

BALANCEAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO EM UM SETOR DE MONTAGEM

BALANCING IN AN ASSEMBLY SECTOR

Arlindo Pereira de Medeiros¹ Gilson Eduardo Tarrento² Fernanda Cristina Pierre²

RESUMO

A busca por processos eficazes, em forma de adaptação que atendam às necessidades e demanda de uma linha de montagem, tem aumentado consideravelmente, de acordo com a exigência dos clientes e a competitividade do mercado. Logo, aplicar o balanceamento de linha de produção tem sido a escolha ideal na busca pelo aperfeiçoamento contínuo dos processos, pois elimina desperdícios e alinha a melhor sequência das atividades, proporcionando aumento na capacidade produtiva com mais qualidade, o que gera menor custo e reduz o tempo de montagem. O presente estudo visa demonstrar trabalhos padronizados e maneiras eficazes que geram ganhos produtivos em uma linha de montagem de estruturas através da análise e execução do balanceamento de linha de produção. Este estudo foi realizado em uma empresa fabricante de peças e conjuntos estruturais no período de março a setembro de 2016, no qual foi desenvolvido um projeto de melhorias. Os principais resultados obtidos foram a redução de 25% na relação Homem-hora planejado e de 65% dos desvios detectados durante o monitoramento da qualidade; eliminação de aproximadamente 6.000 metros de movimentação de operadores; padronização de atividades por operador; melhoria no pagamento de *kit* de peças e no abastecimento de consumíveis e, por fim, a otimização na eficiência da mão de obra produtiva. Portanto, conclui-se que a utilização dos estudos de tempos e métodos, assim como a coleta de dados realizada pela cronoanálise e aplicação dos conceitos da melhoria contínua e ferramentas da qualidade são extremamente eficientes.

Palavras-chave: Balanceamento de linha. Cronoanálise. Ferramentas da Qualidade. Melhoria contínua. Trabalho padronizado.

¹ Graduando do Curso de Produção na Faculdade de Tecnologia de Botucatu, e-mail: allantomazela@gmail.com

² Professor na Faculdade de Tecnologia de Botucatu.

ABSTRACT

Searching for effective processes that meet the needs and demands of an assembly line has increased considerably, according to customer requirements and market competitiveness. Therefore, applying production line balancing has been the ideal choice in the pursuit of continuous process improvement, as it eliminates waste and aligns the best sequence of activities, providing increase in production capacity with higher quality, which generates lower cost and reduces assembly time. This paper aims to demonstrate standardized works and effective ways that generate productive gains in an assembly line of structures through the analysis and execution of production line balancing. This study was carried out in company that manufactures parts and structural assemblies, from March to September 2016, in which an improvement project was developed. Main results were reduction of 25% of planned person-hour ratio and 65% of deviations detected during quality monitoring; elimination of approximately 6,000 meters of operator movements; standardization of activities by operator; improvement in the payment of kit of parts and in the supply of consumables and, finally, the optimization in the efficiency of the productive workforce. It is concluded that the use of time and method studies, as well as data collecting performed by chronoanalysis, application of concepts of continuous improvement and quality tools are extremely efficient.

Keywords: Line balancing. Chronoanalysis. Quality tools. Improvement continues. Standardized work.

¹ Graduando do Curso de Produção na Faculdade de Tecnologia de Botucatu, e-mail: allantomazela@gmail.com

² Professor na Faculdade de Tecnologia de Botucatu.

1 INTRODUÇÃO

Com a competitividade de mercado e clientes cada vez mais exigentes, as empresas buscam processos eficazes e formas de adaptação que atendam às necessidades e demandas da linha de montagem. A eficiência e os tempos de montagem podem variar de acordo com o trabalho, com o fluxo e o produto na realização de uma atividade (MARTINS; LAUGENI, 2006). De maneira cada vez mais eficaz, o pensamento *lean* oferece aos clientes exatamente o que eles desejam, pois procura especificar valor a partir da ótica do cliente, busca alinhar a melhor sequência das atividades que criam valor e realiza atividades sem interrupção sempre que alguém as solicita (WOMACK; JONES, 2004).

