

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Raphael Emmanuel Neves Rodrigues

MELHORIA DA PRODUTIVIDADE POR MEIO DO BALANCEAMENTO DO FLUXO
DE OPERAÇÃO APLICADO EM UMA EMPRESA DO RAMO OFTÁLMICO DO POLO
INDUSTRIAL DE MANAUS

MANAUS

2017

RAPHAEL EMMANUEL NEVES RODRIGUES

MELHORIA DA PRODUTIVIDADE POR MEIO DO BALANCEAMENTO DO FLUXO
DE OPERAÇÃO APLICADO EM UMA EMPRESA DO RAMO OFTÁLMICO DO POLO
INDUSTRIAL DE MANAUS

Trabalho de Conclusão apresentado como
requisito parcial à obtenção do título de
bacharel em Engenharia Mecânica de da
Universidade Estadual do Amazonas (UEA).

Orientador: Prof^o. Dr. Antônio Cláudio Kieling

MANAUS – AM

2017

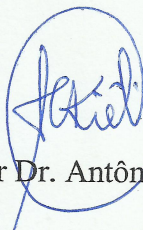
RAPHAEL EMMANUEL NEVES RODRIGUES

MELHORIA DA PRODUTIVIDADE POR MEIO DO BALANCEAMENTO DO FLUXO
DE OPERAÇÃO APLICADO EM UMA EMPRESA DO RAMO OFTALMICO DO POLO
INDUSTRIAL DE MANAUS

Este Trabalho de Curso foi considerado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e aprovado em sua forma final pela comissão examinadora.

Manaus 07 de Dezembro de 2017.

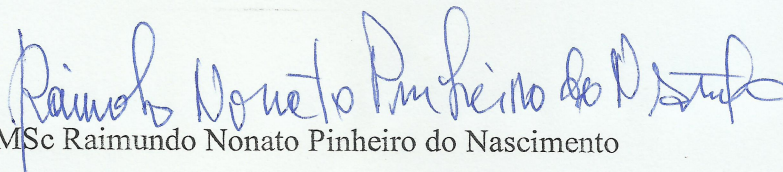
Banca examinadora:



Professor Dr. Antônio Cláudio Kieling



Professor MSc. Marcos Dantas dos Santos



Professor MSc. Raimundo Nonato Pinheiro do Nascimento

*Dedico esse trabalho à minha
mãe, D. Leila, por todo seu amor e apoio.*

AGRADECIMENTOS

Diz o ditado que a “a estrada do sucesso se percorre a pé”, mas apesar do caminho ser difícil, precisamos ser gratos a toda ajuda que recebemos no decorrer dele. Assim, em momentos como esse, temos de lembrar de agradecer à Deus. Mas jamais esquecer das pessoas que ajudaram, como minha mãe que sempre foi um exemplo em como amar uma pessoa. Aos meus irmãos, que em vários momentos me orientaram na direção certa e me apoiaram em diferentes formas. Sem esquecer do meu orientador professor Dr. Antônio Cláudio Kieling, por toda paciência e motivação na elaboração desse trabalho.

“O sucesso é ir de fracasso em fracasso sem perder entusiasmo”

(Winston Churchill)

RESUMO

Com base nos conceitos da produção enxuta, direcionou-se essa pesquisa, que foi aplicada no departamento de embalagem de uma empresa do ramo oftálmico localizada no Pólo Industrial de Manaus (PIM). O principal problema observado, estava relacionado as atividades desenvolvidas pelas operadoras da linha onde foram identificadas atividades que não geram valor ao cliente (como excesso de conferência e movimentação) e também tempo ocioso (de espera) que poderia indicar um excesso de mão de obra na linha. Nesta perspectiva, definiu-se como objetivo geral desta pesquisa a análise do trabalho e estudo dos tempos e movimentos do processo de embalagem de lentes oftálmicas acabadas de uma empresa situada no Pólo Industrial de Manaus, com foco na otimização das atividades e na proposta de melhorias para a produtividade. Ainda, a fim de atingir tal objetivo empregou-se a pesquisa bibliográfica, como base metodológica, além de procedimentos analíticos, convergindo para um estudo de caso, uma vez que, um espaço específico (Empresa) é analisado. Os resultados obtidos demonstram que a metodologia aplicada confirma as hipóteses onde foi possível se realizar as propostas para a otimização das atividades no processamento bem como a redução de mão de obra e ainda a proposta de melhorias que podem impactar positivamente na produtividade a médio e longo prazo. De maneira geral, os objetivos foram alcançados, tornando viável a proposta apresentada. Além disso, este trabalho foi de grande valia, tanto para a vida profissional quanto para vida pessoal, pois foi possível perceber que o estudo dos tempos e movimentos é de grande importância para a determinação de melhorias e que pode ser aplicada a qualquer processo ou atividade produtiva.

Palavras-chave: Cronoanálise; Melhoria; Balanceamento de Operações.

ABSTRACT

Based on the concepts of lean production, this research was directed to the packaging department of an ophthalmic company located in the Industrial Area of Manaus (PIM). The main problem observed was related to the activities developed by the operators of the line where activities were identified that do not generate customer value (such as over-conference and handling) and also idle (waiting) time that could indicate an excess of labor in the line. In this perspective, the objective of this research was to analyze the work and study of the times and movements of the finished ophthalmic lens packaging process of a company located in the Industrial Area of Manaus, focused on optimizing activities and proposing improvements productivity. Also, in order to achieve this objective, bibliographical research was used as a methodological basis, as well as analytical procedures, converging to a case study, since a specific space (Company) is analyzed. The results show that the applied methodology confirms the hypotheses where it was possible to carry out the proposals for the optimization of the activities in the processing as well as the reduction of labor and also the proposal of improvements that can positively impact the productivity in the medium and long term . In general, the objectives were achieved, making feasible the proposal presented. In addition, this work was of great value, both for professional and personal life, because it was possible to perceive that the study of times and movements is of great importance for the determination of improvements and that can be applied to any process or activity productive.

Keywords: Chronoanalysis; Improvement; Operations Balancing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de Transformação.	20
Figura 2 - Sistema empurrado e Sistema puxado.	29
Figura 3 - Os sete princípios do Lean Manufacturing.	31
Figura 4 - Classificações da Pesquisa Científica.	42
Figura 5 - Layout antes e depois da melhoria.	49
Figura 6 - Proposta de melhoria - utilização das esteiras para diminuição do tempo de movimentação.	50
Figura 7 - Estado Atual versus estado proposto.	51
Figura 8 - Diferenças entre Produção Orma e Produção Poly.	62
Figura 9 - Layout inicial do processo de embalagem de lentes oftálmicas acabadas.	64
Figura 10 - Esquema de entrada e saída da máquina MCE.	64
Figura 11 - Fluxo de movimentação das lentes acabadas com e sem tratamento.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Diagrama do processo de embalagem de lentes acabadas	66
---	----

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Takt Time	36
Equação 3 - Performance.....	36
Equação 4 - Qualidade.....	36
Equação 5 - Cálculo de OEE	37
Equação 6 - Tempo de Ciclo	37
Equação 7 - Ocupação Mensal da Máquina	37
Equação 8 - Necessidade Mensal de Mão de Obra	37

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tempo de processamento por operador de acordo com a classificação dos elementos.....	47
Gráfico 2 - Tempos máximo e mínimo por operador.....	47
Gráfico 3 - Tempo de processamento por operador de acordo com a classificação dos elementos.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Determinação do <i>Takt Time</i> para a situação atual.....	46
Quadro 2 – Simulação do novo <i>Takt Time</i> para melhoria proposta.....	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	A FUNÇÃO PRODUÇÃO.....	19
2.2	GESTÃO DA PRODUÇÃO E OPERAÇÕES.....	21
2.2.1	Conceito	21
2.2.2	Evolução Histórica	23
2.3	LEAN MANUFACTURING	26
2.3.1	História do Lean	27
2.3.2	Os Princípios do Lean Manufacturing	27
2.3.2.1	Especificação do valor	28
2.3.2.2	Identificação da cadeia de valor	28
2.3.2.3	Fluxo de valor	28
2.3.2.4	Produção Puxada.....	29
2.3.2.5	Perfeição.....	30
2.3.3	Os Sete Desperdícios	31
2.3.4	Ferramentas e Metodologias	32
2.3.5	Métricas Lean	35
2.4	MELHORIA CONTÍNUA.....	37
2.5	UTILIZAÇÃO DA CRONOANÁLISE.....	39
2.5.1	Determinação do Modelo de Cronoanálise	39
2.5.2	Metodologia e instrumentos para captação dos tempos	39
2.5.3	Divisão da Operação e Elementos	40
2.5.4	Registro dos tempos	40
3	METODOLOGIA	42
3.1	TIPO DE PESQUISA.....	42
3.2	COLETA DE DADOS	43
4	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	45
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICES.....	57

1 INTRODUÇÃO

No atual mercado competitivo em que a tomada de decisão é cada vez mais veloz; os recursos materiais mais escassos; os clientes por sua vez, apresentam-se mais exigentes e, conseqüentemente, os processos produtivos geradores de bens e/ou serviço evoluem constantemente, tornam-se evidentes as dificuldades das empresas em estabelecer uma estratégia que direcione à uma condição sustentável.

Para encarar este novo modelo de mercado é evidente a necessidade de se desenvolver uma gestão inovadora que seja capaz de gerar vantagem competitiva e que propicie o crescimento organizacional com foco no futuro. Além disso, com a diminuição do poder de compra das famílias brasileiras, e uma tendência de queda nas vendas dos últimos anos, a forma de gerir e administrar deve ser focada na utilização racional dos recursos, embasada na conscientização da importância da qualidade, e seus benefícios na organização.

Neste sentido, o processo de produção vem sendo desenvolvido pelas empresas que atuam em um ambiente em que o mercado define as regras, propondo a aplicação de ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de uma produção enxuta (KACH et al, 2014). Esta sistemática tem como objetivo aumentar o resultado e a capacidade de produção da organização.

A ideia de produção enxuta, que vem sendo disseminado no mercado produtivo e consumidor, busca produzir mais com menos, sendo esta a principal meta da cadeia produtiva, onde cria-se uma necessidade constante de buscar alternativas que reduzam custos, eliminem desperdícios e tudo o que não agrega valor, do ponto de vista do cliente, mantendo-se ou elevando-se o nível da qualidade do produto.

Com base nos conceitos da produção enxuta, direcionou-se essa pesquisa, que foi aplicada no departamento de embalagem de uma empresa do ramo oftálmico localizada no Pólo Industrial de Manaus (PIM).

A empresa em questão, possui um sistema produtivo complexo, com vários departamentos que trabalham na produção e tratamento de lentes oftálmicas orgânicas e em policarbonato, sendo que até o próprio departamento de embalagem, possui em seu *layout* várias linhas distintas que realizam o processamento de lentes acabadas e semi-acabadas orgânicas. O processo de embalagem de lentes acabadas, escolhido como foco desta pesquisa, por ser o processo de maior afinidade do pesquisador, possui três linhas que operam em dois

turnos, com quatro operadores em cada turno e com produção diária de aproximadamente 27.000 lentes.

Durante o período de estágio, por meio do desenvolvimento das atividades diárias do pesquisador, da observação direta e de conversas com pessoas do departamento (operadores, especialistas, líderes e coordenador), foi possível a identificação de oportunidades que poderiam trazer melhoria para a produtividade do departamento, sendo estas relacionadas, principalmente, às atividades realizadas pelos operadores durante o processo e a capacidade da linha em si.

O principal problema observado, estava relacionado as atividades desenvolvidas pelas operadoras da linha onde foram identificadas atividades que não geram valor ao cliente (como excesso de conferência e movimentação) e também tempo ocioso (de espera) que poderia indicar um excesso de mão de obra na linha.

Nesta perspectiva, definiu-se como objetivo geral desta pesquisa a análise do trabalho e estudo dos tempos e movimentos do processo de embalagem de lentes oftálmicas acabadas de uma empresa situada no Pólo Industrial de Manaus, com foco na otimização das atividades e na proposta de melhorias para a produtividade.

Sendo assim, o questionamento que norteia esta pesquisa, baseia-se na possibilidade da utilização da metodologia para o estudo dos tempos e movimentos, visando a análise do trabalho, para se confirmar ou refutar as oportunidades de melhoria identificadas no processo de acordo com as observações realizadas previamente.

As hipóteses partem da premissa de que com a análise do trabalho seja possível aumentar a produtividade do departamento por meio da racionalização das atividades dos operadores, eliminando os desperdícios, estabelecendo novas normas para a execução do trabalho e adaptando os operadores à tarefa. Para se confirmar ou refutar as hipóteses supracitadas, emprega-se a pesquisa bibliográfica, como base metodológica, além de procedimentos analíticos. Ainda, convergindo para um estudo de caso, uma vez que, um espaço específico (Empresa) é analisado.

Ainda, a fim de atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos: (i) descrever o processo e a sequência de operações; (ii) identificar as atividades que agregam e não agregam valor; (iii) analisar as atividades por operador; (iv) balancear as atividades e (v) propor melhorias com base nas tomadas de tempo e nas observações realizadas.

Justifica-se esta pesquisa, primeiramente, pelo benefício que a mesma trará para empresa, pois, os resultados poderão contribuir para um significativo aumento na produtividade, redução de custos com mão de obra e com outras melhorias que o estudo pode proporcionar ao departamento com relação a otimização das atividades desenvolvidas. Ademais, o foco está nos elementos fundamentais para todas as organizações atuais – produtividade, custo e melhoria de processo – que, além disso, é relevante para formação e futura atuação profissional de um Engenheiro.

Para tanto, este estudo apresenta inicialmente a Introdução e a Fundamentação Teórica, em que se relaciona a área científica com o tema abordado. Posteriormente a metodologia é descrita e a esse tópico seguem-se a apresentação do estudo de caso e os resultados obtidos. As considerações finais trazem uma avaliação geral do estudo realizado, e ainda as conclusões referentes ao que foi realizada e ao que ainda pode ser melhorado a longo prazo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A FUNÇÃO PRODUÇÃO

As organizações são sistemas dinâmicos e integrados que estão em funcionamento constante para produção de bens ou serviços. “Todas as organizações possuem pelo menos cinco atividades básicas, sendo estas: atividades mercadológicas, contábeis, de gestão de pessoas, logísticas, e atividades de produção” (PEINADO; GRAEML, 2007, p.47). As atividades de produção são aquelas diretamente ligadas ao processo produtivo e que tratam dos processos utilizados pelas organizações para produzir bens e serviços.

