



BALANCEAMENTO ENTRE PROCESSOS DE UMA LINHA DE SOLDA AUTOMATIZADA EM UMA EMPRESA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS.

Victor Hugo Oliveira dos Santos (UFAM)
victorhos32@gmail.com

Beatriz Vale dos Santos (UFAM)
beatrizvalesantos@gmail.com

Gabriela de Mattos Veroneze (UFAM)
gveroneze@ufam.edu.br

Marcelo Albuquerque de Oliveira (UFAM)
marcelooliveira@ufam.edu.br

No presente trabalho, será demonstrada uma proposta e aplicação de um balanceamento de processos entre postos de uma linha de soldagem automatizada referente à uma empresa do polo duas rodas no Polo Industrial de Manaus. O objetivo deste estudo está correlacionado à dificuldade de atendimento da linha de produção em questão que, mesmo utilizando três turnos de produção, ou seja, vinte e quatro horas por dia, ainda enfrentava dificuldade de atendimento aos setores subsequentes, além do alto custo relacionado à mão-de-obra para execução da atividade, afetando na precificação da peça. Os resultados adquiridos após as ações listadas neste estudo demonstram que existem formas de mesclar atividades automatizadas e manuais de forma orgânica e benéfica para a empresa, de forma que valorizem o que realmente importa: agregação de valor ao que o cliente final deseja, de forma exequível e com custo competitivo.

Palavras-chave: Lean Manufacturing, Automação, Balanceamento de Processos.

1. Introdução

Em decorrência do grande crescimento da competitividade do mercado devido à globalização nas últimas décadas, as maiores empresas dos mais variados ramos buscam sempre a melhoria de seus processos em prol de tornarem seus produtos cada vez mais competitivos em qualidade e custo principalmente, conseqüentemente aumentando seus lucros e ocupando uma fatia maior do mercado consumidor. Sendo assim, com o passar dos últimos anos diversas metodologias e ferramentas foram criadas focadas em alcançar esses resultados previamente listados.

Seguindo esta premissa, Maia *et al* (2006) retrata que a metodologia de gestão mais recorrentemente utilizada pelas empresas do ramo industrial é o Sistema Toyota de Produção (STP). Focada na agregação de valor ao cliente como meta principal, atendendo ao mercado consumidor de maneira a entregar apenas o que o mercado demanda, de maneira exclusiva e direcionada, com capacidade de ser flexível para as necessidades do cliente.

Para cumprir com o que se propõe, diversas ferramentas sustentam o STP da forma que é conhecido hoje e por ser altamente difundido no mundo todo, diversas empresas tentam implementá-las sob o prisma de alcançarem os resultados amplamente divulgados nas obras literárias e em conceitos teóricos ensinados nos mais diversos cursos, contudo Standridge e Marvel (2006) trazem a discussão de que se utilizados de maneira isolada em outras metodologias de sistemas produtivos, essas ferramentas podem acabar por fracassar, ou seja, diversos investimentos em automatizações, quadros de gestão à vista, softwares e hardwares acabam por tornar-se inúteis perante a realidade de cada empresa.

No estudo de caso a seguir, uma linha de solda automatizada enfrenta diversos problemas com seus custos e dificuldade de atendimento às demandas dos setores clientes justamente por encontrar-se com uma formação que a engessa e dificulta justamente sua adaptabilidade às novas demandas dos clientes finais, prejudicando as operações da empresa, necessitando então passar por uma reformulação de seus conceitos e aplicabilidades de maneira à dar, teoricamente, um passo para trás em busca de dar dois passos à frente, de forma a desempenhar de uma maneira mais barata, exequível e aberta à adaptações.

2. Revisão da literatura

Neste capítulo apresenta-se o estado da arte em quatro partes essenciais.

2.1. Sistema Toyota de Produção

Focada na otimização dos recursos fabris, a metodologia empregada pela Toyota surge em um momento histórico instável economicamente devido aos percalços do pós-Segunda Guerra Mundial com uma missão: Reduzir custos. Ohno (1997) define como principal objetivo do Sistema Toyota de Produção (STP) aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa de desperdícios.

