa “fazer certo as coisas”, mas as coisas que a produção precisa fazer certo variam de acordo com o tipo de operação.
- Velocidade significa o tempo transcorrido entre a requisição e o recebimento de produtos ou serviços pelos consumidores. O principal benefício da entrega dos bens de serviços para os consumidores (externos) é que ela enriquece a oferta. Assim, quanto mais rápido estiverem disponíveis para o consumidor, mais provável é que este venha a comprá-los, mais provável que venha a pagar mais por eles e maiores serão os benefícios que receberá.

- Confiabilidade significa fazer as coisas em tempo para os consumidores receberem seus bens ou serviços exatamente quando necessários ou, ao menos, quando prometidos.
- Flexibilidade significa ser capaz de alterar a operação de alguma forma, alterar o que a operação faz, quando faz e, como faz. A flexibilidade visa a habilidade da operação em introduzir ou modificar produtos e serviços, a habilidade em produzir uma ampla variedade e/ou volume, e ainda a habilidade de alterar os tempos de entrega de seus serviços ou produtos.
- Custo será o principal objetivo de produção para as empresas que concorrem diretamente em preço. Quanto menor o custo de produzir seus bens e serviços menor pode ser o preço a seus consumidores. Cada real retirado do custo de uma operação é acrescido a seus lucros.

Os objetivos mencionados são qualidade, que de acordo com Slack é a conformidade, coerente com as expectativas do consumidor, em outras palavras, significa “fazer certo as coisas”, mas as coisas que a produção precisa fazer certo variam de acordo com o tipo de operação. Outra é velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo.

2.6 ARRANJO FÍSICO E FLUXO DO PROCESSO

O arranjo físico de uma operação segundo Slack (2009) é como os seus recursos transformadores são posicionados e como as várias tarefas da operação serão alocadas e esses recursos. A partir dessas duas decisões, o padrão do fluxo dos recursos transformadores irá se formar, à medida que eles progridem pela operação ou processo.

O arranjo físico de uma operação produtiva diz respeito ao posicionamento físico dos seus recursos transformadores. Isso significa decidir onde colocar todas as instalações, máquinas equipamentos e pessoal da operação. (Slack, 2009)

Mudanças relativamente pequenas dos produtos em um supermercado, ou a mudança de salas em um centro esportivo ou mudanças na localização de uma

máquina numa fábrica, podem afetar o fluxo pela operação, o que, por sua vez, pode afetar os seus custos e a eficácia geral. (Slack, 2009)

O projeto de uma mudança de layout deve iniciar-se com a avaliação extensiva dos objetivos que o arranjo físico que alcançar. Slack (2009) enfatiza que é apenas o ponto de partida de um processo de múltiplos estágios para chegar ao arranjo físico final.

2.7 MÉTODO KANBAN

Kanban de acordo com Aguiar (2007) em japonês significa “cartão”. Este nome surgiu em razão do sistema de controle visual dos estoques de materiais, que frequentemente são utilizados cartões para representar os contentores cheios ou vazios, estes cartões são retirados ou colocados em um quadro à medida que o material é utilizado ou repostado.

Segundo Ohno (1997) o método de operação do Sistema Toyota de Produção é o Kanban, sendo o mais comum um pedaço de papel dentro de um envelope de vinil retangular. Sua utilização na fábrica da Toyota iniciou com pedaços de papel listando o número do componente de uma peça e outras informações relacionadas com o trabalho de usinagem. Sua utilização trouxe o sentimento de que se fosse usado habilidosamente, todos os movimentos na fábrica poderiam ser unificados ou sistematizados.

Normalmente, numa empresa o QUÊ, o QUANDO e o QUANTO são estabelecidos pela seção de planejamento de produção na forma de um plano de início de trabalho, plano de transferência, ordem de produção, ou pedido de entrega que é passado por toda a fábrica.(Ohno, 1997, pg. 47)

Quando esse sistema é usado, o “QUANDO” é determinado arbitrariamente e as pessoas pensam que estará tudo bem se as peças chegarem a tempo ou antes. O gerenciamento das peças feitas com muita antecedência significa, contudo, o envolvimento de muitos trabalhadores intermediários.(Ohno, 1997, pg. 47)

A palavra “*just*” (apenas) em *just-in-time* (apenas a tempo) significa exatamente isso. Se as peças chegarem antes de que sejam necessárias e não no momento exato em que são necessárias, o desperdício não pode ser eliminado. (Ohno, 1997, pg. 47)

O *Kanban* pode ser interno ou externo, ou seja, Aguiar (2007) explica que o *Kanban* interno é aquele em que o fornecedor é um outro setor da própria empresa, como, por exemplo, uma estampagem, pintura ou pré-montagens. Assim, o *Kanban* externo é quando o fornecedor localiza-se fora da empresa.

O *Kanban* interno, define o processo e o fluxo de produção, estando ligado diretamente aos setores de produção e planejamento de supermercados e estoques intermediários.

O *Kanban* externo, necessita de um planejamento amplo, tanto da produção como do setor de PCP, interferindo diretamente no fluxo da produção.

No Sistema Toyota de Produção, o *Kanban* impede totalmente a superprodução. Como resultado, não há necessidade de estoque extra e, conseqüentemente, não há necessidade de depósito e do seu gerente. A produção de inumeráveis controles em papel se torna desnecessária. (Ohno, 1997, pg. 47)

Ohno (1997) menciona que o *Kanban* se for utilizado inadequadamente, pode causar uma série de problemas. Para isso não ocorrer deve-se entender seu propósito e estabelecer regras para seu uso.

O objetivo de eliminar desperdício também é enfatizado pelo *kanban*. Sua utilização mostra imediatamente o que é desperdício, permitindo um estudo criativo e propostas de melhorias. Na planta de produção, o *kanban* é uma força poderosa para reduzir mão-de-obra e estoques, eliminar produtos defeituosos, e impedir a recorrência de *panes*. (Ohno, 1997, pg. 48)

A utilização do *Kanban* evidencia situações anormais, quando eles são retirados por falhas nas máquinas e defeitos nos produtos.