Estas atividades são classificadas em duas categorias, como funções principais e de apoio, representando as diferentes estruturas organizacionais adotadas pelas empresas (SLACK, 2002).

As funções principais exercem responsabilidades fundamentais à organização: a função marketing, a função contábil-financeira, a função desenvolvimento de produto/serviço;

Já as funções de apoio, atuam suprindo e apoiando a função produção, são a função recursos humanos, função compras, a engenharia/suporte técnico.

A função produção ocupa um papel central em todas as organizações pois é responsável pela produção de bens e serviços demandados pelos consumidores, constituindo assim o objetivo principal da empresa e, para que isso aconteça, envolve recursos e habilidades, indo muito além de apenas a fabricação de produtos (PEINALDO; GRAEML, 2010).

“A função produção é entendida como um conjunto de atividades que levam à transformação de um bem tangível em outro com maior valor agregado” (MARTINS; LAUGENI, 1999, p.02). Esse processo é a atividade predominante de um sistema denominado produção onde o propósito fundamental é reunir recursos (*inputs*) que serão transformados em bens ou serviços (*outputs*) que satisfaçam as necessidades de seus clientes.

O modelo apresentado na Figura 1, ficou consagrado em praticamente toda a literatura referente ao tema por demonstrar, de maneira simples, o processo de transformação de insumos em produtos acabados ou semi-acabados.

Os recursos a serem transformados (matérias-primas, componentes, informações, etc.) são aqueles que serão convertidos no processo de produção por meio da ação dos recursos

transformadores (instalações, *know-how*, funcionários) e geram saídas em forma de produto final ou subproduto.

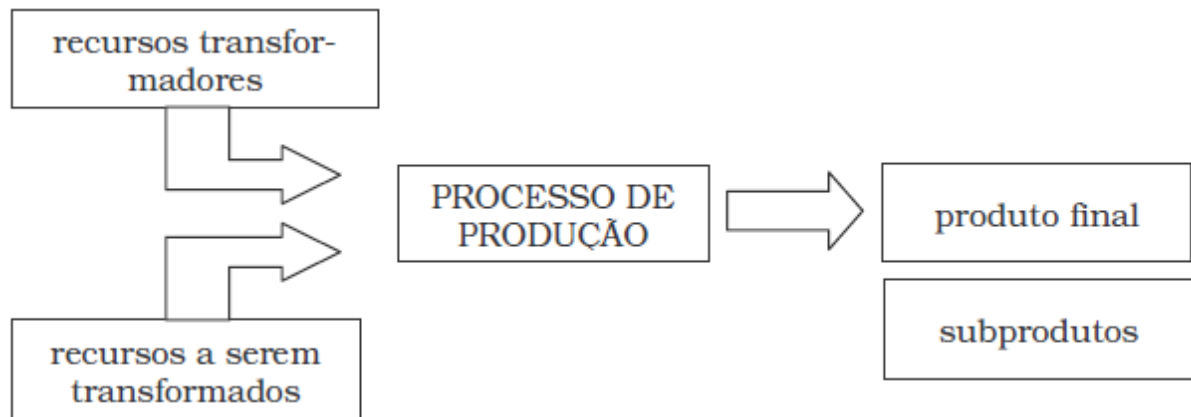


Figura 1 - Modelo de Transformação.

Fonte: Peinaldo e Graeml (2007).

Sendo assim, pode-se constatar que:

“A contribuição da função produção para o sucesso competitivo das organizações, a longo prazo, dependerá do papel desempenhado pela mesma, o qual deve exceder seu propósito fundamental. Preliminarmente, torna-se necessário para a função produção o conhecimento dos objetivos de desempenho priorizados pela empresa, os quais por sua vez indicarão maior ou menor sucesso das operações da produção. A atuação da função produção apoiando, implementando e impulsionando a estratégia empresarial, antes de contribuir para a competitividade, justifica a existência específica da produção na empresa” (BALBÃO; RIBEIRO; ALLIPRANDINI, 2004, p.02).

“A maneira como o processo de transformação é realizada implica em consequências vitais para a empresa, que podem ser tanto positivas quanto negativas” (PARANHOS FILHO, 2012, p.85).

São positivas quando a produção é realizada de tal forma que passa a representar uma vantagem competitiva para a empresa, ou seja, quando consegue realizar a transformação de materiais em produtos melhores e de maneira mais eficiente do que os concorrentes, gerando um diferencial em termos de qualidade, custo e entrega.

As consequências passam a ser negativas quando os resultados da função produção são rejeitados pelos clientes, seja por falta de confiabilidade no produto, seja pelo não atendimento ao tempo de espera ou, ainda, pelo preço.

2.2 GESTÃO DA PRODUÇÃO E OPERAÇÕES

2.2.1 Conceito

Os sistemas de produção sempre existiram, porém não na mesma perspectiva atual. As diversas mudanças que ocorreram, em nível mundial, tornaram a economia mais integrada e competitiva, exigindo assim que os sistemas de produção, dentro das organizações, fossem cada vez mais especializados e moldados por inovações tecnológicas. As formas de gestão, então, evoluíram no decorrer do tempo, assumindo uma postura mais dinâmica, para se adaptar ao novo contexto moderno de produção, onde o gerenciamento dos recursos disponíveis para as transformações de bens e prestação de serviços é o foco principal (PEREIRA, 2015).

Com o passar do tempo e com as grandes transformações que ocorreram em relação as formas de produção, a gestão das operações e dos processos produtivos começou a demandar maior atenção pois, surgiram maiores preocupações quanto ao tempo e aos recursos mais escassos da produção.

“Compreendendo a organização como um arranjo sistemático de duas ou mais pessoas que trabalham cooperativamente em prol de um objetivo comum” (ROBBINS, 2002, apud PEINALDO; GRAEML, 2007, p.41), constatou-se a necessidade cada vez maior de haver uma gestão integrada com métodos efetivos a fim de alcançar os melhores resultados possíveis de produtividade.

Partindo do pressuposto de que toda organização tem dentro de si uma função produção, pois trabalha na transformação de matérias primas que geram algum “pacote de valor” para seus clientes, incluindo algum composto de produtos e serviços, no caso das organizações industriais, o processo de produção é identificado como a etapa predominante, sendo assim, para gerenciar os recursos e atividades de transformação, exige planejamento, organização, liderança e controle estratégico.

A partir deste cenário, surgem os conceitos de gestão da produção e operações que como “uma atividade de gerenciamento de recursos escassos e processos que produzem e entregam bens e serviços, visando a atender as necessidades e/ou desejos de qualidade, tempo e custo de seus clientes” (LOPES; SIEDENBERG; PASQUALINE, 2010, p.09).

Pode-se dizer, ainda que a administração de produção "trata da maneira pela qual as organizações produzem bens e serviços" (SLACK, 1999, p.25).

O conceito de gestão da produção e operações por meio de duas perspectivas, a corporativa e a operacional. Por meio da primeira, voltada para perspectiva corporativa, a administração de produção pode ser entendida como a gestão de recursos diretos de uma organização que são essenciais para a obtenção de produtos e serviços finais. Estes autores enfatizam que essa abordagem, baseada na missão corporativa, demonstra como a empresa utiliza seus recursos, por meio de uma integração interdepartamental, para obter vantagem competitiva através de uma divisão de funções de produção em diversos níveis hierárquicos, estratégico, tático e operacional (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2003).

“A partir de uma perspectiva operacional, a gestão da produção e operações pode ser vista como um conjunto de componentes, cuja função está concentrada na conversão de um número de insumos em algum resultado desejado” (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2003, p.25).

Para alcançar tal objetivo, a gestão da produção e operações se encontra em todas as áreas de atuação dos diretores, gerentes, supervisores e/ou qualquer colaborador da empresa certificando-se como uma área interdisciplinar (MARTINS; LAUGENI, 2002).

Com relação a isso, a gestão da produção e operações abrange uma vasta gama de assuntos, envolvendo três importantes conceitos: o conceito de organizações; de administração e de atividades de produção, que não podem e nem devem ser vistos de forma isolada dentro da organização (PEINADO; GRAEML, 2007).

Além disso, os gerentes de produção são os funcionários que possuem a responsabilidade de administrar os recursos envolvidos pela função produção (SLACK et al, 2002). As responsabilidades dos gerentes podem ser divididas em diretas e indiretas. As diretas se relacionam ao desenvolvimento e o entendimento de uma estratégia de produção, ou seja, de como planejar, controlar e melhorar a produção. Quanto às indiretas, referem-se às responsabilidades de informar as oportunidades e as restrições da produção aos outros departamentos, ou seja, discutir sobre como os planos de produção e dos demais departamentos podem ser modificados para benefício da empresa e encorajar as sugestões de melhorias para a prestação de serviço da produção aos outros departamentos (SOUZA, 2009).

Sendo assim, como as atividades de administração da produção acontecem a todo o instante, em número e frequência muito maiores do que possam parecer, a Gestão da Produção e Operações só poderá ser considerada eficaz se todos os recursos forem utilizados de maneira

eficiente para produção de bens/serviços, satisfazendo as necessidades dos clientes. Isso se define como produtividade.

De forma ampla ou limitada, administrar operações é fundamental para cada área de uma organização, porque somente por meio de uma administração bem-sucedida de pessoas, informações, materiais e atividades, ela pode cumprir suas metas.

2.2.2 Evolução Histórica

As atividades da gestão da produção remontam à origem do ser humano, porém, a grande transformação desta atividade ocorreu a partir da Revolução Industrial (PEINALDO; GRAEML, 2007).

No o final do século XIV a produção era caracterizada pelo artesanato e os sistemas de produção eram chamados de “sistemas caseiros”, por serem realizados em casas ou cabanas, onde os artesãos orientavam aprendizes a executarem o trabalho manual nos produtos. Neste tipo de produção a força de trabalho era altamente qualificada, e muitos trabalhadores progrediam por meio de um aprendizado abrangendo todo um conjunto de habilidades artesanais.

A produção artesanal pode ser considerada a primeira forma de produção organizada, posto que os artesãos estabeleciam prazos de entrega, conseqüentemente instituindo prioridades, atendiam especificações preestabelecidas e fixavam preços para suas encomendas.

“Posteriormente a segunda metade do século XVIII, na Inglaterra, ocorreu o desenvolvimento de uma nova economia, baseada no aparecimento de fábricas e de invenções, tal como o surgimento das máquinas a vapor, inventada por James Watt em 1764, além da substituição da força humana e da água pela força mecanizada” (PEREIRA et al, 2015, p.02).

“Este marco histórico, caracterizado como Revolução Industrial, marcou o surgimento do sistema fabril e se consolidou como fato gerador da administração da produção, tal como é conhecida nos dias atuais”. (PEINADO; GRAEML, 2007, p. 55-56)

Esta Primeira Revolução Industrial mudou completamente a face da indústria, com uma crescente mecanização das tarefas anteriormente executadas de forma manual, sendo necessária a organização de máquinas, pessoas e outros recursos, para uma produção mais eficiente.

A revolução se expandiu da Inglaterra para a Europa e Estados Unidos, onde o conceito de padronização de componentes começou a ser difundido, em 1790, quando Eli Whitney, inventor americano, conduziu a produção de mosquetes com peças intercambiáveis, fornecendo uma vantagem operacional aos exércitos e permitindo uma linha de montagem mais flexível por meio da padronização nos encaixes de peças (PASQUALINI; LOPES; SIENDENBERG, 2010).

“A partir deste período teve início também o registro, por meio de desenhos e croquis, dos produtos e processos fabris, surgindo a função de projeto de produto, de processos, de instalações, de equipamentos, etc”. (KHOURY, 2011, p. 17).

Outro fato marcante para a indústria prosperar nos Estados Unidos foi o pós-guerra civil, no século XIX. Nesse período houve uma mudança estrutural, separando o capitalista do empregador, com os administradores se tornando empregados assalariados dos financistas que possuíam o capital. A colonização do oeste dos EUA criou a necessidade por novos produtos e as ferrovias se tornaram a segunda grande indústria americana.

Todos esses desenvolvimentos prepararam o cenário para a grande explosão de produção entre o final do século 19. Um novo ambiente socioeconômico surgiu, e percebendo a necessidade de abastecer os maciços mercados, um grupo de engenheiros, executivos comerciais, consultores, educadores e pesquisadores desenvolveram métodos e a filosofia da administração científica (*Scientific Management*). “Frederic Winslow Taylor é conhecido como o pai da administração científica ele era um estudioso das formas de aumentar a produtividade em processos produtivos” (GAITHER; FRANZIER, 2001, p.08). Sua intenção era claramente ligada à eficiência: fazer mais produtos com menos recursos. Ele estudou os problemas fabris cientificamente e popularizou a noção de eficiência. Para tanto, desenvolveu a chamada Administração Científica, que consiste basicamente em quebrar as tarefas em subtarefas elementares e trabalhar excessivamente para tornar cada uma delas tarefas mais eficientes.

No início do século 20, Henry Ford começa a desenvolver os princípios da produção em massa, a partir da percepção de um potencial mercado consumidor de baixa renda para automóveis e da constatação de que a produção artesanal não era a melhor maneira de produção para este tipo de consumidor, uma vez que os custos eram elevados. Ford alia os conceitos da intercambiabilidade de peças (de Whitney) à Administração Científica (de Taylor) e acrescenta o conceito de linhas de montagem seriada (PASQUALINI; LOPES; SIENDENBERG, 2010).

Como resultado consegue produzir produtos padronizados com pouca variedade que, a cada aumento de quantidade de produção, reduz o custo desta, ou seja, consegue economias de escala.

A produção em massa fez uma revolução na indústria, conseguindo economias de escala (os produtos se tornaram acessíveis a um maior número de pessoas), no entanto, apareceram as deficiências deste modelo de produção, como a geração de grandes estoques, a padronização dos produtos, a alienação do trabalhador e os altos índices de desperdício (CORRÊA; CORRÊA, 2011).

Neste contexto, a partir dos anos 50, surgia uma nova ideia de produção capaz de suprir as necessidades de ampla variedade e curta vida útil dos produtos, de qualidade assegurada, de trabalho de acordo com a demanda e redução dos custos. Desta forma, irrompe o Sistema Toyota de Produção (STP), que começou a ser desenvolvido a partir de uma visita de Eiji Toyoda, filho do fundador e então diretor da Toyota, à fábrica Rouge da Ford nos Estados Unidos.