Uma linha de montagem é composta por estações de trabalho, onde cada estação produz em um tempo predeterminado, podendo assim ter variáveis no seu tempo de ciclo e vários contratempos na sua linha de montagem; uma linha eficiente é obtida a partir da criação do fluxo contínuo, pelo qual atende de maneira rápida as demandas e variações da linha de montagem (MONDEN, 2015). O conceito *just in time* (JIT) envolve todo o processo produtivo no qual o foco principal está na redução dos desperdícios, com qualidade perfeita e produção de bens e serviços exatamente no momento em que são necessários (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008).

As ferramentas da qualidade são métodos utilizados para a melhoria de processos e solução de problemas em qualidade, no qual pode-se obter maior produtividade e redução de perdas. O uso dessas ferramentas tem como objetivo a clareza no trabalho e principalmente a tomada de decisão com base em fatos e dados utilizando técnicas específicas que produzem melhores resultados e um gerenciamento eficaz da produção (VIEIRA FILHO, 2012).

Dentre as ferramentas da qualidade, o Diagrama de Pareto é um importante instrumento para analisar, planejar e implantar melhorias aos processos e definir os problemas prioritários (RODRIGUES, 2006). A técnica dos Cinco Porquês é uma técnica simples, utilizada para encontrar a causa raiz de um contratempo ou defeito (BEZERRA et al., 2012). A ferramenta *Brainstorming* ou Tempestade Cerebral tem mais simplicidade e praticidade, com o objetivo de controlar a participação de um determinado grupo de pessoas em uma reunião, designada ao levantamento de causas e geração de ideias (VIEIRA FILHO, 2012). O Diagrama de Causa e Efeito, é uma ferramenta aplicável no controle da qualidade, em atividades diversas, no qual contribui na identificação de desvios no fluxo (ISHIKAWA, 1993). Já o plano de ação é utilizado para a identificar ações corretivas, no qual a terminologia 5W e 1H originam-se dos termos em inglês: *What, When, Where, Who, Why e How*, que em português significam respectivamente o Que, Quando, Onde, Quem, Por quê e Como (SILVA et al., 2008). E por fim, o PDCA (*PLAN* –

DO – CHECK – ACT) é uma técnica poderosa que melhora continuamente qualquer tipo de processo com o objetivo de facilitar a tomada de decisão e alcance de metas por meio de quatro princípios básicos de gestão produtiva (planejar, executar, verificar e ajustar) (ANDRADE, 2003).

Em uma empresa, o balanceamento de linha de montagem proporciona nivelamento entre os postos de trabalho, no qual reduz custos produtivos e adquire fluxo contínuo fazendo com que diminua as ociosidades operacionais (GORI, 2012). Uma das dificuldades encontradas na empresa é a eficiência produtiva, no qual, de acordo com Tubino (2007), a eficiência e a capacidade da produtividade nas operações dos segmentos estão diretamente relacionadas ao balanceamento de linha, empregando assim, o nivelamento produtivo por meio de sequenciamento dos postos de trabalho. O balanceamento de linha de produção, baseado na transformação de produto, é uma das decisões mais importantes a ser tomada pela empresa onde eliminar desperdícios é fundamental, pois contribui com alta qualidade ao menor custo possível e atende da melhor maneira às necessidades dos clientes (SLACK, 2009).

Segundo Corrêa e Corrêa (2010), o balanceamento de linha é a distribuição adequada das tarefas em cada estação de trabalho, baseado em diminuir os tempos desequilibrados, assim como eliminar os desvios na produção, ou seja, balanceamento com linhas equilibradas apresentam fluxo contínuo e perfeito.

Já de acordo com Peinado e Graeml (2007), por meio da cronoanálise, é possível balancear as linhas de produção e montagem, pois através dela encontra-se um padrão de referência que determina a capacidade produtiva da empresa. A cronoanálise é uma ferramenta que tem como objetivo analisar os tempos de realização de atividades durante a fabricação de peças e produtos, e possibilita o entendimento da quantidade de tempo que está sendo utilizada em tarefas que agregam valor ao processo de transformação, onde se calcula o tempo que um operador qualificado, trabalhando em ritmo normal, executa seu trabalho sem dificuldade (BARNES, 1977).

Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo demonstrar a importância da utilização dos estudos de tempos e métodos em um setor produtivo por meio de cronoanálise, proporcionando melhorias e balanceamento na linha de montagem.