Shingo (1996) ainda afirma que uma diminuição gradual no número de *Kanban* leva a reduções no estoque, o que acaba com a função do estoque, relativo ao amortecimento contra a instabilidade da produção. Em consequência disso, destacam-se aqueles processos subutilizados, gerando anormalidades, assim a descoberta dos principais pontos que necessitam de melhorias torna-se mais simples. A eficiência total pode ser elevada, concentrando-se nos pontos mais fracos.

Funções do *Kanban* (Ohno, 1997, pg. 48):

1. Fornecer informação sobre apanhar ou transportar.
2. Fornecer informação sobre a produção.
3. Impedir a superprodução e o transporte excessivo.
4. Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias.

5. Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz.
6. Revelar problemas existentes e mantém o controle de estoques.

Regras para Utilização:

1. O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo *Kanban* no processo precedente.
2. O processo inicial produz itens na quantidade e sequência indicadas pelo *Kanban*.
3. Nenhum item é produzido ou transportado sem um *Kanban*.
4. Serve para afixar um *Kanban* às mercadorias.
5. Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é mercadorias 100% livres de defeitos.
6. Reduzir o número de *Kanbans* aumenta sua sensibilidade aos problemas.

Ao entender a primeira regra para utilização do *Kanban* definida por Ohno (1997), os operários devem olhar o processo precedente e eliminar o programa de produção com que eles contaram durante muito tempo. Os operários da produção têm uma grande dose de resistência psicológica à ideia de que simplesmente produzir tanto quanto possível não é mais uma prioridade.

2.8 MACHINE LEARNING

Aprendizado de Máquina é uma área de IA cujo objetivo é o desenvolvimento de técnicas computacionais sobre o aprendizado bem como a construção de sistemas capazes de adquirir conhecimento de forma automática. (Monard, 2003, pg. 39)

O conceito de aprendizagem de máquina é definido como: “O aprendizado de máquina (em inglês, *machine learning*) é um método de análise de dados que automatiza a construção de modelos analíticos. É um ramo da inteligência artificial baseado na ideia de que sistemas podem aprender com dados, identificar padrões e tomar decisões com o mínimo de intervenção humana”. (SAS, 2018)

Para escolher um método de aprendizado de máquina é importante saber o que se espera obter, dependendo de fatores que Hui Li (2017) define sendo:

- O tamanho, a qualidade e a natureza dos dados.
- O tempo computacional disponível.
- A urgência da tarefa.
- O que você quer fazer com os dados.

Segundo Sanches (2003) o aprendizado de máquina pode ser caracterizado como aprendizado supervisionado e não supervisionado. Se os dados nas bases de dados estejam rotulados com sua classe correspondente, pode-se utilizar algoritmos de aprendizado supervisionado, os quais induzem padrões a partir dos dados.

De acordo com Hui Li (2017) o aprendizado supervisionado que será o método utilizado neste trabalho, fazem previsões baseadas em um conjunto de exemplos. Tem-se uma variável de entrada que consiste em dados de treinamento rotulados e uma variável de saída desejada, sendo os códigos das peças os dados rotulados e os tempos de produção como variáveis de saída. É utilizado um algoritmo para analisar os dados de treinamento para aprender a função que mapeia a entrada para a saída. Essa função inferida mapeia exemplos novos e desconhecidos, generalizando a partir dos dados de treinamento para antecipar resultados em situações não vistas.

A seguir será apresentado a metodologia do trabalho.

3. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido através de um estudo de caso observado em uma empresa que atua no ramo de fundição de precisão, chamado de microfusão ou ainda processo por cera perdida. A empresa foi fundada em março de 1995. Ela hoje conta com cerca de 323 funcionários, uma sede de produção e administração, tendo clientes de diversos setores, sendo os principais o setor agrícola, automobilístico e armamentista.

Seu processo é delimitado pelo setores de injeção, revestimento, fundição, acabamento e usinagem. O setor selecionado para análise, será a etapa de injeção do setor de injeção.

Foi uma abordagem quantitativa nas análises de tempo e faturamento. Entretanto, também é classificada como qualitativa, pois tratará dados não quantificáveis, ou seja, dados subjetivos, como na determinação de aprovação de peças. Os dados qualitativos de aprovação foi quantificado a partir de um índice, que é a razão entre a quantidade de peças aprovadas pela quantidade de peças produzidas.

De acordo com Vianna (2001) é possível classificar as pesquisas em três grandes grupos: pesquisa descritiva, pesquisa exploratória e pesquisa explicativa.

Este trabalho é uma pesquisa descritiva de um estudo de caso das etapas de produção em uma microfusão, onde dados reais obtidos durante o processo de produção foram coletados e analisados.

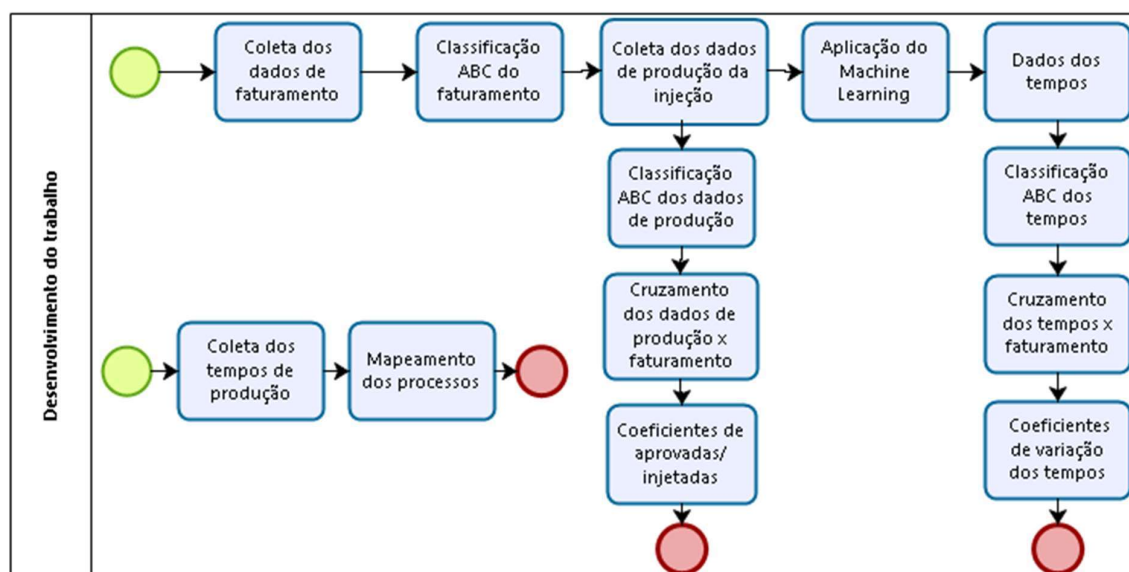
A forma de coleta de dados será através de relatório de venda e de amostras retiradas da produção, que compõe cada turno por lote de produção, discretizados por etapas do processo.