Toyoda voltou de lá com a certeza de que não poderia introduzir o modelo de produção americano (produção em massa) no Japão, devido às diferenças culturais, econômicas e geográficas e também por perceber alguns dos problemas daquele tipo de produção. Sendo assim, o Sistema Toyota de Produção – STP –, foi desenvolvido instintivamente por Taiichi Ohno, o então engenheiro de produção da Toyota, pela necessidade de atender à demanda.

Entre as principais características do STP, podemos citar: just in time, kanban, fluxo e nivelamento da produção, eliminação de desperdícios, células de produção, melhoria contínua e benchmarking.

O STP foi o modelo de produção que originou a chamada produção enxuta e que, na medida em que trouxe seus princípios e ferramentas para a realidade das empresas ocidentais, a fim de transformar empresas baseadas na produção em massa em empresas “enxutas”, para sobreviver em tempos de variedade e restrição.

Ao longo desse processo de modernização da produção, cresceu em importância a figura do cliente, em nome do qual tudo se tem feito. Pode-se dizer que a procura da satisfação do consumidor é que tem levado as organizações a se atualizarem com novas técnicas de produção, cada vez mais eficazes, eficientes e de alta produtividade.

É tão grande a atenção dispensada aos clientes que este, em muitos casos, já especifica em detalhes o “seu” produto, sem que isso atrapalhe os processos de produção, tamanha a flexi-

bilidade. Assim, estamos caminhando para a produção customizada, que, sob certos aspectos, é um retorno à produção artesanal, sem a figura do artesão, mas aliada às modernas técnicas e tecnologias da produção em massa e da produção enxuta.

2.3 LEAN MANUFACTURING

A Produção Enxuta (também conhecida como *Lean Production* ou *Lean Manufacturing*) é considerada como uma forma de agregar valor ao processo produtivo, alinhando na melhor sequência possível as ações, realizando as atividades de maneira eficaz e sem interrupção, ou seja, fazer cada vez mais com cada vez menos: menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo, menos espaço e de forma customizada.

A produção enxuta consiste na “eliminação do desperdício em toda e qualquer área da produção, inclusive relações com clientes, desenho de produtos, rede de fornecedores e administração da fábrica”. A diferença básica entre a filosofia de gerenciamento tradicional e a lean production se evidencia principalmente no aspecto conceitual, indicando que os procedimentos lean sejam aplicados em todas as indústrias que produzem bens e serviços, enquanto que o modelo tradicional está mais alinhado às práticas tangíveis da manufatura (AZEVEDO; BARROS; NUNES, 2010).

Por sua vez, defende que o Sistema de Produção Enxuta se afastou das características da organização do trabalho da produção em massa de Ford, “sendo em grande parte responsável pela disseminação do trabalho em equipe, da flexibilidade da força de trabalho e da aproximação do trabalhador operacional aos assuntos relacionados à gestão” (MEIRELLES, 2007).

“A produção enxuta usa times de trabalhadores com várias habilidades em todos os níveis de organização, e usa máquinas altamente flexíveis e cada vez mais automatizadas para produzir grandes volumes de produtos em enorme variedade, com melhor aproveitamento dos recursos existentes, em quantidade suficiente” (FERREIRA, 2004, p. 22). A produção enxuta exige um programa constante de aperfeiçoamento dos processos para aumentar a eficiência e reduzir os custos com desperdícios, sejam estes de tempo, em materiais, força de trabalho ou financeiros.

2.3.1 História do Lean

O *Lean Manufacturing* surgiu após a Segunda Guerra Mundial, quando a indústria japonesa precisou repensar seu modelo produtivo em virtude da escassez de recursos (PIRES et al, 2012). A principal ideia era produzir com o menor custo possível e combatendo principalmente os desperdícios.

Devastado pela guerra, o Japão não dispunha de recursos para realizar altos investimentos necessários para a implantação da produção em massa, que caracterizava o sistema implantado por Henry Ford e General Motors. Além disso, segundo Riane (2005), no país existiam outras séries de problemas e desafios a serem contornados como: mercado interno limitado e demandando vasta variedade de produtos; mão-de-obra organizada, existência de vários fabricantes de veículos do mundo, interessados em ingressar no Japão, dentre outros.

Conhecido também como Sistema Toyota de Produção, o *Lean Manufacturing* foi estruturado por Taichi Ohno, vice-presidente da Toyota, tendo como objetivos fundamentais a qualidade e a flexibilidade do processo, ampliando sua capacidade de produzir e competir no cenário internacional (RIANI, 2005, p.15)

Segundo o *Lean Institute Brasil* (2017), o termo *Lean* foi definido no final dos anos 80 em um projeto de pesquisa do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), que estudou a indústria automobilística mundial com o objetivo de mapear as melhores práticas da indústria, através de entrevistas com funcionários, sindicalistas e funcionários do governo.

Com o passar do tempo, o conceito se disseminou pelo mundo ganhando várias definições, porém a base da produção enxuta nada mais é do que a combinação de técnicas gerenciais com as máquinas a fim de produzir mais com menos recursos. A produção enxuta difere tanto da produção artesanal quanto da produção em massa pois na verdade combina a vantagem dos dois tipos de produção: baixo custo e flexibilidade.

2.3.2 Os Princípios do Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing* baseia-se em cinco princípios definidos por Womack, Jones, & Roos no livro *The Machine that Changed the World* (A máquina que mudou o mundo):

Especificação do Valor, Identificação da Cadeia de Valor, Fluxo de Valor, Produção Puxada e Busca da Perfeição. Estes princípios resumem o pensamento enxuto e norteiam as empresas que almejam que a produção enxuta funcione por completo (WOMACK; JONES, 2004).

2.3.2.1 Especificação do valor

O valor é o ponto de partida para o pensamento enxuto. Ele deve ser definido pelo cliente em termos de produto específico que atenda às necessidades do cliente a um preço e momento específico. É importante que as empresas definam onde o valor é criado, pois a maioria dos clientes gostam de produtos projetados de acordo com as necessidades locais, no geral, as empresas devem desenvolver produtos que os consumidores estejam dispostos a comprar. Assim, “especificar valor é o primeiro passo para o pensamento enxuto, pois busca definir precisamente valor em termos de produtos específicos com capacidades específicas a preços específicos através da relação mais próxima com clientes específicos” (WOMACK; JONES, 2004)

2.3.2.2 Identificação da cadeia de valor

Cadeia de valor é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para levar um produto específico a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio: a tarefa de solução de problemas, que contempla desde a concepção até o lançamento do produto; a tarefa de gerenciamento da informação, que abrange as atividades desde o recebimento do pedido do produto até a entrega do mesmo; e por fim, a tarefa da transformação física, que vai da matéria-prima ao produto acabado. “A identificação da cadeia de valor consiste em mapear todas as atividades da empresa separando-as em três categorias distintas: as que efetivamente geram valor, as que não geram valor, mas são essenciais à manutenção da produção e da qualidade, e as não geram valor e devem ser eliminados imediatamente” (WOMACK; JONES, 2004, p.11).

2.3.2.3 Fluxo de valor

O fluxo de valor consiste em todas as atividades realizadas em uma organização para projetar, produzir e entregar seus produtos e/ou serviços aos clientes. Após ter definido o que é

valor para o cliente e ter identificado as atividades que agregam e as que não agregam valor, eliminando estas últimas; o próximo passo é fazer com que as etapas que agregam valor fluam, de modo a possibilitar que o produto chegue ao cliente sem interrupções, refugos ou refluxos. No entanto, esta etapa requer uma completa mudança de mentalidade, pois a ideia de produzir grandes lotes de produtos através de uma estrutura de produção dividida por funções e departamentos deve ceder lugar a um fluxo contínuo de produção. Desta forma, as coisas funcionam melhor quando o foco está no produto e suas necessidades, e não na organização ou equipamento, de modo que todas as atividades necessárias para fornecer um produto ao cliente ocorram em um fluxo contínuo (WERKEMA, 2006).

2.3.2.4 Produção Puxada

Através do fluxo contínuo, os produtos têm seus tempos de projeto, fabricação e entrega reduzidos consideravelmente. “Isto possibilita projetar, programar e fabricar o que o cliente quer no momento que ele quer, ou seja, o cliente passa a puxar o produto da empresa” (WOMACK; JONES, 2004, p 12). A produção puxada tem como principal característica a não acumulação de estoques, de modo que um processo precedente não deve produzir um bem ou serviço sem que o cliente de um processo subsequente o solicite. O conceito de produção puxada se diferencia do conceito de produção empurrada utilizado na produção em massa no seguinte aspecto: na produção empurrada grandes lotes de produtos eram produzidos em ritmo máximo, pois trabalhadores e máquinas não deveriam ficar ociosos, assim, o ritmo e as necessidades da próxima etapa não eram considerados, o que acarretava em altos inventários de matéria-prima, de material, em processo e de produtos acabados, como mostra a Figura 2, e em um produto de alto valor para o consumidor.

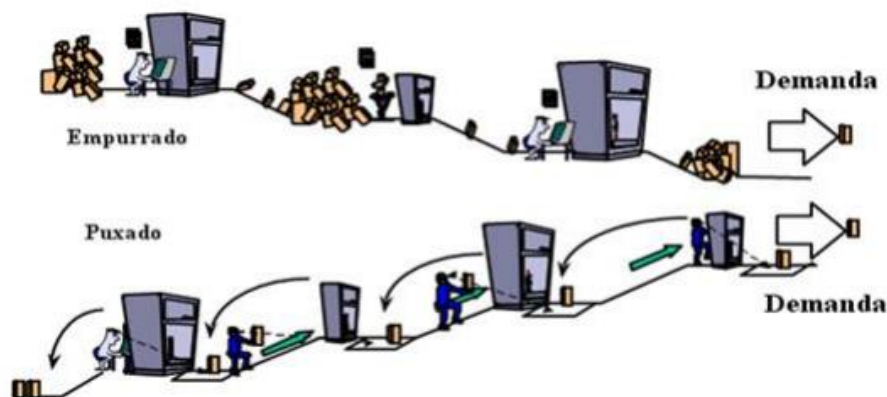


Figura 2 - Sistema empurrado e Sistema puxado.

Fonte: Correa e Correa (2004)

2.3.2.5 Perfeição

À medida que o valor tenha sido especificado com precisão, que a cadeia de valor tenha sido identificada em sua totalidade e que o fluxo esteja contínuo sendo puxado pelos clientes, novos desperdícios e obstáculos que estavam ocultos no fluxo de valor irão aparecer.

Dessa forma, a eliminação de desperdícios deve se tornar rotina nas organizações, tendo como objetivo constante a perfeição. “A busca pelo aperfeiçoamento contínuo deve nortear todos os esforços da empresa pela melhoria de seus processos” (WOMACK; JONES, 2004, p. 12).

Segundo Carvalhosa (2012), a Comunidade Lean Thinking propôs, em 2010, a revisão dos princípios *Lean Thinking* identificados por Womack e Jones, adicionando mais dois princípios aos cinco que já haviam sido identificados. Os dois novos princípios (“Conhecer os Stakeholders” e “Inovar Sempre”) procuram colocar a organização no caminho certo, rumo à excelência e ao desempenho extraordinário (PINTO, 2009). Conhecer o cliente e quem são os stakeholders da organização, isto é, quem é que servimos. Relativamente ao cliente a organização deve-se focar no cliente final e não apenas no próximo cliente da cadeia de valor. Inovar para criar novos produtos, novos serviços, novos processos, isto é, para criar valor.



Figura 3 - Os sete princípios do Lean Manufacturing.

Fonte: CARVALHOSA, 2012.

2.3.3 Os Sete Desperdícios

Desperdício é especificamente qualquer atividade humana que absorve recursos, mas que não cria qualquer valor.

O desperdício refere-se a “todas as atividades que são realizadas e que não acrescentam valor”. O mesmo autor também afirma que, nas empresas, é muito fácil identificar desperdícios, como exemplos temos as movimentações desnecessárias, as inspeções, burocracia, verificações, ajustes, armazenamento, resolução de problemas, arquivamento de documentos, utilização irracional de telefone e internet, entre muitos outros. Essas atividades chegam a consumir cerca de 95% do tempo das organizações (PINTO, 2009).

A distinção dos desperdícios. Para ele, os desperdícios podem ser classificados em evitáveis e inevitáveis (PINTO, 2009). Os primeiros, os evitáveis, são definidos como “puro desperdício” e devem ser identificados pelas empresas, de modo a serem eliminados. Já os desperdícios inevitáveis, não acrescentam valor na perspectiva do cliente, porém são necessários e devem ser minimizados no processo produtivo. Os Sete desperdícios seguem descritos a seguir, de acordo com os conceitos:

- i. Super produção: produzir além do que é necessário, causando excesso de produção, gera uma série de problemas adicionais que podem ser evitados por meio da implementação de metodologias de produção;
- ii. Esperas: corresponde ao tempo passado por pessoas ou equipamentos à espera de algo que pode ocorrer devido a vários problemas como layout, obstruções nos fluxos, atrasos nas entregas por parte dos fornecedores ou ao balanceamento incorreto de processos;
- iii. Transportes: diz respeito a qualquer movimentação desnecessária de pessoas, informação, materiais, partes montadas ou acabadas que podem ser corrigidas por meio da mudança no layout da fábrica, a alteração do planejamento produtivo, etc;
- iv. Operações e Processos desnecessários: este tipo de desperdício é geralmente originado por falta de formação dos operadores ou pela ausência de processos normalizados;
- v. Estoque: é a “mãe de todos os males” onde as principais causas são a super produção, o elevado tempo de mudança de ferramentas, a aceitação do estoque como parte do ativo da organização, a existência de gargalos na produção ou o mau balanceamento dos processos produtivos;
- vi. Movimentos desnecessários: envolve todos os movimentos efetuados que não acrescentam valor ao produto. Geralmente associado à má organização dos locais de trabalho, desrespeito pela ergonomia, resulta em maus desempenhos e eficiências inferiores, aumentando o risco de lesões nos colaboradores.
- vii. Erros e Defeitos: consiste na produção de materiais que têm de ser retrabalhados ou que são tidos como sucata onde os problemas de qualidade e os defeitos dão origem a queixas por parte dos clientes, a inspeções e a reparações.