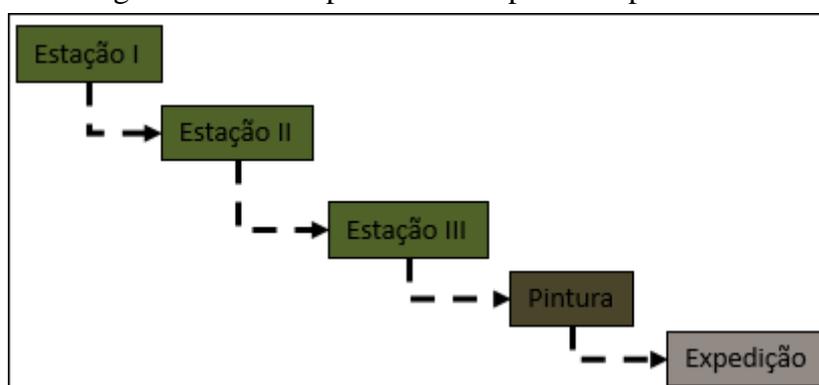
2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados desse estudo de caso foram coletados em um projeto de melhoria através dos estudos de tempos e métodos realizado no período de março a setembro de 2016, em uma célula de montagem de uma empresa fabricante de peças e conjuntos estruturais. Essa empresa possui

tecnologias inovadoras, porém a maior parte de seus processos produtivos são realizados de forma manual. A necessidade do cliente é de 34 estruturas por ano, sendo que a linha atualmente não está estruturada para atendimento desta demanda

Dessa forma, levando-se em consideração o fluxo operacional, as estruturas seguem a sequência de produção no interior da fábrica conforme mostra a Figura 1, no qual a estação I realiza a montagem da estrutura inferior, a estação II realiza a montagem da estrutura superior e a estação III efetiva a junção das estruturas inferior e superior. Após, realiza-se a pintura do produto e, por fim, sua expedição.

Figura 1 – Fluxo operacional do processo produtivo



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Cada etapa consistiu-se na observação dos processos de montagem de forma específica, levando em consideração a agilidade do operador e a maneira que este executa a tarefa, no qual identifica-se as etapas dos processos baseado no pensamento *lean*.

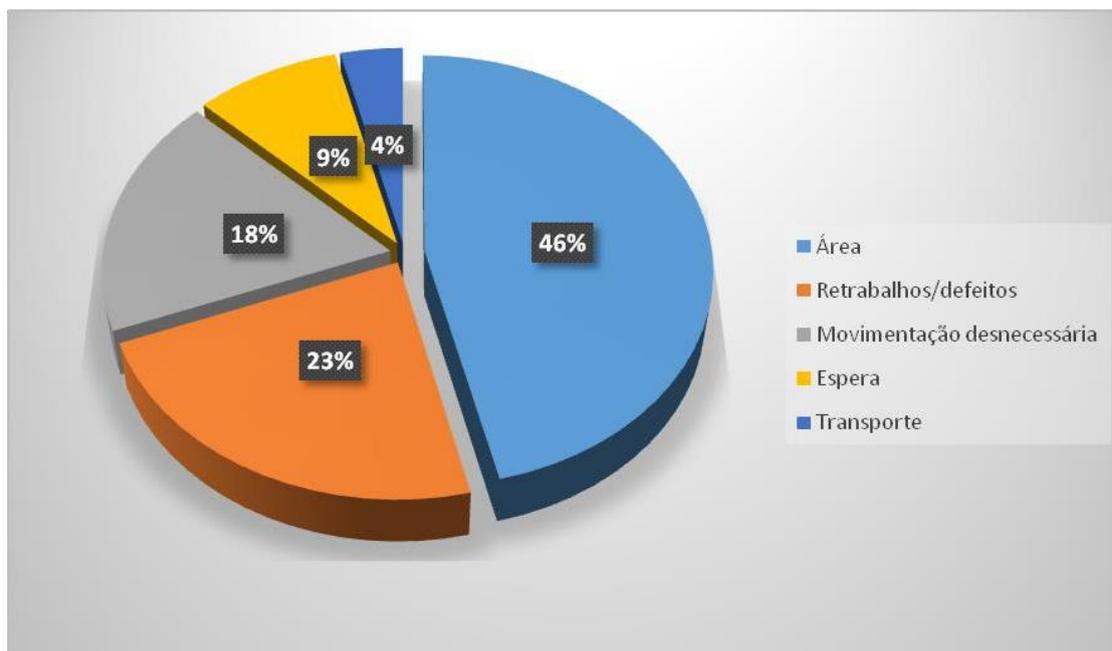
A fase inicial contempla o registro das informações das operações, ou seja, operadores de outros segmentos atuaram como cronometrista, observando os operadores durante os turnos de trabalho, coletando assim, os dados. Para esta coleta, utilizou-se as folhas de cronoanálise, um cronômetro (*3B Scientific*), e uma câmera para registro das atividades, da marca Samsung.