A amostragem será composta pelos dados da população de acordo com as vendas de abril a setembro de 2017.

O registro será por planilhas, coletadas diretamente do processo produtivo, e análise e interpretação dos dados ocorrerá através da tabulação dos dados que serão utilizados na construção de quadros, no cálculo das médias e cartas de controle para o processo.

Em seguida na figura 3 está demonstrado todas as etapas de construção do desenvolvimento do trabalho.

Figura 3 - Fluxograma do desenvolvimento do trabalho.



Fonte: Elaborado pela autora, (2018).

Em seguida serão demonstrados como foi realizada a coleta de dados, seu tratamento e os resultados alcançados com o mapeamento do processo e as análises do processo do setor de injeção da empresa estudada.

4. COLETA DE DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com o objetivo de entender quais são os produtos que devem receber prioridades por mais influenciarem o faturamento da empresa em relação a etapa de injeção do processo injeção, três vertentes de análises foram tomadas e posteriormente serão cruzadas:

- Uma analisando unicamente a influência econômica, segregando os códigos que mais geraram faturamento para a empresa pela etapa de injeção no período, demonstrados no quadro 4.
- A outra classificando os códigos por seu comprometimento financeiro de acordo com o coeficiente de variação do tempo de produção da etapa de injeção, apresentado no quadro 5.
- Por fim serão analisados os códigos por seu comprometimento financeiro a partir dos coeficientes de variação dos índices de aprovação de peças, de acordo com o quadro 6.

Quadro 4 - Tratamento de dados do faturamento de vendas por código de peça

Atividade	Procedimento
Coleta dos dados	Dados coletados do sistema ERP Totvs da empresa, onde foi gerado um relatório de vendas.
Qualificação dos dados	O relatório gerado do período desejado, selecionando código da peça, quantidade vendida e valor total da venda do período coletado.
Processamento de dados	Valores de faturamento do mesmo código foram acumulados e posteriormente, dispostos em razão do faturamento total.
Geração de dados	Disponibilização de uma tabela com o faturamento absoluto e relativo de cada código em ordem decrescente.

Fonte: Elaborado pela autora, (2018).

No quadro 5 aborda-se os dados dos tempos de produção da etapa injeção que foram coletados na empresa.

Quadro 5 - Tratamento de dados de tempos de produção da injeção

Atividade	Procedimento
Coleta dos dados	Dados coletados de OEE de anos anteriores.
Qualificação dos dados	Filtrados dados não correspondentes ao processo nominal e selecionando quantidade de produção, e código agrupados por turno e operário.
Processamento de dados	Aplicação de um método de machine learning de aprendizado supervisionado para determinação do coeficiente de variação dos tempos de injeção.
Geração de dados	Disponibilização de uma tabela com dados de tempo médio e coeficiente de variação de produção por código.

Fonte: Elaborado pela autora, (2018).

No quadro 6 aborda-se os coeficientes de variação do índice de aprovação das peças da injeção.

Quadro 6 - Coeficientes de variação do índice de aprovação das peças da injeção

Atividade	Procedimento
Coleta dos dados	Dados coletados de OEE de anos anteriores.
Qualificação dos dados	Filtrados dados não correspondentes ao processo nominal e selecionando peças injetadas e aprovadas.
Processamento de dados	Cálculo da razão das peças aprovadas por injetadas, resultado no índice de aprovação das peças. E posteriormente calculou-se os coeficientes de variação.
Geração de dados	Disponibilização de uma tabela com os coeficientes de variação do índice de aprovação.

Fonte: Elaborado pela autora, (2018).

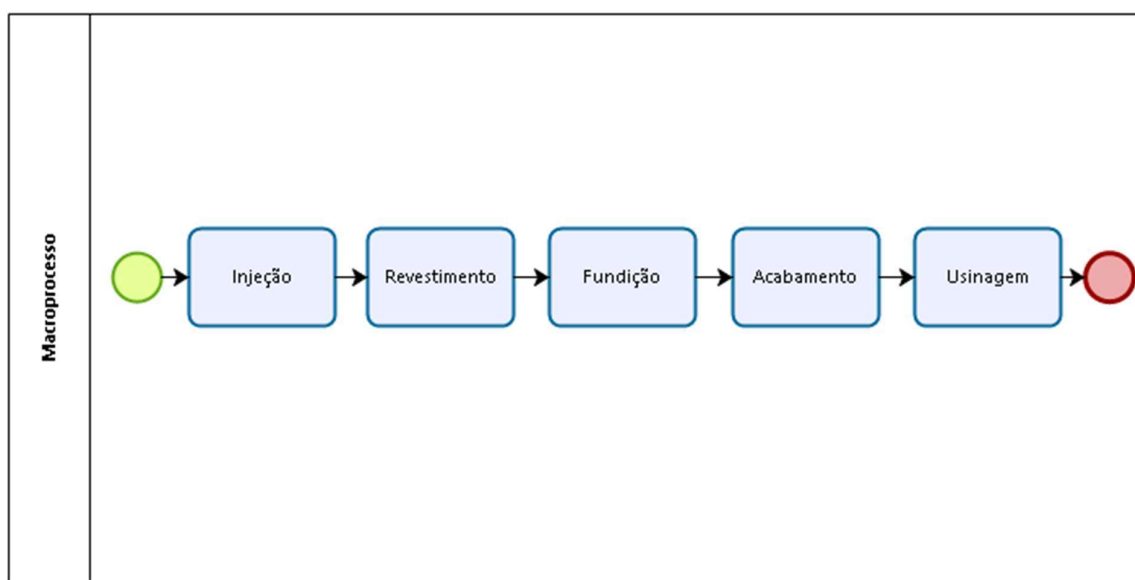
O quadro formado a partir das etapas do quadro 5, disporá de forma decrescente o comprometimento financeiro do período que é resultado da multiplicação entre o coeficiente de variação dos tempos e o faturamento para o código. Assim, estaremos mostrando valores quantitativos referentes as divergências do processo de produção da injeção, onde esses dados são ordenados de forma a esclarecer os códigos mais críticos em relação a sua variabilidade e faturamento, com maior desperdícios de processamento, transporte, entre outros, ou ainda, por não possuírem um processo padrão de operação.