2.3.4 Ferramentas e Metodologias

O estudo do sistema de fabricação da Toyota conduziu vários autores a escrever dezenas de artigos e livros sobre este fenômeno, na tentativa de descrever o sistema, as técnicas e as ferramentas utilizadas. Muitos relatam casos de transformações Lean bem-sucedidas, no

entanto algumas das empresas apenas se limitam a implementar um conjunto de ferramentas, quando o objetivo do Lean é melhorar o desempenho global das empresas.

Assim, o Lean é uma filosofia que permite às empresas o delineamento do caminho que têm a percorrer recorrendo a ferramentas e metodologias de modo a alcançar um melhor desempenho e eficiência.

No entanto, podem surgir algumas dificuldades na implementação da metodologia Lean devido à aplicação de ferramentas inadequadas aos problemas existentes nas empresas. Existem já alguns autores que fazem corresponder às ferramentas Lean mais indicadas para eliminar um determinado desperdício específico.

Muitos desperdícios do processo produtivo estão relacionados com um layout mal definido. Máquinas e equipamentos muitas vezes dispostos de tal modo que o fluxo de materiais não é visível à primeira observação (SUSAKI,2010).

O layout de um processo significa que os seus recursos estão posicionados uns em relação aos outros e como as várias tarefas são alocadas a esses recursos de transformação. A escolha do layout é uma decisão importante, no caso deste se mostrar o menos apropriado pode promover padrões de fluxo longos e complexos, originando maiores lead times, stocks intermédios assim como todos os desperdícios e custos associados.

As principais ferramentas e metodologias do Lean Manufacturing seguem listadas a seguir acompanhadas de um breve resumo. Serão abordadas com maior ênfase as ferramentas que foram utilizadas para se alcançar os objetivos propostos no trabalho.

- Filosofia Kaizen - Tem origem japonesa e significa melhoria contínua. Envolve a participação de todos os colaboradores e tem como principal objetivo melhorar os processos e desempenhos da organização, implementando melhorias que envolvem baixos investimentos.
 - 5S - Também de origem japonesa, seus princípios são: Seiri - que significa a organização; Seiton - que significa a arrumação; Seiso - que significa a limpeza; Seiketsu - que significa a normalização; Shitsuke - que significa a autodisciplina.
- Padronização - Consiste na identificação da melhor forma de efetuar determinada tarefa ou processo. Para se conseguir uniformizar o trabalho, deve-se elaborar instruções de trabalho considerando as melhores formas de o executar.

- Controle Visual - Sua principal função é auxiliar a gestão dos processos, podendo ser visual e auxiliado pelo controle sonoro. Esta ferramenta pretende dar indicações das atividades em curso, indicações de segurança ou qualidade o que facilita a prevenção e identificação de anomalias.
- Fluxo Contínuo de Informação - Com esta ferramenta pretende-se definir e garantir que a informação de atividades e processos deve ser recolhida e tratada para que a melhoria possa ser conseguida.
- Trabalho em Células - Com o trabalho em células pretende-se aproveitar as capacidades de os colaboradores realizarem diversos tipos de atividades, isto é, de serem polivalentes, tornando o processo mais flexível com a realização de diversas atividades.
- Programação Nivelada - O objetivo é eliminar os gargalos que frequentemente ocorrem. O que se adota é não produzir todo o material para apenas uma encomenda, mas sim intercalar diversas, conseguindo satisfazer diversos clientes. Consegue-se deste modo tornar a produção mais estável.
- Sincronização com o *Takt Time* - O que se pretende com o *takt time* é ajustar o tempo de ciclo à procura. A programação da produção ou prestação de serviços passará a considerar o *takt time*.
- Diagrama de causa-efeito - Esta ferramenta é de fácil utilização e usualmente auxilia processos de *brainstorming* para identificação de problemas e suas causas na tentativa de os eliminar.
- Mapeamento do Fluxo de Valor - É uma metodologia que permite identificar e analisar atividades subdividindo-as do seguinte modo: atividades que acrescentam valor, que não acrescentam, mas são necessárias e as que são desnecessárias. Esta identificação inicia com o Mapeamento de Fluxo de Valor do estado atual do processo. Após a análise do processo e da realização de melhorias, efetua-se o Mapeamento do Fluxo de Valor do estado futuro. Geralmente a aplicação desta ferramenta é auxiliada por sessões de *brainstorming*, em que as equipas definidas para o desenvolvimento destas atividades, se reúnem para analisarem os processos e procuram a eliminação de desperdícios.
- Práticas à Prova de Erro (Poka-Yoke) - Ao longo do processo produtivo podem ocorrer erros que originem defeitos. Esses defeitos podem danificar a imagem da organização perante o cliente o que pode criar danos irreversíveis. Com a adoção do Poka-Yoke pretende-

se criar métodos, ferramentas ou equipamentos que auxiliem na prevenção de erros que possam originar defeitos.

- Cinco Porquês - A aplicação dos “5 Porquês” é bastante simples uma vez que basta perguntar cinco vezes "porquê?" perante um problema que surja e é usual para conseguir a sua resolução.
- O Sistema Pull - Para se aplicar o sistema pull basta que cada célula de trabalho puxe materiais da célula anterior apenas perante um pedido da seguinte. As operações serão realizadas segundo o conceito *Just-In-Time*, isto é, quando, no momento e na quantidade necessárias. Para auxiliar na aplicação do sistema *Pull*, pode-se recorrer à aplicação dos cartões Kanban, dando indicações de produção de célula para célula.
- Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA - Failure Model and Effect Analysis) - Com esta ferramenta pretende-se antecipar a ocorrência de falhas do processo, do produto ou serviço de forma a conseguir evitá-las antes de se iniciar a produção ou prestação de serviços.
- TOPS/8D (Team Oriented Problem Solving) - Consiste num método de resolução de problemas que usa oito disciplinas. O objetivo é analisar todos os problemas que ocorram ao longo do processo produtivo. Para aplicar este método inicia-se a definição de um líder e uma equipe de trabalho que estão a acompanhar todo o processo de modo que, quando da ocorrência de qualquer problema, a equipe proceda à sua investigação e intervenção necessárias para solucionar a ocorrência.

2.3.5 Métricas Lean

A utilização de indicadores de desempenho é importante nos processos de análise do fluxo de valor e de tomada de decisões na produção Lean. No Mapeamento da Cadeia de Valor o recurso a métricas de desempenho é essencial na identificação e eliminação de desperdícios.

- O Lead Time (L/T) diz respeito ao tempo que uma peça demora a percorrer o fluxo da produção, ou seja, desde a entrada da matéria-prima em fábrica até à entrega ao cliente (ROTHER; SHOOK, 2003).

- O Tempo de Valor Acrescentado (TVA) é referente à duração das operações que acrescentam valor ao produto na ótica do cliente e pelas quais este está disposto a pagar (ROTHER; SHOOK, 2003).
- O Tempo de Ciclo (Tc) é definido pelo período de tempo que dista da repetição da mesma tarefa num processo. Da mesma maneira, pode dizer - se que o tempo de ciclo corresponde ao tempo da realização de todas as operações da estação (ou do operador) mais lenta do processo ((ROTHER; SHOOK, 2003).
- O Takt - Time é a frequência com que deve ser produzida uma peça, tendo em conta as necessidades dos clientes. Esta métrica é uma referência que ajuda a sincronizar o ritmo de produção e o ritmo das vendas (ROTHER; SHOOK, 2003). O takt - time pode ser obtido através da seguinte fórmula:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ Operacional\ por\ turno}{N^{\circ}\ de\ peças\ pedidas\ pelo\ cliente} \quad (1)$$

- O Overall Equipment Effectiveness (OEE), inicialmente associado à metodologia TPM, é um indicador que serve para avaliar o desempenho global de sistemas ou processos e identificar aspetos que limitem o nível de eficiência da produção (HANSEN, 2002). Também conhecido como Rendimento Operacional, este indicador baseia - se em três fatores chave para a criação de valor:

- a) Disponibilidade, referente ao tempo real de funcionamento do sistema/equipamento.
- b) Performance, relativo ao desempenho do processo face ao esperado:

$$Performance = \frac{Tempo\ disponível - Perdas\ de\ Performance}{Tempo\ disponível} \quad (2)$$

- c) Qualidade, relativo à produção dentro dos parâmetros de qualidade exigidos:

$$Qualidade = \frac{Tempo\ de\ funcionamento - Perdas\ de\ Qualidade}{Tempo\ de\ Funcionamento} \quad (3)$$

O indicador OEE fornece valores em percentagem e pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (4)$$

- O Tempo de Ciclo Planejado (TCP) corresponde ao takt -time tendo em conta determinado rendimento. Este valor sugere um ritmo de produção mais elevado para fazer face a problemas inesperados e paragens não planeadas que possam vir a comprometer o serviço ao cliente (FAURECIA, 2014). O TCP pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$Tempo \ de \ Ciclo \ Planejado = Takt \ Time \times Rendimento \ (%) \quad (5)$$

- A Ocupação Mensal da Máquina (OMM) indica o número de dias de produção necessários por mês, trabalhando a um tempo de ciclo definido, para satisfazer as necessidades do cliente. A fórmula utilizada no cálculo do OMM é a seguinte:

$$Ocupação \ mensal \ da \ máquina = \frac{Necessidade \ diária \times Tempo \ de \ ciclo \times Dias \ do \ mês}{3600 \times Horas \ diárias \ de \ trabalho} \quad (6)$$

- A Necessidade Mensal de Mão de Obra (NMMOD) da empresa. Há duas fórmulas possíveis de cálculo para este indicador. A primeira depende da taxa de ocupação mensal da máquina, do número de operadores associados ao processo produtivo e do número de turnos diários. A segunda fórmula determina o número de operadores (mão - de - obra direta) a envolver para satisfazer as necessidades diárias de peças do cliente, produzindo a um ritmo que evite o excesso de produção. As fórmulas de cálculo desta métrica são as seguintes:

$$NMMOD = N^{\circ} \ de \ operadores \times N^{\circ} \ de \ turnos \times \frac{Ocupação \ Mensal}{Dias \ do \ Mês} \quad (7)$$

2.4 MELHORIA CONTÍNUA

O sucesso competitivo das empresas japonesas deve - se, em grande parte, à adoção de boas práticas por parte das administrações. Nos países do oriente a qualidade dos produtos e dos serviços é sustentada por uma cultura de melhoria contínua, conhecida como Kaizen.

O conceito Kaizen ou melhoria contínua (em português) é desde cedo considerado como uma das formas mais eficazes de melhorar o desempenho e qualidade nas organizações. O Kaizen surge no contexto do TPS sendo um dos pilares em que assenta, por conseguinte também a metodologia lean.

Um gestor de uma empresa uma vez afirmou: “Seguir a melhoria contínua é como caminhar numa estrada rumo à perfeição”, ou seja, cada passo dado é um passo mais próximo dessa perfeição, ao longo do caminho consegue - se reduzir custos, aumentar a qualidade dos produtos ou serviços e aumentar a satisfação dos clientes e restantes stakeholders . A melhoria contínua é composta por pequenos passos, pequenas melhorias, que iterativamente vão melhorando os processos sem nunca ter um fim (PINTO, 2009).

Este método de gestão encoraja a proatividade das pessoas de modo a resolver problemas e desafios. Ver os problemas como oportunidades e incentivar constantemente a melhoria, por mais pequena que seja fazem igualmente parte dos princípios da cultura Kaizen (PINTO, 2009).

A melhoria contínua implica, portanto, o envolvimento de todos os colaboradores e que estes estejam alinhados com os objetivos e estratégias da organização, sendo fundamental que todos sejam ouvidos e que as suas opiniões sejam tidas em consideração, deve ser dado um tratamento justo e adequado aos desafios que enfrentam (WOMACK; JONES, 2003).

Em oposição à estratégia de melhoria contínua, as empresas ocidentais sempre se preocuparam mais com a inovação, o que implica mudanças rápidas e de grande impacto. No entanto, esta aposta traduz - se em custos elevados e, frequentemente, em soluções pouco robustas. Importa realçar que a ênfase na filosofia Kaizen não deve implicar a desvalorização da inovação visto que ambas as estratégias são essenciais para que uma empresa progrida (PINTO, 2009).

É possível afirmar que a aplicação de ferramentas Lean numa cultura de melhoria contínua pode ser determinante para as organizações obterem vantagens competitivas.

2.5 UTILIZAÇÃO DA CRONOANÁLISE

2.5.1 Determinação do Modelo de Cronoanálise

Para a determinação do modelo de cronoanálise seguiram-se os passos fundamentais definidos por Barnes (1977):

- a) Obter e registrar as informações sobre a operação e o operador em estudo;
- b) Dividir a operação em elementos;
- c) Observar e registrar o tempo gasto pelo operador;
- d) Determinar o número de ciclos a serem cronometrados;
- e) Avaliar o ritmo do operador;
- f) Determinar as tolerâncias;
- g) Determinar o tempo padrão para a operação.

2.5.2 Metodologia e instrumentos para captação dos tempos

A definição da metodologia e dos instrumentos para a captação dos tempos é o primeiro passo para a aplicação da cronoanálise. O processo de coleta de dados, neste caso, foi realizado por meio de filmagem digital, de maneira informal, pelo pesquisador deste trabalho. As filmagens foram realizadas nos dois turnos de trabalho, de forma aleatória e sob as atividades identificadas com foco para a melhoria do processo. Após a filmagem, realizou-se a captação dos tempos com o auxílio do programa *Quick Time Player*, software utilizado normalmente pela empresa para esta finalidade.

A utilização deste método de coleta de tempos foi escolhida tendo-se em vista que as tarefas executadas em várias fases do processo são curtas, necessitando de menos tempo de cronometragem, e requerendo uma análise mais minuciosa do processo, que só foi possível, em alguns casos, através da utilização do recurso de câmera lenta disponível no programa.

A captação dos tempos foi feita de forma sutil sem intervenção ou interação com o processo, de forma a tentar preservar o mais fielmente possível o cotidiano dos operadores. Como as atividades são totalmente padronizadas para este processo, acredita-se que haja baixa probabilidade de interferência por conta da presença do pesquisador.