Na folha de cronoanálise, registrou-se as atividades e a cronometragem, baseando-se nas horas iniciais, finais e totais, contendo a descrição do posto de trabalho, data, hora e observador (FIGURA 2).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos dados coletados, detectou-se 469 contratempos, nos quais a maior porcentagem foi encontrada no item área, como por exemplo, falta de balanceamento dos diferentes modelos de estruturas e de padronização nas atividades de montagem (FIGURA 3).

Figura 3 – Contratempos detectados no processo produtivo



Fonte: PróprioAutor, 2019.

Em relação a estes 469 contratempos detectados, foram identificadas 130 ações por meio da realização de um *brainstorming* e destas, 119 ações foram implementadas. Entretanto, 11 ações ficaram pendentes devido aos custos orçamentários, por exemplo, compra de ferramentas, máquinas e instrumentos de medição.

A Tabela 1 demonstra a tratativa em relação aos principais contratempos destacados pela equipe, identificando as possíveis causas, soluções e ganhos.

Tabela I – Descrição de contratempos, causas raiz, soluções aplicadas e ganhos

Descrição do contratempo	Causa raiz	Contramedida / solução	Ganhos
Peças não estão separadas por postos de trabalho	Falta de separação das peças por atividades	Peças separadas por sequência de atividades nas montagens	Redução de movimentação e tempo de separação e conferência dos kit's
Pagamento de peças dos conjuntos em sacos plásticos, (maior tempo de conferência e movimentação desnecessária)	Não existência de carros para pagamentos de peças na linha	Criação de carros de pagamento de peças por posto de trabalho	Redução de tempo de conferência dos kit's
Suporte e Peças posicionadas por cotas	Falta de furos coordenados para os suportes e peças nos conjuntos	Inserção de furos coordenados nas peças do conjunto	Redução do tempo de montagem
Movimentação da linha realizada pela produção demanda 5 operadores	Atividade não contemplada pela logística	Atividade de movimentação da linha assumida pela logística	Ganho de 26Hh para a produção
Descarregamento complexo dos painéis realizada pela produção	Atividade não contemplada pela logística	Atividade de descarregamento de painéis assumida pela logística	Ganho de 6,5Hh para a produção
Excesso de movimentação para busca de tinta	Ponto de tinta, longe dos postos de trabalho	Criação de um kit de tinta para cada estação	Redução de 2.000 m (metros) de movimentação
Excesso de movimentação para busca de brocas	Existência de somente um brocário na área	Inclusão do kit de brocas para cada estação	Redução de 258m de movimentação
Não conscientização de não-conformidades praticadas mensalmente por estação de montagem	Não acompanhamento visual nas estações	Criação de um quadro de monitoramento de qualidade e acompanhamento mensal na linha	Qualidade
Não sequenciamento definido por estação de montagem	Falta de padronização das atividades	Aplicação de melhorias e definição de melhor sequência de montagem por operador e por dia	Padronização das atividades por operador
Não gestão visual do acompanhamento do status da linha	Falta de sistemática visual para acompanhamento da linha	Criação de um quadro de gestão com reuniões diárias com as áreas de apoio e acompanhamento diário a cada 2 horas do status da linha	Gestão visual de acompanhamento da linha e prevenção de impactos

Em relação ao balanceamento de linha, observou-se falta de padronização nas atividades, pois não havia sequenciamento nas estações de montagem; os operadores estavam com os tempos e cargas de trabalho diferentes, não atendendo os tempos necessários. As coletas foram realizadas do início ao fim de cada operação nas três estações. Assim, tem-se como exemplo a Tabela 2 que apresenta os tempos de uma das estações, coletados por meio da folha de cronoanálise, demonstrando os ciclos, os operadores e os tempos envolvidos.