No quadro 6 foram relacionados os códigos por seu comprometimento financeiro a partir dos coeficientes de variação dos índices de aprovação de peças. Para calcular o índice de aprovação foi feita a razão entre as peças aprovadas e injetadas e a partir desse índice observamos ambos um desvio padrão e uma média cuja a razão define os coeficientes de variação. Os dados foram organizados em ordem decrescente de comprometimento, que é o produto entre o coeficiente de variação e o faturamento no período.

O Processo de produção em uma microfusão é composta por várias etapas, muitas delas demoradas e com um tempo de atravessamento longo. É um processo que demanda melhorias por muitas etapas serem ainda feitas manualmente, que demandam grande esforço e capacidade física do colaborador.

Diante desse cenário, realizar um mapeamento de todo o processo, é etapa indispensável anterior a desenvolver melhorias realmente efetivas. Assim, o mapeamento será feito de acordo com o macroprocesso produtivo da empresa demonstrado no fluxograma seguinte, na figura 4.

Figura 4 - Macroprocesso produtivo



Fonte: Elaborado pela autora, (2018).

Dentre esses macroprocessos visualizados, existem outros microprocessos expostos no apêndice 1, onde compõem o processo total de produção. Entretanto, em uma primeira iniciativa, é necessário fazer a análise do macroprocesso em primeira etapa, aos microprocessos, estes destinados a trabalhos posteriores, onde o nível de detalhamento poderá ser maior.

Assim, foram elaborados os mapeamentos do processo de dois códigos apresentados na classe A da curva ABC mostrados no quadro 7.

Os códigos escolhidos foram o 11280 e 1383 que estão em primeira e segunda posição na classe A pela curva ABC do faturamento. O mapeamento do código 11280 está mostrado na figura 5 e do código 1383 na figura 6. Os mapeamentos foram realizados levando em consideração os macroprocessos existente no processo produtivo da empresa, não foram considerados os tempos entre processos e tempos de espera, foram levantados os tempos exatos onde continham processos feitos por operadores e máquinas e em especial no setor revestimento, no

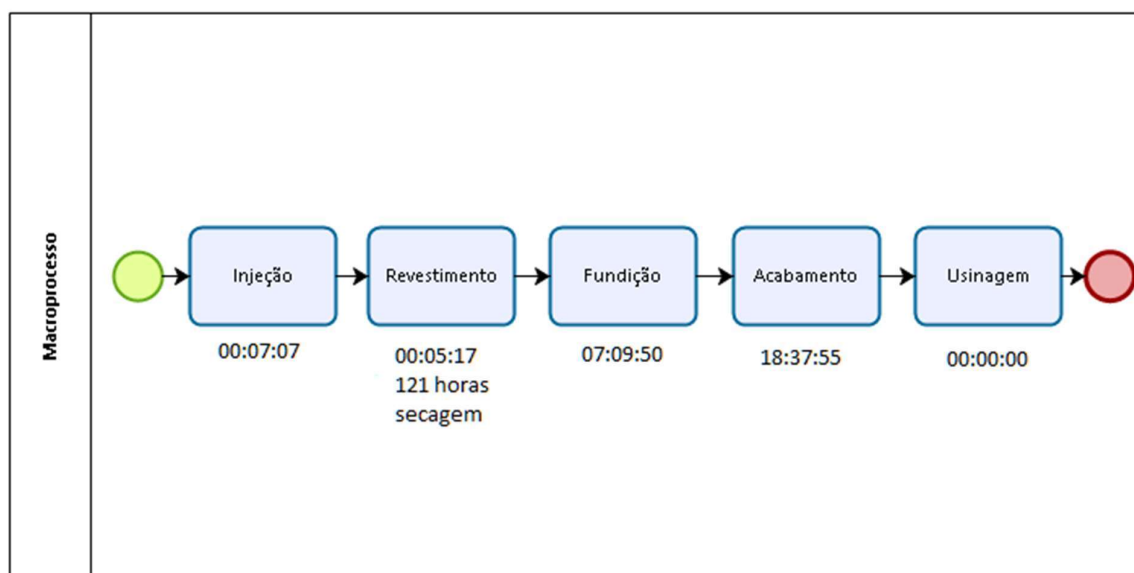
tempo de secagem entre os banhos nos cachos, esses tempos foram coletados por cronoanálise em todos os processos da empresa.

Sobre os tempos, foram levantados no setor de injeção tanto o tempo de injeção como o tempo de montagem do cacho de cera para ser levado ao revestimento, no setor de revestimento os tempos de banhos dos cachos que são compostos por cinco tipos de lamas diferentes, como são chamados a mistura que compõe a capa cerâmica dos cachos para posterior derramamento do metal líquido, podendo variar de acordo com a quantidade estipulada no projeto da peça.

Na fundição o processo acontece por ciclos de deceragem, que é o derretimento da cera contida dentro da capa cerâmica, calcinação da capa cerâmica e por fim, a fusão, que é a introdução dentro da capa cerâmica do metal líquido para formar as peças. Em seguida, o cacho já fundido entra no processo de acabamento, por onde passa por processos como desmoldagem da capa cerâmica, jato gancheira, corte, jato rotativo, inspeção, lixa, calibragem, tratamento térmico e outros processos que preparam a peça para receber a usinagem necessária ou não.

A seguir podemos observar na figura 5 o mapeamento do processo, com seus tempos, para um código de item de produção.