2.5.3 Divisão da Operação e Elementos

O segundo passo para determinação do número de ciclos a serem cronometrados é realizar a divisão da operação em elementos menores, de maneira que as operações sejam as mais curtas possíveis, porém longas o suficiente para que possam ser medidas com método escolhido. Com esse intuito, inicialmente, realizou-se a identificação das operações principais à execução do trabalho, de uma forma geral, enumerando-se desde a chegada do produto no setor, passando pelo processamento até a saída para o departamento de Qualidade.

2.5.4 Registro dos tempos

O estudo de tempos é um processo que deve ser realizado por meio da definição de uma amostragem, pois uma operação é constituída de várias micro atividades e a soma dessas representa um ciclo completo. Algumas empresas já possuem um procedimento bem definido para o estudo dos tempos e movimentos, como é o caso da empresa onde este estudo foi aplicado (REZENDO, 2016).

Internamente, o modelo utilizado pelo time de Melhoria Contínua e Engenharia de Processos para o registro dos tempos e descrição dos movimentos, é a planilha eletrônica *Cycle Time Analysis* (Análise do Tempo de Ciclo), que define em seu escopo a tomada de 10 tempos para a definição do tempo de ciclo das operações desenvolvidas no processo.

Optou-se por utilizar o padrão interno já que a atividade escolhida para análise é uma atividade padronizada e, também, com base em outros estudos analisados.

Sendo assim, o registro das informações foi feito na planilha com base na divisão das atividades que será apresentada na descrição do departamento, logo a diante, onde indica-se o posto e as micro – atividades identificadas com foco na melhoria do processo.

3 METODOLOGIA

Este capítulo é dedicado à definição do tipo de pesquisa e descrição dos métodos, técnicas e procedimentos utilizados na execução deste trabalho, visando atingir os objetivos propostos.

3.1 TIPO DE PESQUISA

Esta pesquisa foi definida segundo as classificações de Silva e Menezes (2005), em conjunto com as definições apresentadas por outros autores como Gil (1999), Gil (2002) e Vergara (2006) e encontram-se esquematizadas na figura 4.

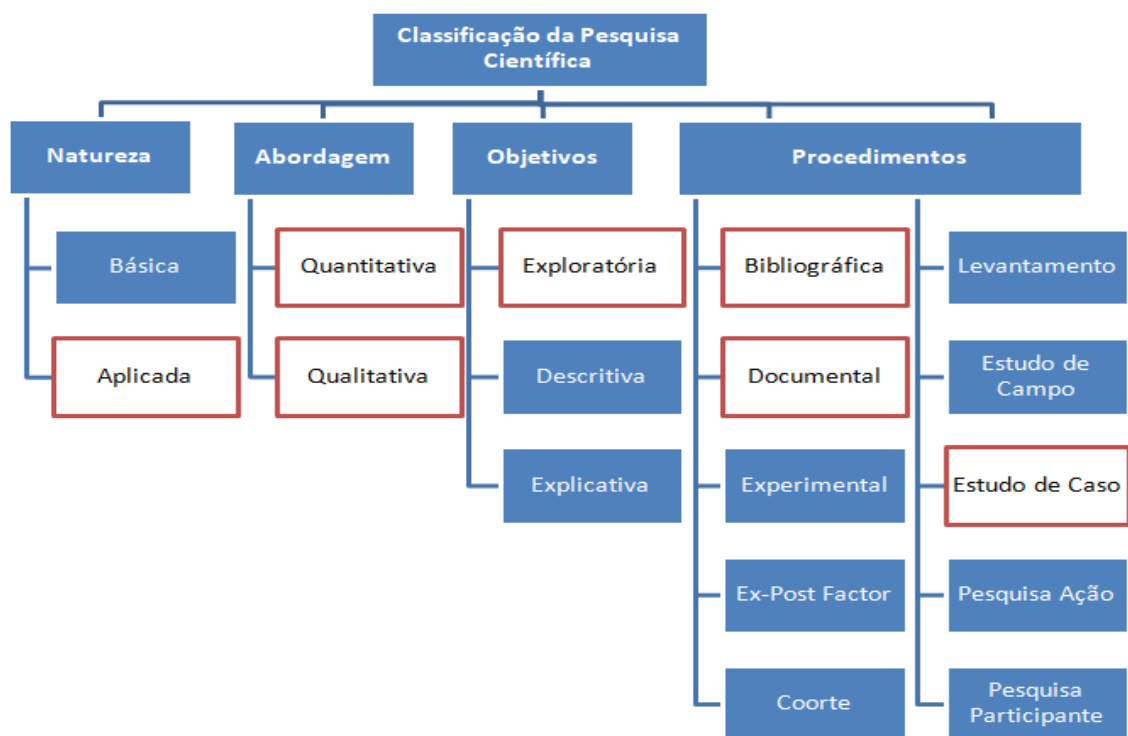


Figura 4 - Classificações da Pesquisa Científica.
FONTE: Próprio Autor, 2017.

Conforme destacado na figura 4, esta é uma pesquisa de natureza aplicada, que inclui abordagem quantitativa e qualitativa, com objetivo exploratório, onde foram utilizadas técnicas de pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso.

Do ponto de vista de sua natureza, é classificada como uma pesquisa aplicada, pois, tem o objetivo de gerar conhecimento para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos que envolvem verdades e interesses.

Quanto à abordagem, esta é uma pesquisa quantitativa, pois traduz em números as informações necessárias para implementação de melhorias do processo e, da mesma forma, é classificada como qualitativa, pois avalia também a *performance* dos funcionários envolvidos e o impacto dos resultados para os *stakeholders*.

Do ponto de vista de seus objetivos, é uma pesquisa exploratória pois, têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito e claro ao pesquisador, por meio de procedimentos técnicos como a pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, que foram adotados para desenvolvimento deste trabalho.

Na pesquisa bibliográfica, foram pesquisados e consultados livros, artigos, monografias, teses, revistas e sites especializados para concepção do referencial teórico. A pesquisa documental foi realizada com base em procedimentos, instruções de trabalho, relatórios, manuais e outros documentos disponibilizados internamente pela empresa. O estudo de caso, foi realizado com o intuito de descrever o processo visando a familiarização com o problema dentro de um contexto real, que é a empresa.

3.2 COLETA DE DADOS

A principal técnica para coleta dos dados se fez com base em um estudo de caso exploratório, cujo principal objetivo foi o conhecimento mais amplo e detalhado a respeito dos processos da empresa, focando-se principalmente na descrição do processo de embalagem de lentes orgânicas acabadas dentro do contexto real da operação. Sendo assim, as seguintes fontes de informações foram utilizadas:

- a) Documentações: para as definições das capacidades diária e efetiva, foi necessário o acompanhamento diário dos relatórios de produção enviados por e-mail e também o acesso aos principais dados quantitativos de produção por meio dos diretórios da embalagem dentro do sistema da empresa;

- b) Registros: por meio do sistema de intranet da empresa foi possível realizar a consulta de procedimentos e instruções de trabalho, que auxiliaram na descrição detalhada das atividades que compõem o processo estudado;
- c) Entrevistas: foram realizadas entrevistas direcionadas e perceptivas com os operadores, líderes e com o coordenador do departamento, por meio das quais foi possível entender de forma mais minuciosa cada etapa do processo, bem como a captação de informações referentes a *setup* de máquina e sequenciamento das atividades das operadoras, bem como as especificidades do processo;
- d) Observação direta e participante: foram realizadas diversas observações para melhor compreensão do processo, identificação de pontos de melhoria e para a determinação das atividades de cada operadora;

4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Após a definição da metodologia para a tomada dos tempos, a caracterização e sequenciamento das atividades desenvolvidas no processo, iniciou-se a fase de compilação, análise e interpretação dos dados coletados.

O primeiro passo, foi o preenchimento da planilha *Cycle Time Analysis* onde, inicialmente, entrou-se com a série de operações e movimentos elementares que cada trabalhador repete quando executa o processamento das lentes e, então, se fez a tomada dos tempos a partir dos vídeos gravados previamente. Os resultados seguem na primeira parte da planilha mostrada no apêndice A.

Ao se dar entrada nos tempos cronometrados, na segunda parte, a planilha apresenta automaticamente a média do tempo por atividade, e então é necessário se determinar a quantidade de cada grupo, ou seja, a frequência de cada atividade como, por exemplo, para a atividade 1 do Operador A (pegar cestos) a atividade se repete a cada 120 lentes. Esta informação é importante para se obter o tempo por unidade. Para o exemplo citado, o valor é de 0,13 segundos/ lente, que no caso é o tempo de cada atividade para o processamento de uma lente.

A planilha também apresenta automaticamente os tempos máximos e mínimos, por unidade (lente), de cada atividade e na última linha apresenta o tempo total de cada operador.

Então cada micro atividade identificada, foi classificada, em relação à agregação de valor, de acordo com a classificação já utilizada pela empresa, em:

- (VA): Atividades que agregam valor ao produto;
- (PNVA): Processos que não agregam valor ao produto;
- (ONVA): Outras atividades que não agregam valor ao produto;
- (W): Atividades relacionadas a espera;
- (T): Atividades de transporte.

Esta classificação é importante para identificar qual é o percentual de valor agregado da operação, e qual é o percentual de desperdícios, assim, dependendo do resultado é possível direcionar ações de melhoria, para a redução das ineficiências e perdas do processo. O apêndice A mostra o que foi explanado acima e mostra também que no estado inicial o tempo total para o processamento de uma lente pelo operador A era de 1,66 segundos, para o operador B era de

3,01 segundos por lente e a máquina apresentou um tempo de processamento de 4,51 segundos por lente. A observação destes tempos será um fator importante para a demonstração das melhorias, uma vez que a ideia é verificar a possibilidade de melhorar as atividades do operador B, isto é, eliminar as possíveis atividades que não agregam valor e padronizar as que são indispensáveis ao processo, para que o mesmo possa executar as atividades realizadas pelo operador A, de forma a eliminar o posto de alimentação e reduzir os custos com mão de obra.

Para tanto, a próxima etapa foi a determinação do *takt time*, que é a frequência com que se deve produzir uma peça ou produto, baseado no ritmo das vendas, para atender a demanda dos clientes.

Assim, realizou-se a divisão do tempo disponível de trabalho (em segundos) por turno pelo volume da demanda do cliente (em unidades) por turno o resultado (*takt time*) foi utilizado para sincronizar o ritmo da produção com o ritmo das vendas, no “processo puxado” em particular.

A planilha *Cycle Time Analysis*, faz o cálculo do *Takt Time* automaticamente, após o lançamento dos dados conforme mostra o quadro 1.

	Operador A	Operador B	MCE
Volume/Dia	21000	21000	21000
Média Tempo Disponível (hs)	15,00	15,00	15,00
Média Tempo Disponível (s)	54000	54000	54000
Operadores	2,5	1,5	2,5
<i>Takt Time</i>	2,57	2,57	2,57

Quadro 1 - Determinação do *Takt Time* para a situação atual

Fonte: Próprio Autor, 2017.

A tempo de processamento foi calculado para cada elemento classificado de acordo com o valor agregado ou não agregado, dividindo-se o tempo por unidade de cada elemento pelo *Takt Time*, o resultado segue demonstrado na gráfico 01.

Observando o gráfico 1, constata-se que o operador A, emprega maior parte do seu tempo (0,57 segundos) em atividades classificadas como PNVA, que no caso é a colocação das lentes na esteira da máquina, ou seja, é a atividade de alimentação propriamente dita, que, apesar de não agregar valor ao produto final, é uma atividade indispensáveis para o processo.

No mesmo gráfico, para o operador B, o tempo de 1,49 segundos é empregado em atividades classificadas como ONVA, onde se enquadram atividades de agrupamento, conferência e setup de máquina. O tempo de processamento da máquina está relacionado ao

processo que, como é contínuo possui velocidade constante, e é um tempo que pode ser utilizado para comparação com a taxa de ocupação das atividades das operadoras.

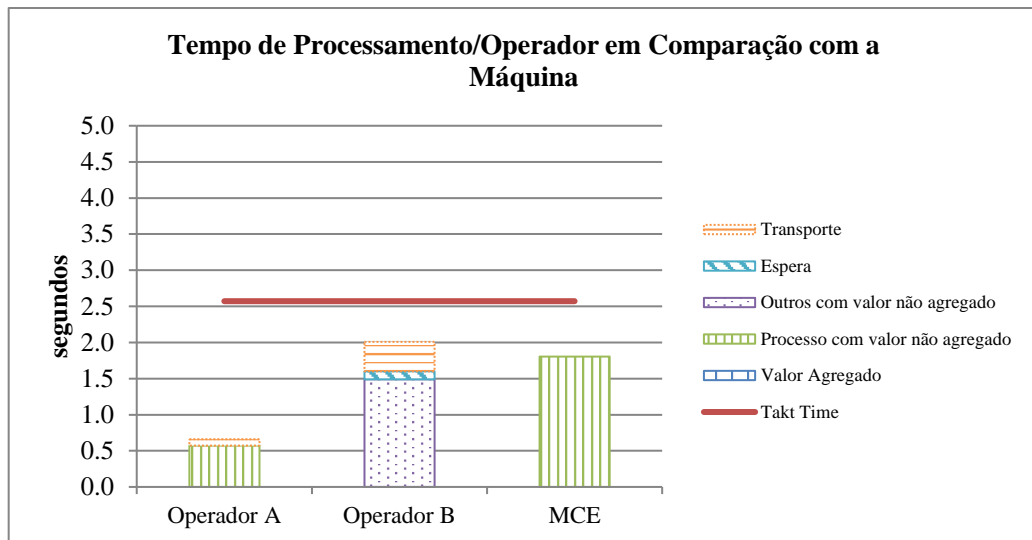


Gráfico 1 - Tempo de processamento por operador de acordo com a classificação dos elementos.

Fonte: Próprio Autor, 2017.

No gráfico 2, é possível visualizar o desbalanceamento da linha em relação ao tempo de execução das atividades dos operadores A e B. O operador B, apesar de realizar mais atividades que o operador A, ainda alcança um tempo médio de processamento de 2,08 segundos, que está abaixo do takt time calculado de 2,57 segundos. Neste caso, o ideal é balancear a linha de forma a tornar a média do tempo por unidade o mais próximo possível do takt time.