Tabela 2 Demonstrativo dos ciclos, dos operadores e dos tempos em uma estação

Ciclos	Operadores da estação							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	2,20	2,20	2,15	2,15	2,09	2,12	2,08	2,13
2	2,32	2,47	2,26	2,26	2,30	2,30	2,19	2,42
3	3,57	3,47	3,30	3,30	3,42	3,42	3,32	3,41
4	3,49	3,36	3,25	3,19	3,37	3,21	3,17	3,39
5	3,21	3,15	3,20	3,15	3,23	3,23	3,16	3,15
6	3,47	3,47	3,36	3,40	3,40	3,40	3,36	3,43
7	3,38	3,38	3,25	3,24	3,29	3,15	3,25	3,35
8	3,50	3,49	3,30	3,27	3,53	3,36	3,24	3,45
9	2,48	2,56	2,48	2,48	2,48	2,39	2,43	2,49
10	3,17	3,10	3,02	3,05	3,11	3,07	3,01	3,10
11	3,36	3,40	3,41	3,39	3,31	3,24	3,43	3,46
12	3,27	3,15	3,09	3,12	3,27	3,23	3,05	3,15
13	3,38	3,38	3,47	3,51	3,38	3,38	3,42	3,38
14	3,06	3,12	3,01	2,59	3,03	3,03	2,56	3,09
15	2,51	2,51	2,47	2,45	2,43	2,43	2,49	2,39
16	3,31	3,27	3,15	3,20	3,33	3,15	3,17	3,10
17	3,27	3,33	3,29	3,27	3,28	3,19	3,23	3,29
18	3,44	3,42	3,49	3,45	3,47	3,39	3,47	3,36
19	2,54	2,49	2,51	2,51	2,50	2,46	2,53	2,40
20	2,12	2,15	2,05	2,09	2,13	2,16	2,04	2,11
Total								
em	61,05	60,87	59,51	59,07	60,35	59,31	58,60	60,05
horas								

Em seguida, obteve-se uma análise da montagem por meio das seguintes variáveis:

- Demanda do ano = 34 estruturas
- Quantidade mensal = 12 meses (m)
- Dias úteis disponíveis por mês = 20 dias (d)
- Horas/mês disponíveis por operador = 141 horas (h)
- Homem-hora (Hh) = 1.583,63 horas (h)

Desta forma, através das Fórmulas 1, 2, 3 e 4 descritas por Peinado e Graeml (2007), verificou-se que no cenário atual era produzido aproximadamente (~)3 estruturas/mês com um efetivo de 32 operadores, com um tempo de montagem de 7 turnos/estrutura e cada turno equivale a 8 h/d, ou seja, cada estrutura demanda de 56 horas.

(1)

$$\text{Cadência mensal}(C) = \frac{\text{Demanda do ano}}{\text{Quantidade mensal}}$$

$$C = \frac{20}{7} = 2,85 \sim 3 \text{ estruturas/mês}$$

$$\text{Tempo de montagem}(T) = \frac{\text{Dias úteis disponíveis por mês}}{\text{Cadência mensal}} \quad (2)$$

$$T = \frac{20}{2,85} = 7$$

$$\text{Carga disponível} = Hh * C \quad (3)$$

$$\text{Carga disponível} = 1.583,63 * 2,85 = 4.513,34 \text{ h}$$

(4)

$$\text{Efetivo necessário} = \frac{\text{Carga disponível}}{\text{Horas/mês disponíveis por operador}}$$

$$\text{Efetivo necessário} = \frac{4.513,34}{141} = 32 \text{ operadores}$$

Seguindo as variáveis e as Fórmulas 1, 2, 3 e 4, para realizar o atendimento do tempo de montagem, após a aplicação das melhorias, foi possível balancear o setor de montagem, pois houve nivelamento dos tempos nas estações devido as anulações dos contratempos proporcionando produtividade e eficiência, no qual eliminou desperdícios, assim obteve-se melhoria e padronização das atividades operacionais e redução do Hh, ou seja, o Hh que era de 1.583,63 minutos foi reduzido em 25%, no qual resultou em uma produção de aproximadamente

3 estruturas/mês, entretanto, com Hh menor.