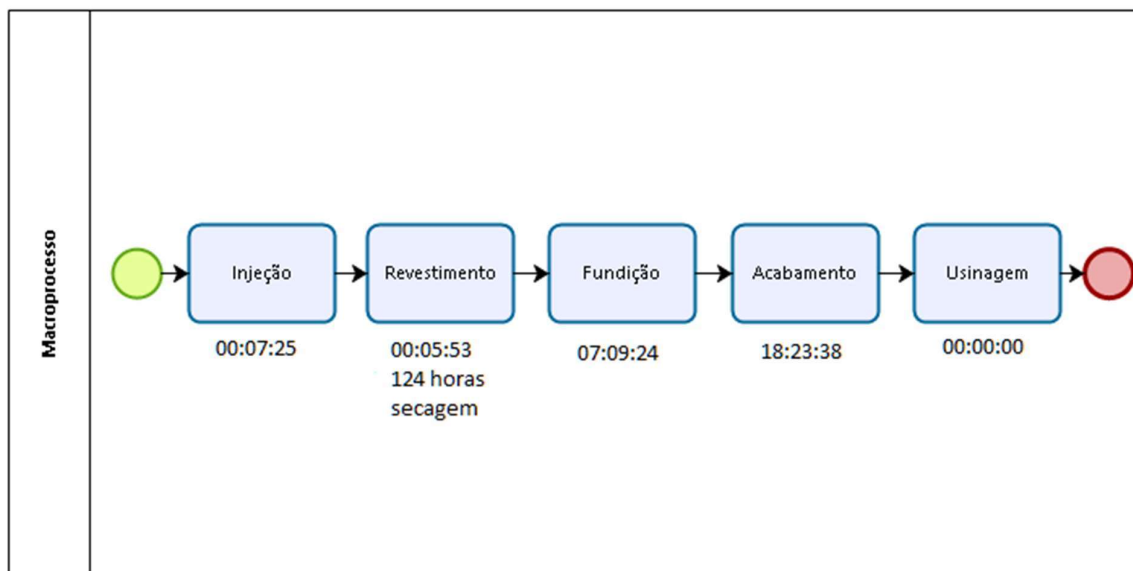
Figura 5 - Mapeamento do processo do código 11280



Fonte: Elaborado pela autora, (2018).

Em seguida na figura 6 apresenta-se o segundo mapeamento de item com a descrição dos seus tempos de processo.

Figura 6 - Mapeamento do processo do código 1383



Fonte: Elaborado pela autora, (2018).

Aplicando o princípio de Pareto aos processos de produção, o setor de revestimento lidera em tempo de atravessamento do processo em relação aos outros. Isso se deve ao longo processo de banhar o cacho e necessitar repouso para seca dessa lama depositada por 4, 6, 8 ou 72 horas dependendo do banho, e isso sucessivamente até finalizar a quantidade de banhos estipulada. Por necessitar de estudos mais apronfundados, esse trabalho não pode afirmar que é possível a diminuição do tempo total de atravessamento desse processo, por necessitar de estudos de materiais e comprometimento da qualidade das peças em relação ao tempo de seca.

4.1. TRATAMENTO DE DADOS DO FATURAMENTO DE VENDAS POR CÓDIGO DE PEÇA DE ACORDO COM A CLASSIFICAÇÃO ABC NA RELAÇÃO 50/30/20 DO SEU FATURAMENTO

Um quadro com os dados de código da peça, quantidade vendida e valor total da venda foi elaborada. A partir dessas informações foi calculado o faturamento

absoluto e relativo e posterior o faturamento acumulado. Realizou-se o ordenamento dos dados decrescente do faturamento, para obter a classificação ABC dos códigos. Dessa forma, obteve a relação do faturamento acumulado do valor aqui representado dos primeiros 50% do faturamento total, ou seja, a classe A, da curva ABC, demonstrado no quadro 7 em seguida.

Quadro 7 - Classificação ABC dos códigos pelo faturamento

Código	Valor	Valor Relativo	Acumulado Valor
11280	\$1,942,101.39	8.40%	8.40%
1383	\$1,134,777.60	4.91%	13.31%
11016	\$681,602.38	2.95%	16.25%
9993	\$652,675.10	2.82%	19.08%
10932	\$633,407.50	2.74%	21.82%
7056	\$504,980.19	2.18%	24.00%
9267	\$491,354.71	2.12%	26.12%
11367	\$457,380.00	1.98%	28.10%
10659	\$422,996.16	1.83%	29.93%
11154	\$370,896.24	1.60%	31.54%
10935	\$302,069.53	1.31%	32.84%
11286	\$294,732.44	1.27%	34.12%
11283	\$290,710.04	1.26%	35.37%
6957	\$281,337.41	1.22%	36.59%
11289	\$277,891.24	1.20%	37.79%
8598	\$249,177.72	1.08%	38.87%
11145	\$197,123.96	0.85%	39.72%
10962	\$196,653.60	0.85%	40.57%
11466	\$190,711.62	0.82%	41.40%
11106	\$190,376.03	0.82%	42.22%
11274	\$169,681.93	0.73%	42.96%
9966	\$169,636.50	0.73%	43.69%
11277	\$165,101.48	0.71%	44.40%
8952	\$164,988.16	0.71%	45.12%
11469	\$164,942.32	0.71%	45.83%
6633	\$164,015.28	0.71%	46.54%
7848	\$156,007.28	0.67%	47.21%
9654	\$149,929.93	0.65%	47.86%
9939	\$145,623.65	0.63%	48.49%
9270	\$145,549.25	0.63%	49.12%
10725	\$141,098.10	0.61%	49.73%
10938	\$138,589.00	0.60%	50.33%

Fonte: Elaborado pela autora, (2018).

Analizando então a Classe A, observamos que se tem 32 códigos, totalizando 50,33% do faturamento total dos meses de abril a setembro de 2017. Isto nos mostra, o que a teoria do Gráfico de Pareto diz, que 20% dos produtos equivalem a 80% do faturamento, e que o restante dos 80% dos produtos, equivalem a 20% do faturamento que resta.

Os códigos comparados ao faturamento observado do período são análises importantes porque demonstram de forma direta quanto algumas peças influenciam mais o faturamento em detrimento de outras, e que isso mostra o quanto o processo produtivo dessas peças merecem a atenção e a busca por melhorias constantes. Em números, estas peças que compõem o Pareto utilizado de 50% de todo o faturamento equivalem a apenas 3,88% do códigos totais vendidos, demonstrando o quanto são importantes e que sem uma análise como esta, muitas vezes são deixadas de lado por parecerem não importantes ao processo e não recebendo a devida preocupação e tempo dedicado a melhorar seu processo produtivo, seus problemas de molde, temperatura adequada, disposição das peças na composição do cacho montado, enfim, analisar de acordo com o faturamento obtido deixa claro quais realmente são as peças que compõem o resultado financeira da empresa crescer.