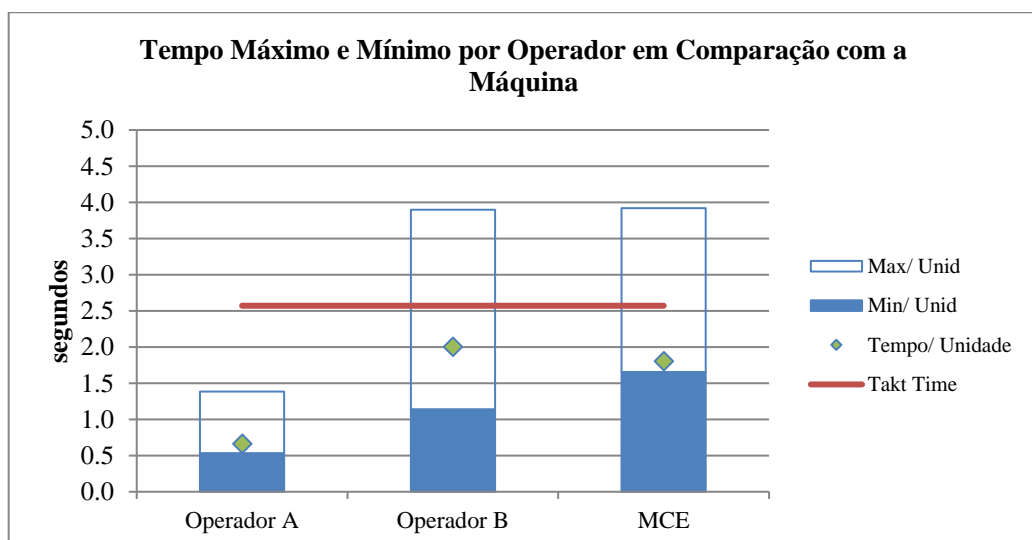


Gráfico 2 - Tempos máximo e mínimo por operador.

Fonte: Próprio Autor, 2017.

Com base nas informações descritas, realizou-se uma simulação na planilha *Cycle Time Analysis*, constante no apêndice B, onde agrupou-se as atividades dos operadores A e B e

eliminou-se a atividade de conferência de lentes do operador B. O novo *takt time* calculado considerando-se a melhoria proposta, segue no quadro 2.

	Operador B	MCE
Volume/Dia	21000	21000
Média Tempo Disponível (hs)	20,00	20,00
Média Tempo Disponível (s)	72000	72000
Operadores	2	2
Takt Time	3,43	3,43

Quadro 2 – Simulação do novo *Takt Time* para melhoria proposta.
Fonte: Próprio Autor, 2017.

A partir do novo *takt time*, foi possível definir os tempos de processamento para a melhoria, constantes no gráfico 3, onde conclui-se que o tempo de ocupação se torna equivalente ao da máquina e menor que o *takt time*, o que garante a possibilidade de realizar a operação sem perdas na produtividade, gerando uma economia de menos um operador por turno.

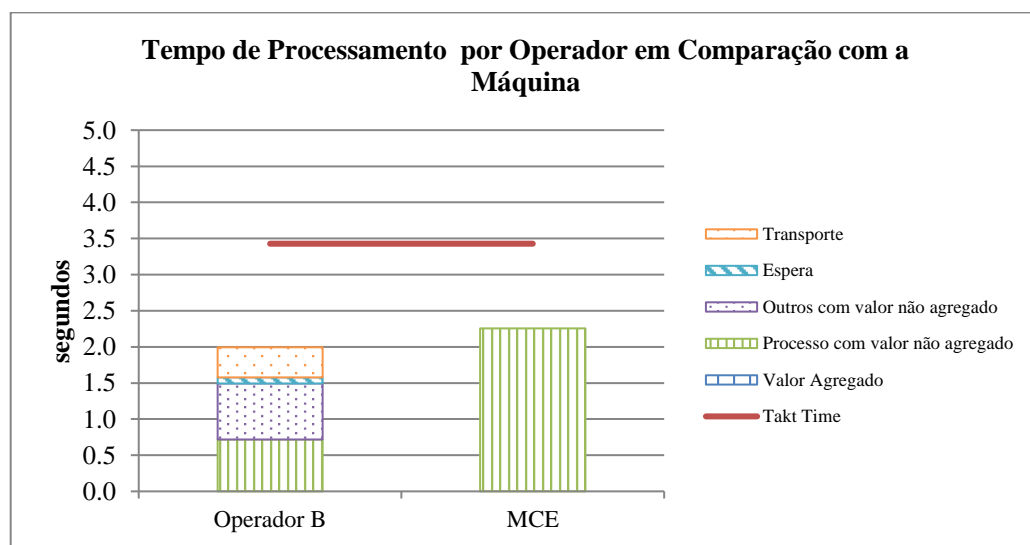


Gráfico 3 - Tempo de processamento por operador de acordo com a classificação dos elementos.
Fonte: Próprio Autor, 2017.

Vale ressaltar que para a se eliminar a micro atividade de conferência de lentes na saída da máquina, que é a contagem manual realizada no meio da operação entre a retirada das lentes da máquina e organização na embalagem, firmou-se uma parceria com o time de TI (Tecnologia da Informação) da empresa, para implementação de uma melhoria no computador da máquina onde a conferência deixou de ser manual e passou a ser automática. Isso garantiu, na prática, a eliminação 100% desta atividade, que em média representava 0,68 segundos do tempo de ciclo por lente, gerando uma otimização das atividades, agora direcionadas a Operadora B.

Além disso, identificou-se também a necessidade de realizar uma mudança no layout para facilitar a movimentação da operadora na realização das atividades de entrada e saída das lentes na máquina conforme mostra a figura 5.

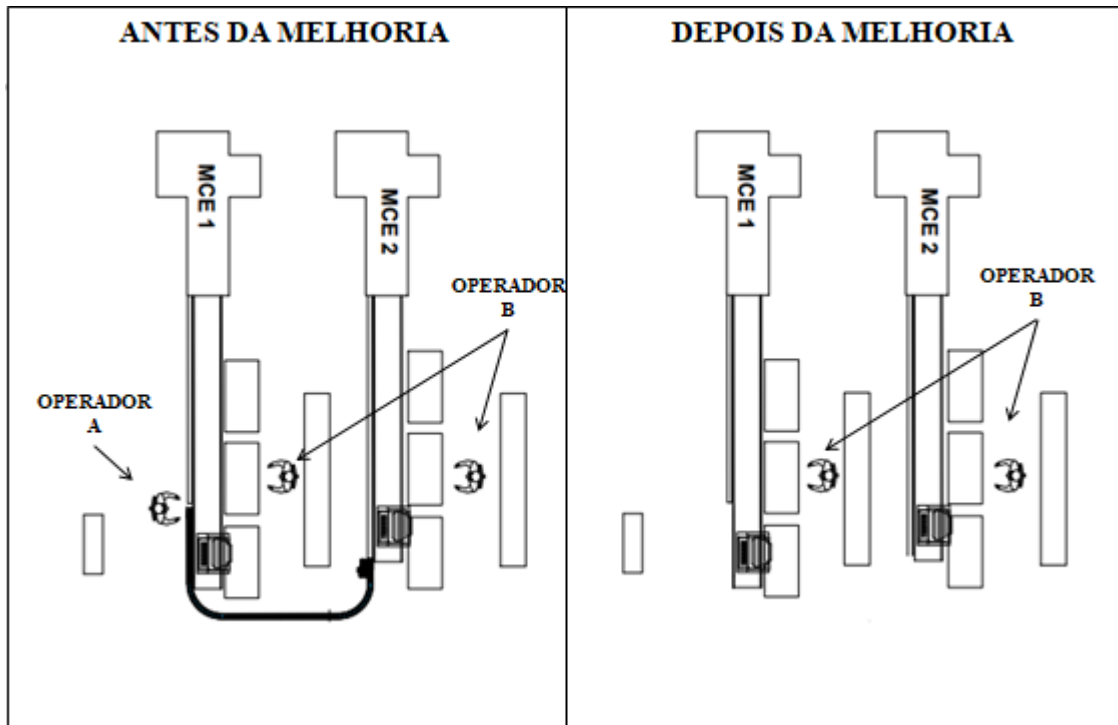


Figura 5 - Layout antes e depois da melhoria.
Fonte: Próprio Autor, 2017.

Na figura 5, pode-se observar que no layout antes da melhoria existiam três operadores, sendo que a Operadora A, realizava apenas a atividade de alimentação das lentes na esteira de entrada na máquina. Com a melhoria implementada no processo, a esteira que ligava o posto de alimentação da Operadora A, foi retirada, possibilitando a livre movimentação entre a entrada e a saída da máquina pelas Operadoras B e facilitando a execução das novas atividades propostas.

Com a otimização realizada no processo, ainda foi possível a identificação de outras melhorias, que serão executadas a médio e longo prazo e que seguem enumeradas abaixo:

- 1) Sugere-se a reutilização das esteiras retiradas do processo para diminuição do tempo de deslocamento entre a entrada e saída da máquina conforme mostra a figura 6, assim a operadoras poderá alimentar as lentes do mesmo lado em que faz a retirada das lentes da máquina.

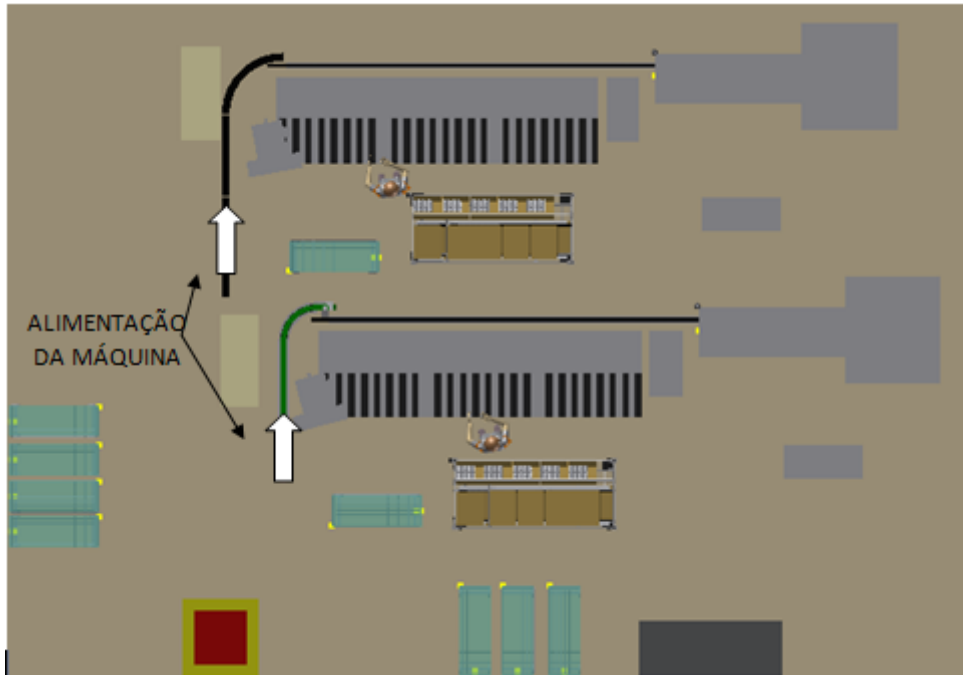


Figura 6 - Proposta de melhoria - utilização das esteiras para diminuição do tempo de movimentação.
Próprio Autor, 2017.

- 2) A utilização de *Flow Racks* que melhorariam a disponibilização das caixas coletivas no final da linha.

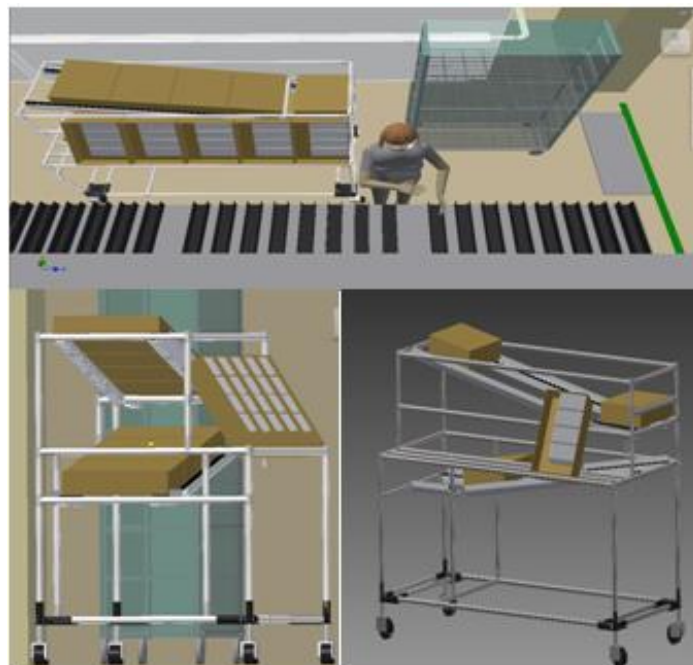


Figura 7 - Modelo de Flow Rack sugerido.
Fonte: Próprio Autor, 2017.

Na figura 8, é possível se observar as modificações propostas em comparação ao estado atual, onde já foram otimizadas algumas etapas do processo.

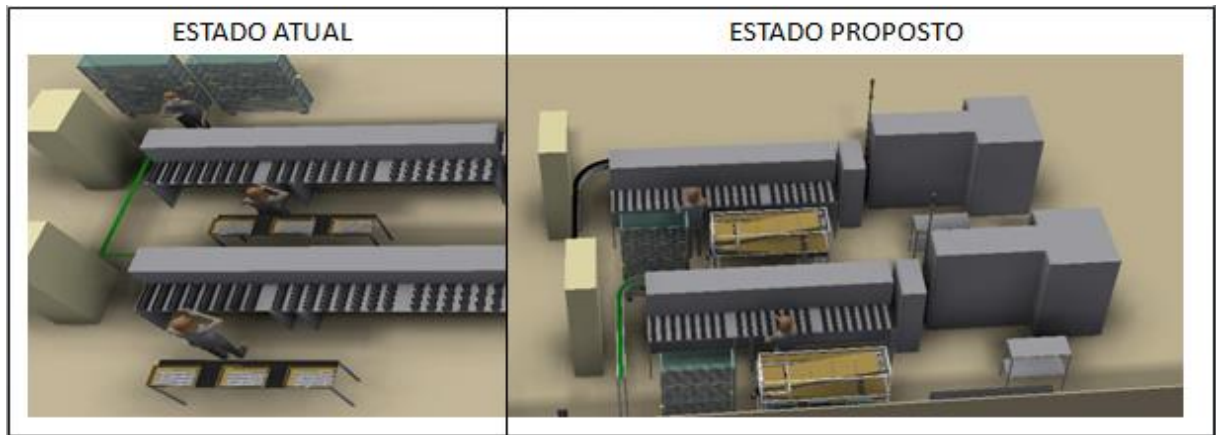


Figura 8 - Estado Atual versus estado proposto.
Fonte: Próprio Autor, 2017

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma empresa que possui seus processos alinhados e padronizados tende a ser mais competitiva no mercado e ainda consegue oferecer um produto de maior qualidade aos seus clientes. Além do mais, as empresas estão sempre buscando a excelência operacional, e a padronização das atividades que podem impulsionar o alcance deste objetivo.