- Hh reduzido em 25% = 1.187,72 h
- Cadência mensal = 2,85 (~ 3) estruturas/mês

$$\text{Carga disponível} = 1.187,72 * 2,85 = 3.385 \text{ h}$$

$$\text{Efetivo necessário} = \frac{3.385}{141} = 24 \text{ operadores}$$

Baseado nos resultados e discussões obtidos por meio dos conceitos da metodologia da melhoria contínua, das ferramentas da qualidade, assim como a coleta de dados realizada pela cronoanálise, segue o resumo de ganhos adquiridos nesse projeto:

- Redução de 25% do Hh planejado;
- Redução de 65% dos desvios detectados durante o monitoramento da qualidade;
- Eliminação de aproximadamente 6.000 metros de movimentação de operadores;
- Padronização de atividades por operador;
- Melhoria no pagamento de kit de peças;
- Melhoria no abastecimento de consumíveis;
- Otimização na eficiência da mão-de-obra produtiva.

4 CONCLUSÃO

O projeto obteve resultados quantitativos satisfatórios, tais como a otimização de 25% do Hh, redução de 6000 metros de movimentação da mão-de-obra, bem como minimização de 65% dos desvios de qualidade.

Portanto, é possível concluir que a utilização dos estudos de tempos e métodos, assim como a coleta de dados realizada pela cronoanálise e aplicação dos conceitos da melhoria contínua e ferramentas da qualidade são extremamente eficientes, pois, através destes, foi possível realizar o balanceamento da linha com a padronização das atividades e do processo, reduzir os custos de produção, reduzir movimentações desnecessárias e garantir a qualidade do produto.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. F. D. **O método de melhorias PDCA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica - EP: São Paulo, 2003. p.4-5.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

BEZERRA, Taynara Tenorio Cavalcante et al. Aplicação das ferramentas da qualidade para diagnóstico de melhorias numa empresa de comércio de materiais elétricos. **XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: desenvolvimento sustentável e responsabilidade social: as Contribuições da Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, v. n, p. 1-14, 2012.**Disponível em:

<[Http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_tn_stp_158_921_21171.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_tn_stp_158_921_21171.pdf)> Acesso em: 06 abr 2019.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços, uma abordagem estratégica.** São Paulo: Atlas, 2010.

GRAEML, Alexandre R.; PEINADO, Jurandir. Administração da produção: operações industriais e de serviços. **Curitiba: UnicenP, 2007.**

GORI, R. M. O balanceamento de uma linha de montagem seguindo a abordagem *lean manufacturing*. **XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: desenvolvimento sustentável e responsabilidade social: as Contribuições da Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, v.n, p. 1-13, 2012.**Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_tn_sto_157_919_19757.pdf> Acesso em: 04.abr. 2019.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa.** Rio de Janeiro: Campos, 1993.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção** – São Paulo: Ed. Saraiva, 2006.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção: Uma abordagem integrada ao just-in-time.** Porto Alegre: Bookman, 2015.

PEINADO, J.; GRAEML, R. A. **Administração da produção: operações industriais e de serviços.**Curitiba: UnicenP, 2007.

RODRIGUES, M. V. C. **Ações para a qualidade GEIQ: Gestão integrada para a qualidade padrão Seis Sigmas, classe mundial. 2. ed.** atualizada e ampliada. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

SILVA, A. C. A.; MARÇAL, L. L.; COSTA, N. N. Aplicação do MASP, utilizando o Ciclo PDCA na solução de problemas no fluxo de informações entre o PPCP e o Almoxarifado de uma Fábrica de Refrigerantes para o abastecimento de tampas plásticas e rolhas metálicas. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENECEP). Rio de Janeiro, 2008.**Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_tn_sto_157_919_19757.pdf> Acesso em: 04.abr. 2019.

SLACK, N. et al. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção,** São Paulo, 2. ed. Atlas, 2008.

TUBINO, D.F. **Planejamento e Controle da Produção** – Teoria e Prática. São Paulo: Atlas,

2007.

VIEIRA FILHO, G. **Gestão da qualidade total: uma abordagem prática**. 4. ed. Campinas, SP: Editora Alínea, 2012.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A mentalidade enxuta nas empresas Lean Thinking: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2004. 408 p.