4.2. TRATAMENTO DE DADOS DOS TEMPOS DE PRODUÇÃO

Os dados sobre tempo de produção foram tratados e estão representados como pode ser observado no quadro 8 a seguir.

Quadro 8 - Análise dos dados de tempos de produção versus faturamento

Código	Valor	Coefficiente de Variação	Comprometimento Relativo	Comprometimento Relativo Acumulado
11280	\$1,942,101.39	1	23.91%	23.91%
9993	\$489,224.87	0.7495687643	6.02%	29.93%
9267	\$406,294.34	0.8268860275	5.00%	34.93%
10659	\$345,549.79	0.816909984	4.25%	39.19%
10935	\$285,308.85	0.9445138559	3.51%	42.70%
11286	\$263,065.34	0.8925564617	3.24%	45.94%
1383	\$259,715.90	0.2288694217	3.20%	49.13%
11154	\$238,895.03	0.6441020503	2.94%	52.07%

Fonte: Elaborado pela autora, (2018).

A partir do quadro 7, extraiu-se os valores do faturamento para o cálculo das proporções em relação aos coeficientes de variação dos tempos, com o objetivo de calcular o comprometimento relativo existente. Os comprometimentos demonstrados no quadro 7, são relativos a apenas a classe A da curva ABC dos comprometimentos dos tempos, que são compostos por oito códigos, onde foi calculado o desvio padrão pela média do tempos de cada código, resultando no coeficiente de variação dos tempos. Assim obteve-se os dados da coluna de comprometimento relativo, que informam o percentual do faturamento que a falta de padrão nos tempos realizados do processo de produção da etapa de injeção de cada código ocasiona.

Em destaque está o código 11280, que compromete 23,91% de todo o faturamento relacionado a etapa de injeção do processo injeção, ou seja, se houvesse apenas um padrão no tempo de produção deste, haveria uma redução de custos de mais de 23% da etapa de injeção do período. Estes dados ficam evidenciados com a relação de Pareto existente, porém, em especial nessa análise dos tempos, apenas 8 códigos estabelecem a relação dos 50% de todo o comprometimento em relação ao faturamento, equivalendo a pouco mais que 8% de todos os códigos analisados. Isso demonstra que esses códigos devem ser estudados para buscar melhorar seus aspectos de produção, pois algumas mudanças de melhorias, ocasionam índices grandes de redução de custos.

4.3. ANÁLISE DOS DADOS DO CRUZAMENTO DA TABELA DE FATURAMENTO VERSUS ÍNDICE DE APROVAÇÃO DE PEÇAS

Analizando os dados obtidos a partir da utilização da metodologia OEE, obtemos dados de quantidade de ciclos feitos para produção da injeção de determinado lote de produto e ainda o número de peças aprovadas de acordo com o estabelecimento de qualidade da peça pela empresa, sendo descritas as etapas no quadro 6. De acordo com os dados é possível visualizar que na maioria das vezes o número de peças injetadas é muito maior que o número de aprovadas, nos mostrando que as falhas no processo são constantes, padrões não seguidos ou qualquer variável que interfira na qualidade total da peça produzida.

Elaborou-se um quadro interligando os códigos de faturamento utilizados no trabalho, com o índice de peças aprovadas por injetadas, ou seja, se não houvesse

mudanças no padrão de produção de determinada peça, esse indicador seria 0%, porém quando há flutuações no valor de aprovadas/injetadas esse indicador aumenta, resultando no quadro 9 mostrado a seguir.

Os dados demonstrados são de código da peça, pós faturamento relacionado a esse código, o coeficiente de variação de aprovação deste código sendo a razão do desvio padrão pela média, o comprometimento relativo, ou seja, quanto se está deixando de ganhar por estar variando o número de peças aprovadas pelas injetadas e o comprometimento relativo acumulado do faturamento da etapa de injeção do processo.

Quadro 9 - Análise dos dados do cruzamento do quadro de faturamento versus índice de aprovação de peças

Códigos	Valor	Coeficiente de Variação	Comprometimento Relativo	Comprometimento Relativo Acumulado
11280	\$1,765,546.72	17.34%	9.48%	9.48%
1383	\$1,031,616.00	20.58%	6.58%	16.06%
11016	\$619,638.53	31.99%	6.14%	22.21%
10932	\$575,825.00	22.81%	4.07%	26.27%
9267	\$446,686.10	25.55%	3.54%	29.81%
7056	\$459,072.90	20.66%	2.94%	32.75%
10659	\$384,541.96	20.93%	2.49%	35.24%
9993	\$593,341.00	10.30%	1.89%	37.14%
9936	\$118,911.54	46.41%	1.71%	38.85%
11283	\$264,281.85	17.89%	1.46%	40.31%
11466	\$173,374.20	26.80%	1.44%	41.75%
11121	\$83,094.80	45.90%	1.18%	42.93%
11286	\$267,938.58	14.19%	1.18%	44.11%
6693	\$42,591.78	89.01%	1.17%	45.29%
11277	\$150,092.25	24.92%	1.16%	46.45%
7848	\$141,824.80	24.61%	1.08%	47.53%
8598	\$226,525.20	15.32%	1.08%	48.60%
11154	\$337,178.40	10.10%	1.06%	49.66%
11106	\$173,069.12	19.43%	1.04%	50.70%

Fonte: Elaborado pela autora, (2018).

Observa-se que as peças que compõem o quadro 9, abordado a classe A da curva ABC, são praticamente encontradas no quadro 7, com exceção de três peças. Analisando um pouco mais, visualizamos que os três primeiros códigos no quadro 9 que são os mesmos do quadro 7, juntos totalizam mais de 20% do comprometimento total do faturamento da etapa de injeção do período.

Assim, tendo essas informações como base, conclui-se que por mais que tenhamos desperdícios na produção por peças descartadas, erros em temperatura da cera, erro na pressão da máquina, cera de má qualidade, falta de habilidade do operador, entre outras tantas possíveis causas de problemas na produção, se o coeficiente de aprovadas fosse trabalhado em direção ao melhor que já realizaram, ter-se-ia melhorias nos custos de produção que hoje ocorre, e isso somado chega a 50% do valor do quadro 9, demonstrando a classe A desta curva ABC.