A empresa estudada se orgulha de ter em sua cultura organizacional o foco constante na busca pela melhoria contínua nos seus processos, por isso a importância deste estudo, que se propôs a apresentar propostas para tornar o setor de embalagem de lentes acabadas ainda mais produtivo, através da aplicação de ferramentas Lean Manufacturing, por meio da cronoanálise e do balanceamento do fluxo da operação.

As principais dificuldades para a elaboração do modelo proposto foram em relação à definição do número de ciclos a serem cronometrados, pois na literatura encontram-se tabelas e métodos que levam a números exagerados de tomadas de tempo, chegando-se até a 600 tomadas para uma mesma operação. Como a empresa em questão já possuía um procedimento pré-definido para a tomada de tempos, não foi necessário o uso do cálculo disponível na literatura.

De maneira geral, os objetivos foram alcançados, tornando viável a proposta apresentada. O estudo, baseado no balanceamento de fluxo de operação e cronoanálise, gerou um resultado positivo para empresa. Através deste trabalho foi possível descrever a sequência de operação dos postos observados, classificar as atividades que agregam ou não agregam valor, identificou a taxa de ocupação de trabalho por operador e foi proposto outras duas melhorias com base nesse estudo. Todos esses objetivos foram alcançados utilizando a metodologia *Lean Manufacturing*, tendo como principal ferramenta a cronoanálise. Além disso, este trabalho foi de grande valia, tanto para a vida profissional quanto para vida pessoal, pois foi possível perceber que o estudo dos tempos e movimentos é de grande importância para a determinação de melhorias e que pode ser aplicada a qualquer processo ou atividade produtiva.

Através da cronoanálise foi possível identificar oportunidades que além de gerar maior produtividade sendo necessário menos recursos humanos, também gerou um melhor balanceamento de fluxo. Assim, afirmamos que otimizando trabalhos dos colaboradores podem gerar aumento na produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520: Informação e documentação: citações em documento: apresentação.** Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724: Informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação.** Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: Informação e documentação: referências: elaboração.** Rio de Janeiro, 2002.

AZEVEDO, M.; BARROS NETO, J.; NUNES, F. **Análise dos aspectos estratégicos da implantação da lean construction em duas empresas de construção civil em Fortaleza-Ce.** In: SIMPOI, 10., 2010, São Paulo. Anais... São Paulo: 2010.

BALBÃO, M. S.; RIBEIRO, L. M.; ALLIPRANDINI, D. H. **Caracterização do papel da função produção em indústrias de pequeno porte (SME) da cidade de São Carlos: um estudo de casos.** In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, 8 p., Florianópolis, SC, 2004.

BARROS NETO, J. **Proposta de um modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional.** 1999. Tese (Doutorado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 1999.

CARVALHO, D.M. **Produção Enxuta: Aplicação de alguns conceitos na empresa MRS Logística.** Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2014.

CARVALHOSA, M.M.F. **Proposta de desenvolvimento de um índice Lean em contextos organizacionais: Estudo de caso.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade da Beira Interior, Corvilhã, 2012.

CITEVE, B. **Ferramenta de Desenvolvimento e aplicação do Lean Thinking, adaptando às empresas do STV (M6c).** Citeve, 2012. Disponível em <http://www.citeve.pt>. Acesso em 27 de outubro de 2017.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** 2 eds. São Paulo: Atlas, 2011. 690p.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. 3 eds. Porto Alegre: Bookman Editora, 2003. 598p.

FERREIRA, F. **Análise da implantação de sistema de manufatura enxuta em uma empresa de Autopeças**. 2004. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração (ECA), Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.

GAITHER, N; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira, 2001. 375 p.

KACH, S.C. et al. **Mapeamento do fluxo de valor: Otimização do processo produtivo sob a ótica da Engenharia de Produção**. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT, p.16, Rezende, RJ, Brasil, 2014.

KHOURY, F. K. C. B. **Minimização de custos de produção via programação inteira mista: estudo de caso de planejamento de produção de luminárias**. 2011. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção). Departamento de Engenharia Industrial - Universidade Católica do Rio de Janeiro. 108.p

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Qual a origem da palavra Lean**. Disponível em https://www.lean.org.br/perguntas_frequentes.aspx. Acesso em 25 de outubro de 2017.

LOPES, A.O.; SIEDENBERG, D.; PASQUALINI, F. **Gestão da Produção**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010. 100p.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, P. F. **Administração da Produção**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2002. 445p.

MEIRELLES, H. **O processo de capacitação para a Produção Enxuta: caracterização e estudo de caso na Volvo do Brasil**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2007.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – Além da produção em larga escala**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1998. PARANHOS FILHO, M. **Gestão da Produção Industrial**. Curitiba: Ibpe, 2012. 346p.

PEINADO, J.; GRAEML, A.R. **Administração da Produção: Operações industriais e serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007. 375 p.

PEREIRA, R.M., et al. **Administração de Produção e Operações: Evolução, Conceito e Interdisciplinaridade com as demais Áreas Funcionais**. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT, p. 13, Rezende, RJ, Brasil. 2015.

PINTO, J.P. **Pensamento Lean – A filosofia das organizações vencedoras**. 2º Edição, Lidel, 2009.

PIRES, M. R. **A implantação do Lean Manufacturing em pequenas empresas**. In: Semana Internacional das Engenharias da Fabor. 15 p. Horizontina, RS, 2012.

RIANI, A. M. **Estudo de Caso: o Lean Manufacturing aplicado na Becton Dickinson**. 2005. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2005.

SLACK, N. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2010.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 159p.

SOUZA, F. R. S. **Planejamento e controle da produção**. 2009. Monografia (Especialista em Engenharia da Produção). Instituto A Vez do Mestre – Universidade Candido Mendes. Rio de Janeiro.

WERKEMA, M. C. C. **Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. 1. ed. Belo Horizonte : Werkema, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 5 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

APÊNDICES

Apêndice A - Tempos cronometrados para a situação inicial.

	OPERADOR A	VALOR	TEMPOS CRONOMETRADOS (S)									
		V, P, O W, T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Pegar cestos	T	13,00	19,63	13,7	16,66	16,67	15,18	16,67	15,18	16,66	15,92
2	Colocar lentes na esteira	P	1,47	1,53	1,47	1,87	1,33	1,52	1,35	1,13	1,43	1,24
3	Por cestos vazios no carro	T	12,13	10,25	10,45	12,13	10,35	11,29	10,35	11,29	11,24	10,82
TOTAL			26,60	31,41	25,62	30,66	28,35	27,99	28,36	27,60	29,34	27,98

	OPERADOR B	VALOR	TEMPOS CRONOMETRADOS (S)									
		V, P, O W, T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Receber NTI e dar entrada	O	495,00	322,50	408,75	451,48	386,99	397,87	451,74	430,25	447,44	443,14
2	Transportar as lentes	T	12,27	8,13	11,60	11,33	7,73	6,80	9,64	9,12	9,37	8,62
3	Confere as lentes	O	16,20	5,07	10,40	2,80	14,00	21,07	16,13	12,24	11,58	12,88
4	Agrupar as lentes	O	3,73	3,90	3,98	3,87	3,67	3,83	4,53	3,93	4,23	4,04
5	Confere NTI	O	12,67	8,13	13,47	5,33	3,47	12,07	10,20	9,33	8,78	8,91
6	Troca rolo de etiqueta	O	120,00	135,00	127,50	123,75	129,38	127,13	137,50	131,46	129,84	143,75
7	Substituição de magazine	O	16,00	15,49	16,10	14,88	15,13	15,75	16,01	15,62	15,57	17,16
8	Enchimento de magazine	O	26,00	23,67	24,84	25,42	25,71	25,18	25,14	26,97	26,23	25,85
9	Transporte até o GQ	T	150,00	146,88	155,89	151,39	152,95	160,00	152,76	153,80	155,52	153,65
10	Trocar envelopes	W	23,93	23,97	23,99	24,00	26,35	25,16	24,97	24,45	29,63	20,87
TOTAL			875,80	692,74	796,52	814,26	765,38	794,85	848,62	817,17	838,19	838,87

	MÁQUINA MCE	VALOR	TEMPOS CRONOMETRADOS (S)									
		V, P, O W, T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Tempo de processamento	P	4,20	4,27	4,27	4,13	5,67	4,23	4,27	4,20	4,90	4,95
TOTAL			4,20	4,27	4,27	4,13	5,67	4,23	4,27	4,20	4,90	4,95

Apêndice B – Tempos de ciclo da situação inicial.

OPERADOR A		TEMPO DE CICLO - ESTADO INICIAL									
		TEMPO/ GRUPO	QTD DO GRUPO	TEMPO/ UNIDADE	MAX/ UNID	MIN/ UNID	VA	PNVA	ONVA	W	T
1	Pegar cestos	15,93	120	0,13	0,16	0,11					0,13
2	Colocar lentes na esteira	1,43	1	1,43	1,87	1,13		1,43			
3	Por cestos vazios no carro	11,03	120	0,09	0,10	0,09					0,09
TOTAL		28,39	241,00	1,66	2,13	1,33	0,00	1,43	0,00	0,00	0,22

OPERADOR B		TEMPO DE CICLO - ESTADO INICIAL									
		TEMPO/ GRUPO	QTD DO GRUPO	TEMPO/ UNIDADE	MAX/ UNID	MIN/ UNID	VA	PNVA	ONVA	W	T
1	Receber NTI e dar entrada	423,52	727	0,58	0,68	0,44			0,58		
2	Transportar as lentes (máquina/caixa)	9,46	18	0,53	0,68	0,38					0,53
3	Confere as lentes	12,24	18	0,68	1,17	0,16			0,68		
4	Agrupar as lentes	3,97	200	0,02	0,02	0,02			0,02		
5	Confere NTI	9,24	13	0,71	1,04	0,27			0,71		
6	Troca rolo de etiqueta	130,53	3500	0,04	0,04	0,04			0,04		
7	Substituição de magazine	15,77	200	0,08	0,09	0,07			0,08		
8	Enchimento de magazine	25,50	200	0,13	0,13	0,12			0,13		
9	Transporte até o GQ	153,28	1857	0,08	0,09	0,08					0,08
10	Trocar envelopes	24,73	150	0,16	0,20	0,14				0,16	
TOTAL		808,24	6883,00	3,01	4,14	1,71	0,00	0,00	2,24	0,16	0,61

MÁQUINA MCE		TEMPO DE CICLO - ESTADO INICIAL									
		TEMPO/ GRUPO	QTD DO GRUPO	TEMPO/ UNIDADE	MAX/ UNID	MIN/ UNID	VA	PNVA	ONVA	W	T
1	Tempo de processamento	4,51	1	4,51	5,67	4,13		4,51			
TOTAL		4,51	1,00	4,51	5,67	4,13	0,00	4,51	0,00	0,00	0,00

Apêndice C - Tempos cronometrados para a melhoria.

	OPERADOR B	VALOR	TEMPOS CRONOMETRADOS (S)									
		V, P, O W, T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Pegar cestos	T	13,00	19,63	13,7	16,66	16,67	15,18	16,67	15,18	16,66	15,92
2	Colocar lentes na esteira	P	1,47	1,53	1,47	1,87	1,33	1,52	1,35	1,13	1,43	1,24
3	Por cestos vazios no carro	T	12,13	10,25	10,45	12,13	10,35	11,29	10,35	11,29	11,24	10,82
4	Receber NTI e dar entrada	O	495,00	322,50	408,75	451,48	386,99	397,87	451,74	430,25	447,44	443,14
5	Transportar as lentes (máquina/caixa)	T	12,27	8,13	11,60	11,33	7,73	6,80	9,64	9,12	9,37	8,62
6	Agrupar as lentes	O	3,73	3,90	3,98	3,87	3,67	3,83	4,53	3,93	4,23	4,04
7	Confere NTI	O	12,67	8,13	13,47	5,33	3,47	12,07	10,20	9,33	8,78	8,91
8	Troca rolo de etiqueta	O	120,00	135,00	127,50	123,75	129,38	127,13	137,50	131,46	129,84	143,75
9	Substituição de magazine	O	16,00	15,49	16,10	14,88	15,13	15,75	16,01	15,62	15,57	17,16
10	Enchimento de magazine	O	26,00	23,67	24,84	25,42	25,71	25,18	25,14	26,97	26,23	25,85
11	Transporte até o GQ	T	150,00	146,88	155,89	151,39	152,95	160,00	152,76	153,80	155,52	153,65
12	Trocar envelopes	W	23,93	23,97	23,99	24,00	26,35	25,16	24,97	24,45	29,63	20,87
TOTAL			886,20	719,09	811,73	842,11	779,73	801,78	860,85	832,53	855,95	853,97

	MÁQUINA MCE	VALOR	TEMPOS CRONOMETRADOS (S)									
		V, P, O W, T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Tempo de processamento	P	4,20	4,27	4,27	4,13	5,67	4,23	4,27	4,20	4,90	4,95
TOTAL			4,20	4,27	4,27	4,13	5,67	4,23	4,27	4,20	4,90	4,95

Apêndice D – Tempos de ciclo da melhoria.