Conclui-se também que os códigos 11280 e 1383 são os que necessitam de maior atenção imediatamente, por estarem nas primeiras posições em todas as curvas ABC, por totalizarem mais de 16% de todo o comprometimento do faturamento da etapa de injeção o setor injeção analisado, e mais de 13% de todo o faturamento do período analisado referente a etapa de injeção equivalendo juntos a apenas 0,24% dos códigos de itens vendidos nesse período.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para conseguir diminuir falhas e desperdícios, as empresas precisam levantar seus dados, seus indicadores e cruzar esses dados com o que realmente é o objetivo, obter faturamento. Diante dessa realidade foi realizado um levantamento dos processos e de indicadores, uma análise financeira em relação aos produtos classificando pelo princípio de Pareto, uma análise em relação aos tempos do processo produtivo, e por fim, uma análise dos índices de aprovação dos códigos.

A partir do levantamento dos processos de produção foi possível realizar o fluxograma dos processos de produção de microfusão e em seguida, realizou-se o mapeamento de dois códigos que compõem a classe A da curva ABC elaborada, estes códigos estão em primeiro e segundo lugar da classe A, justificando sua importância. A partir dos mapeamentos é observado grande discrepância entre tempos de atravessamento dos processos. A partir da classificação dos processos pelo princípio de Pareto, foi demonstrado que o processo de revestimento possui o maior tempo de atravessamento, sendo considerado o processo gargalo de produção.

Na análise dos tempos de produção da etapa de injeção do processo de injeção, foram calculados os comprometimentos relativos ao faturamento ocasionados pelo coeficiente de variação dos tempos. Os resultados apontaram que apenas o primeiro item pelo princípio de Pareto, equivaleu a mais de 23% de todo o comprometimento do faturamento relacionado ao processo de injeção, pelo coeficiente de variação dos tempos.

De outra forma, foi analisado o comprometimento da aprovação de peças, onde foi calculado o índice aprovação de peças, o coeficiente de aprovação e após a relação de comprometimento do faturamento de cada código. Nessa análise, constatou-se que o coeficiente de variação é alto, justificando apenas os três primeiros códigos, 20% do comprometimento do faturamento na etapa de injeção.

Concluindo, todos os objetivos propostos foram alcançados. No setor de injeção é possível diminuir o tempo de entrega dos produtos, e assim melhorar o resultado financeiro por modificações no próprio processo produtivo. Padronizar os tempos de produção, manter o coeficiente de aprovação no melhor índice possível e buscar diminuir o coeficiente de variação dos tempos, aplicando métodos como PDCA para a identificação dos problemas que causam essa variação, utilizar *Poka Yoke* e o

sistema *Kanban* de cartões para padronizar o processo por lotes, produzir apenas o necessário e no tempo certo com o menor desperdício possível.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Assim, como sugestão para trabalhos futuros, a elaboração dos mapeamentos dos códigos em comum restantes encontrados na classe A das curvas ABC. E também, a elaboração de análises in loco das causas possíveis dos altos coeficientes de variação dos tempos e dos coeficientes de aprovação, propondo melhorias para solucioná-las.

REFERÊNCIAS

“O que é e Como Funciona a Microfusão | Fundação de Precisão - Microfusão | CECOMATEC - Máquinas, Equipamentos e Serviços”. Acessado 6 de novembro de 2018. <http://www.cecomatec.com.br/pt/o-que-e-e-como-funciona-a-microfusao-blog145.php>.

“Which machine learning algorithm should I use?” Subconscious Musings. Acessado 6 de novembro de 2018. <https://blogs.sas.com/content/subconsciousmusings/2017/04/12/machine-learning-algorithm-use/>.

ANJOS, Marcelo Carvalho dos, Celso Correia de Souza, Ivo Martins Cezar, Edison Rubens Arrabal Arias, e José Francisco dos Reis Neto. “O uso do método PDCA e de ferramentas da qualidade na gestão da agroindústria no estado de Mato Grosso do Sul”. *Agrarian* 5, nº 15 (2 de fevereiro de 2012): 75–83.

BARROS; A. J. da S.; LEHFELD, N. A. de S. Fundamentos de metodologia científica. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BARTH Bartz, Ana Paula, Andreas Dittmar Weise, e Janis Elisa Ruppenthal. “Aplicação da manufatura enxuta em uma indústria de equipamentos agrícolas”. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* 21, nº 1 (2013): 147–158.

BUSO, Christianne Matias. “Aplicação do indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE) e suas derivações como indicadores de desempenho global da utilização da capacidade de produção.” Text, Universidade de São Paulo, 2012. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-16072013-115859/>.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 8. ed. Belo Horizonte: Indg Tecs, 2004.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 5. ed. Belo Horizonte: Indg Tecs, 1992.

CONSUL, Josiel Teixeira. “Aplicação de Poka Yoke em processos de caldeiraria”. *Production* 25, nº 3 (18 de agosto de 2015): 678–90. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.084012>.

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N.. **JIT, MRP II e OPT: Um Enfoque Estratégico**. São Paulo: Atlas, 2006.

DIAS, Marco Aurélio P.. **Administração de materiais: princípios, conceitos e gestão**. São Paulo: Atlas, 2012.

GHINATO, Paulo. “Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-in-Time”. *Production* 5, nº 2 (dezembro de 1995): 169–89. <https://doi.org/10.1590/S0103-65131995000200004>.

GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2009.

LIKER, J.K. O Modelo Toyota - 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Trad. Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P.. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2015.

MEDEIROS, Hyggor da Silva, Alex Fabiano Bertollo Santana, e Levi da Silva Guimarães. “O uso dos métodos de custeio nas indústrias de manufatura enxuta: uma análise da literatura”. *Gestão & Produção* 24, nº 2 (23 de fevereiro de 2017): 395–406. <https://doi.org/10.1590/0104-530x2183-16>.

MELLO, Mario Fernando de, Luiza Antonia Cunha, Nilson Josimar da Sila, e Anderson Cardoso Araújo. “A importância da utilização de ferramentas da qualidade como suporte para melhoria de processo em indústria metal mecânica—um estudo de caso”. *Exacta* 15, nº 4 (2017): 63–75.

MONARD, Maria Carolina; BARANAUSKAS, José Augusto. **Conceitos sobre Aprendizagem de Máquina**. 2003. Disponível em: <<http://dcm.ffclrp.usp.br/~augusto/publications/2003-sistemas-inteligentes-cap4.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2018.

MONDEN, Yasuhiro. Sistema Toyota de Produção. São Paulo: Imam, 1984.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala. Trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 2005.

OLIVEIRA, Carla Milanesi de. “CURVA ABC NA GESTÃO DE ESTOQUE”, [s.d.].

PALADINI, Edson Pacheco. Gestão da Qualidade. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

PEINADO, JURANDIR, e G. AGUIAR. “Compreendendo o Kanban: um ensino interativo ilustrado”. *Revista DaVinci. Curitiba—PR* 4, nº 1 (2007): 133–146.

REVISTA ABIFA. Fundação & Matérias-primas: Fundação & Matérias-primas, jan. 2008.

REVISTA ABIFA. Fundação & Matérias-primas: Fundação & Matérias-primas, jul. 2010.

SALGADO, Eduardo Gomes, Carlos Henrique Pereira Mello, Carlos Eduardo Sanches da Silva, Eduardo da Silva Oliveira, e Dagoberto Alves de Almeida. “Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos”. *Gestão & Produção* 16, nº 3 (setembro de 2009): 344–56. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2009000300003>.

SANCHES, Marcelo Kaminski. “Aprendizado de máquina semi-supervisionado: proposta de um algoritmo para rotular exemplos a partir de poucos exemplos rotulados”. Text, Universidade de São Paulo, 2003. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-12102003-140536/>.

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

SLACK, Nigel. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 2009.

VIANNA, Ilca Oliveira de Almeida. **Metodologia do Trabalho Científico. Um Enfoque Didático da Produção Científica.** São Paulo: Epu, 2001.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas.** Rio de Janeiro: Campus, 2006.

GLOSSÁRIO

Absenteísmo: É um padrão habitual de ausências no processo de trabalho, dever ou obrigação, seja por falta ou atraso, falta de motivação ou devido a algum motivo interveniente. É usado também para designar a soma dos períodos de ausência de um funcionário de seu ambiente de trabalho.

Algoritmos: É uma sequência finita de instruções bem definidas e não ambíguas, cada uma das quais devendo ser executadas mecânica ou eletronicamente em um intervalo de tempo finito e com uma quantidade de esforço finita.

Círculo da qualidade: É um pequeno grupo de funcionários que se reúne regularmente e voluntariamente para realizar atividades de controle da qualidade dentro de suas áreas.

Coeficiente de aprovação: Razão do desvio padrão de uma medida em um período pela média da medida no mesmo período.

Comprometimento: É o produto entre o coeficiente de variação de uma medida no período e o faturamento do código no mesmo período.

Gargalo de produção: É o nome dado a qualquer obstáculo que possa interferir nos processos produtivos de uma empresa.

Heijunka: É o ato de nivelar a variedade ou o volume de itens produzidos em um processo ao longo de um período de tempo.

Índice de aprovadas: Razão entre aprovadas e injetadas.

Jobbing: Termo inglês para trabalho.

Just-in-time: É um sistema de administração da produção que determina que tudo deve ser produzido, transportado ou comprado na hora exata.

Kaizen: Refere-se a filosofia ou práticas que incidem sobre a melhoria contínua dos processos de manufatura, engenharia, gestão de negócios ou qualquer processo.

Kanban: É um cartão de sinalização que controla os fluxos de produção ou transportes em uma indústria. O cartão pode ser trocado por outro sistema de sinalização, como luzes, caixas vazias e até locais vazios demarcados.

Layout: É uma palavra inglesa, muitas vezes usada na forma portuguesa "leiaute", que significa plano, arranjo, esquema, design, projeto.

Lean Manufacturing: Traduzível como manufatura enxuta e também chamado de Sistema Toyota de Produção, é uma filosofia de gestão focada na redução dos sete tipos de desperdícios (superprodução, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimento e defeitos). Eliminando esses desperdícios, a qualidade melhora e o tempo e custo de produção diminuem.

Leiaute: Significa plano, arranjo, esquema, design, projeto.

Machine learning: É um método de análise de dados que automatiza a construção de modelos analíticos. É um ramo da inteligência artificial baseado na ideia de que sistemas podem aprender com dados, identificar padrões e tomar decisões com o mínimo de intervenção humana.

Mapeamento do fluxo de valor: É uma poderosa ferramenta de comunicação e planejamento, além de servir para que as pessoas conheçam detalhadamente seus processos de fabricação. Com ele, se estabelece uma linguagem comum entre os colaboradores iniciando, posteriormente, um processo de melhoria.

Microfusão: Também conhecido como cera perdida, é usado na produção de peças de metal, no qual se pode usar quase todas as ligas. Apesar da história datar o uso do processo de fundição de precisão à fabricação de peças de artes, atualmente o processo tem sido usado em larga escala nos mais diversos segmentos de mercado e com as mais variadas geometrias.

Peças aprovadas: Peças injetadas que estão dentro dos padrões de qualidade da empresa.

Peças descartadas: Peças injetadas que não estão dentro dos padrões de qualidade da empresa.

Peças injetadas: Peças produzidas a partir de um molde com determinado número de cavidades, onde a partir de um ciclo da máquina injetora, resulta em peças injetadas em cera.

Poka yoke: É um dispositivo a prova de erros destinado a evitar a ocorrência de defeitos em processos de fabricação e/ou na utilização de produtos.

Stakeholders: É um dos termos utilizados em diversas áreas como gestão de projetos, comunicação social administração e arquitetura de software referente às partes interessadas que devem estar de acordo com as práticas de governança corporativa executadas pela empresa.

Turnover: É um termo da língua inglesa que significa "virada"; "renovação" e "reversão". A rotatividade de Pessoal, no contexto de Gestão de Pessoas, está relacionada com o desligamento de alguns funcionários e entrada de outros para substituí-los, ou seja, a rotatividade é caracterizada pelo fluxo de entradas e saídas de pessoas em uma organização.

APÊNDICE 1: Fluxograma do processo produtivo