OPERADOR B		TEMPO DE CICLO - ESTADO ATUAL									
		TEMPO/ GRUPO	QTD DO GRUPO	TEMPO/ UNIDADE	MAX/ UNID	MIN/ UNID	VA	PNVA	ONVA	W	T
1	Pegar cestos	15,93	120	0,13	0,16	0,11					0,13
2	Colocar lentes na esteira	1,43	1	1,43	1,87	1,13		1,43			
3	Por cestos vazios no carro	11,03	120	0,09	0,10	0,09					0,09
4	Receber NTI e dar entrada	423,52	727	0,58	0,68	0,44			0,58		
5	Transportar as lentes (máquina/caixa)	9,46	18	0,53	0,68	0,38					0,53
6	Agrupa as lentes	3,97	200	0,02	0,02	0,02			0,02		
7	Confere NTI	9,24	13	0,71	1,04	0,27			0,71		
8	Troca rolo de etiqueta	130,53	3500	0,04	0,04	0,04			0,04		
9	Substituição de magazine	15,77	200	0,08	0,09	0,07			0,08		
10	Enchimento de magazine	25,50	200	0,13	0,13	0,12			0,13		
11	Transporte até o GQ	153,28	1857	0,08	0,09	0,08					0,08
12	Trocar envelopes	24,73	150	0,16	0,20	0,14				0,16	
TOTAL		824,39	7106,00	3,99	5,10	2,88	0,00	1,43	1,56	0,16	0,83

MÁQUINA MCE		TEMPO DE CICLO - ESTADO ATUAL									
		TEMPO/ GRUPO	QTD DO GRUPO	TEMPO/ UNIDADE	MAX/ UNID	MIN/ UNID	VA	PNVA	ONVA	W	T
1	Tempo de processamento	4,51	1	4,51	5,67	4,13		4,51			
TOTAL		4,51	1,00	4,51	5,67	4,13	0,00	4,51	0,00	0,00	0,00

ANEXOS

ANEXO 1 - A EMPRESA

A empresa onde a pesquisa foi aplicada é uma multinacional de origem francesa, considerada como uma das maiores empresas fabricante de lentes oftálmicas no mundo, sendo a quarta maior empresa de equipamentos médicos e concentrando suas atividades, em grande parte, em pesquisa e desenvolvimento.

Em Manaus, atua na fabricação de lentes oftálmicas desde 1989, onde atualmente, possui duas plantas produtivas e um centro de distribuição, que emprega cerca de 650 funcionários trabalhando na produção de aproximadamente 1 milhão de lentes por ano, que são distribuídas para todo Brasil e para alguns países da América Latina.

Como dito anteriormente, a empresa possui duas plantas produtivas no Pólo Industrial de Manaus, sendo que uma, mais antiga, opera na fabricação, tratamento e embalagem de lentes acabadas e semi-acabadas e a outra, mais recente, opera na aplicação de um tipo específico de tratamento e embalagem apenas para lentes semi-acabadas.

Esta pesquisa, especificamente, foi aplicada à planta mais antiga, onde são produzidas, tratadas e embaladas as lentes acabadas, sendo este último processo, o foco principal do estudo.

Optou-se, inicialmente, por fazer uma breve explanação sobre o sistema produtivo da planta produtiva em questão, e posteriormente, a descrição do processo em si será demonstrado.

ANEXO 2 - O SISTEMA PRODUTIVO DA FÁBRICA EM MANAUS

O sistema produtivo da planta mais antiga, divide-se em duas macros áreas produtivas: Produção de lentes Orgânicas (Orma) e Produção de lentes em Policarbonato (Poly), conforme mostra a figura 8.



Figura 7 - Diferenças entre Produção Orma e Produção Poly.

Fonte: Próprio Autor, 2017.

O Policarbonato é um projeto pioneiro na planta, que iniciou sua produção no segundo semestre de 2014, sendo realizado através da injeção plástica de polímeros termoplásticos. Seu processo é composto por um departamento de injeção plástica, um departamento de tratamento antirrisco e também uma estação própria de tratamento fotossensível e um departamento de embalagem.

A Orgânica, também chamada de polimerização, segue um modelo de fabricação considerado “tradicional” através da polimerização de monômeros. Seu processo é composto por um departamento de produção de lentes semi-acabadas (com duas linhas de produção), dois departamentos de produção de lentes acabadas (dois modelos de produção diferentes para lentes

Positivas e Negativas), duas estações de tratamento (*Coating* - Revestimento) para lentes, sendo estes: tratamento antirreflexo (*Hard Multi Coating – HMC*), tratamento antirrisco (*Hard Coat – HC*), e um departamento de embalagem que opera a embalagem de lentes acabadas e semi acabadas de maneiras distintas e conforme será descrito nos próximos tópicos.

ANEXO 3 - O PROCESSO DE EMBALAGEM DE LENTES ACABADAS

O departamento de embalagem de lentes orgânicas, possui três linhas de embalagem para lentes semi-acabadas e três linhas de embalagem para as lentes acabadas.

O processo de embalagem de lentes orgânicas acabadas é realizado por meio de máquinas, denominadas MCEs. Como dito, o departamento dispõe de 3 linhas distribuídas para cada turno e 1 máquina MCE por linha (MCE1, MCE2 e MCE3), dispostas conforme layout mostrado na figura 9.

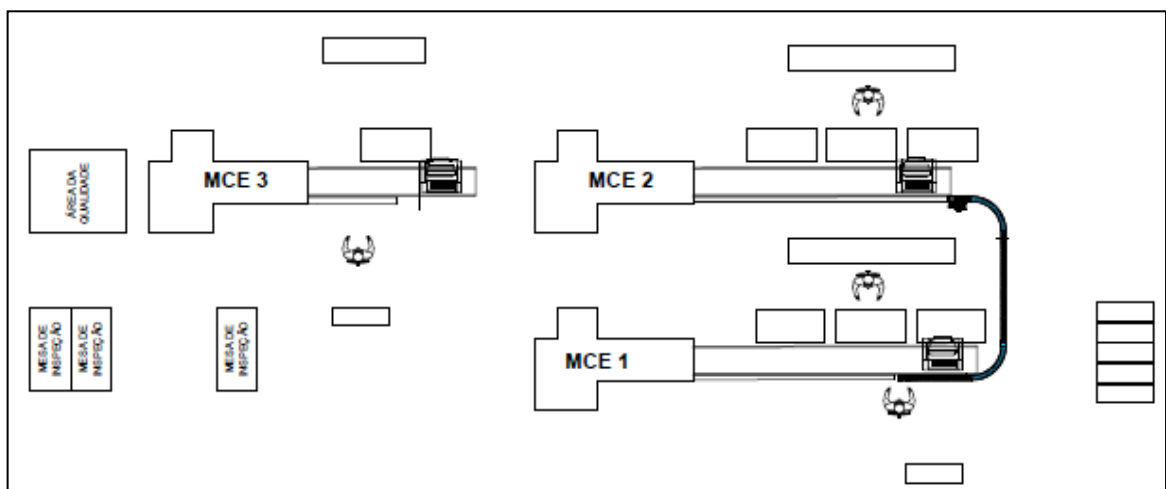


Figura 8 - Layout inicial do processo de embalagem de lentes oftálmicas acabadas.

Fonte: Próprio Autor, 2017.

Basicamente, cada máquina possui uma esteira de entrada, onde é realizada a alimentação das lentes que irão ser embaladas, e uma esteira de saída, que movimenta as lentes ao fim do processo de embalagem para as magazines, conforme esquema mostrado na figura 11.

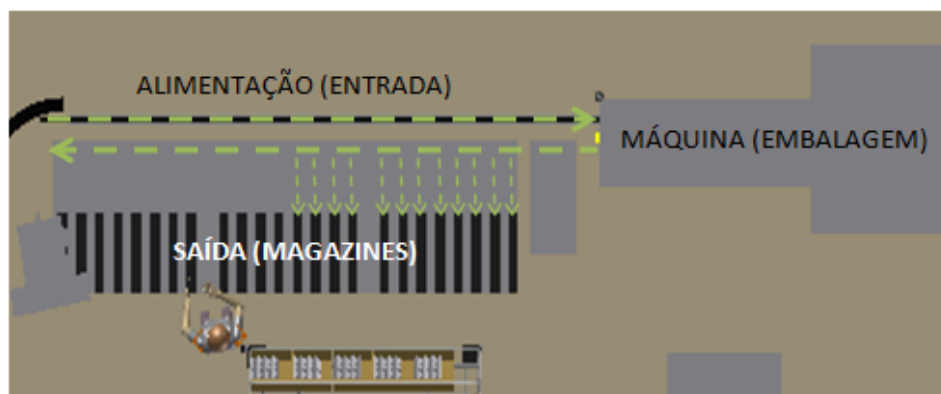


Figura 9 - Esquema de entrada e saída da máquina MCE.

Fonte: Próprio Autor, 2017.

Cada máquina tem um WIP máximo de 3 carros em espera e dois carros em processamento. A produção é responsável por movimentar os carros do departamento de produção para o WIP (*Work In Process*) do departamento de embalagem, sendo que existem dois tipos de lentes acabadas: as sem tratamento, chamadas de lentes NU, e as com tratamento, chamadas de lentes HMC. Estas lentes seguem fluxos de movimentação diferentes conforme esquema mostrado na figura 12.

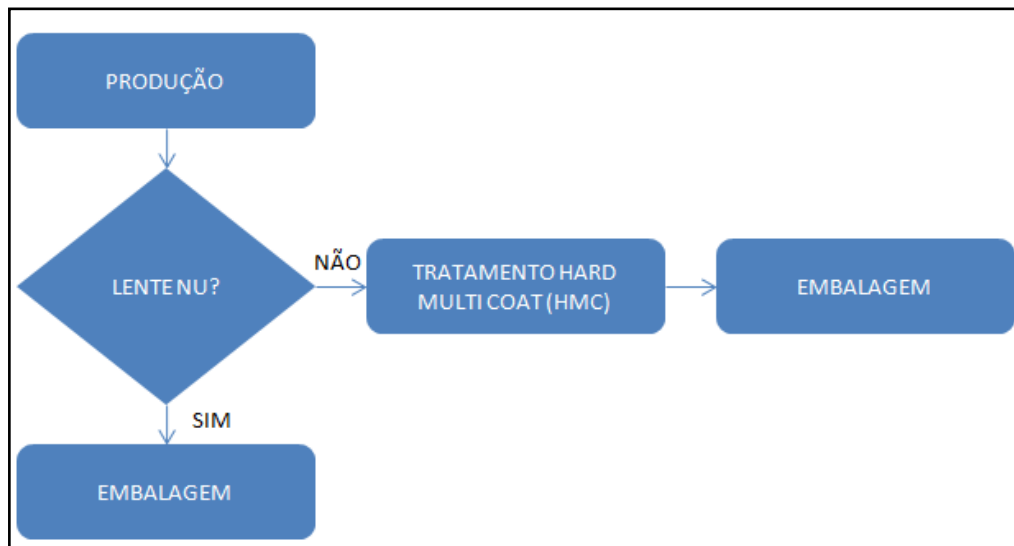


Figura 10 - Fluxo de movimentação das lentes acabadas com e sem tratamento.

Fonte: Próprio Autor, 2017.

As máquinas MCE 1 e MCE 2 realizam a embalagem de lentes NU e HMC, enquanto que a MCE3 só embala lentes NU. Vale ressaltar que não há diferença no tempo de processamento de cada tipo de lente, as únicas diferenças entre essas lentes são o tratamento e o tempo que cada uma leva para chegar até o WIP da embalagem.

O departamento dispõe de uma jornada de trabalho de 8 horas por turno, operando 2 turnos por dia, com quatro operadores em cada turno, dispostos conforme a figura 6, sendo que as máquinas MCE1 e MCE2, possuem:

- uma **operadora A** que realiza a alimentação das duas máquinas;
- duas **operadoras B** que ficam na saída de cada máquina.
















A máquina MCE3 possui apenas uma **operadora C** que realiza as mesmas atividades das operadoras A e B, isso porque esta máquina opera com menos grupos.

Para caracterizar, com mais detalhe, a sequência e interação das atividades desenvolvidas pelas operadoras de uma forma geral, optou-se por construir um diagrama,

mostrado na tabela 1, que além de facilitar a compreensão do processo e o uso dos recursos disponíveis, pode facilitar a visualização de possíveis falhas no fluxo da produção.

Posteriormente, estas macros atividades serão desmembradas em atividades micro, por operador e máquina, tornando melhor a identificação de melhorias para o processo.

Tabela 1 - Diagrama do processo de embalagem de lentes acabadas

Sequência	Símbolo	Descrição da atividade
5		Lentes acabadas no WIP da embalagem
10		Lentes aguardam em carros
15		Operador transporta as lentes para WIP da máquina
20		As lentes aguardam em carros
25		Operador alimenta a esteira
30		Operador faz o setup da máquina
35		Movimentação da lente para dentro da máquina
40		Máquina identifica e embala o produto
45		A máquina seleciona o produto embalado
50		Movimentação da lente para os compartimentos do magazine
55		Operador movimenta lente da máquina para caixa
60		Operador confere as lentes embaladas
65		Operador organiza caixas no carro
70		Operador transporta o carro para o departamento de Qualidade
75		Lentes no departamento qualidade

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

Observa-se no diagrama que após a entrada e disponibilidade do produto no departamento de embalagem, as pessoas que operam o processo, como citado anteriormente, executam múltiplas tarefas, variando da movimentação do produto acabado dentro do setor até a identificação, embalagem final, conferência e transporte para o departamento da Qualidade.

Como dito anteriormente, as atividades listadas na tabela 1, são gerais e foram organizadas de forma sequenciada para melhor entendimento do fluxo do processo, porém, acredita-se que, para avaliar a sequência da operação efetiva, realizada pelos operadores e pelas

máquinas, é necessário desmembrar ainda mais essa sequência, em micro atividades, pois algumas dessas subatividades podem influenciar diretamente no desempenho do sistema produtivo, gerando perda de produtividade.

Por meio das observações diretas, realizada nos turnos de processamento das lentes, com o auxílio dos líderes e do coordenador do departamento, foi possível identificar possíveis melhorias a serem implementadas nas linhas da MCE 1 e MCE 2, portanto o foco inicial do trabalho será concentrado nos elementos chave das atividades realizadas pelo Operador A, Operador B deste processo.

As atividades primordiais a serem estudadas, com foco no conhecimento do processo são:

- a) Para o Operador A: movimentação dos cestos do carro para a máquina; alimentação; movimentação dos cestos da máquina para os carros.
- b) Para os Operadores B: receber NTI e dar entrada no sistema; transportar as lentes da máquina para as caixas coletivas; conferir e agrupar as lentes conforme NTI; trocar rolo de etiqueta; substituir *magazines*; encher *magazines*; transportar até o GQ; trocar envelopes.
- c) As três máquinas efetuam atividades iguais, sendo estas:
 - Leitura óptica e geométrica das lentes;
 - Embalagem.