Shingo (1989) lista sete principais desperdícios encontrados na realidade industrial: Superprodução; Espera; Transporte; Processamento; Estoque; Movimentação e Retrabalho, os quais devem ser mitigados ou eliminados dos processos produtivos, a fim de que as empresas se tornem mais competitivas e aumentem seus lucros através da redução de custos de fabricação. Machado (2014) traz que a necessidade de combater as perdas nos processos deve-se a não agregação de valor ao produto, bem como a geração de custos, motivando, em algumas situações, o comprometimento à competitividade da organização.

Ohno (1997) afirma que a o STP depende fortemente da colaboração dos trabalhadores, uma vez que são eles que estarão no dia a dia desenvolvendo as atividades produtivas no chão de fábrica. Linker e Meier (2007) abordam que o diferencial do STP é sua essência, onde o desenvolvimento de pessoas e equipes excepcionais, com os direcionamentos corretos, geram resultados excepcionais. Dessa forma, as empresas que buscam resultados através da implementação da metodologia de trabalho do STP devem valorizar e desenvolver suas equipes para que possam pensar na melhoria contínua dos processos.

2.2. Lean Manufacturing

A filosofia do *Lean Manufacturing* aponta cinco princípios originais, criados e aplicados no STP, para orientar a cadeia produtiva de modo a aumentar a produtividade e eliminar os desperdícios, maximizando os lucros. Especificar o valor: entender o que o cliente enxerga como valor e tornar estes pontos como meta para a produção; Fluxo do valor: identificar como a cadeia de produção interna atingirá o valor estabelecido; Fluxo Contínuo: manter a constância de produção e a entrega constante e ininterrupta de valor aos clientes; Produção Puxada: atender conforme a demanda do mercado. Melhoria Contínua: buscar incansavelmente a otimização

dos processos produtivos. A aplicação desses conceitos requer da organização, uma forma nova de pensar sobre o papel da empresa, funções e carreiras para canalizar o fluxo de valor, da concepção ao lançamento, do pedido à entrega, da matéria prima às mãos do cliente, segundo Womack et al. (2004).

Por se tratar de uma metodologia de sistema de produção, para uma devida implementação do *Lean*, diversas ferramentas de análise processos e redução de desperdícios foram criadas. Sheikh-Sajadieh *et al.* (2013) aborda acerca de uma das mais conhecidas e implementadas dessas ferramentas: Os Sete Desperdícios. Originalmente criada por Taichii Ohno e Shigeo Shingo, é uma ferramenta que permite categorizar os desperdícios mais comumente identificados em indústrias, para que cada uma receba o tratamento direcionado e eficaz, com o foco de eliminar o desperdício (“*Muda*”), aumentando assim a performance da planta e os indicadores de qualidade. Os Sete Desperdícios podem ser categorizados conforme informações do Quadro 1.

Quadro 1 - Os Sete Desperdícios do Lean

| Nº | Desperdício | Descrição | Exemplos |
|----|-------------------------|---|--|
| 1 | Super Produção | Produzir mais que o necessário para atender a demanda solicitada. | Rejeição, Produção Empurrada. |
| 2 | Espera | Pessoas ou processos aguardando insumos independente de motivo. | Falta de insumos, atraso de entrega fornecedor-cliente. |
| 3 | Transporte | Movimentações de materiais, produtos, informação em excesso. | Alimentação de produção longe do posto de execução. |
| 4 | Processamento Excessivo | Processos com atividades que não agregam valor ou repetitivas. | Diversas inspeções de qualidade, polimento, limpeza de produtos. |
| 5 | Estoque | Produtos finalizados armazenados aguardando envio. | Estoque entre processos. |
| 6 | Retrabalho | Erros frequentes no processo produtivo. | Índice de rejeição elevado, posto de recuperação de peças. |
| 7 | Movimento | Movimento desnecessário de pessoas e materiais. | Contra-fluxo de entre processos. |

Fonte: Adaptado de Sheikh-Sajadieh (2013)

Segundo van der Steen (2018), a majoritária parte das companhias executavam um controle baseado na contabilidade. Os impactos dessa metodologia de controle geravam informações referentes ao custo incoerente, uma vez que ignoravam diversos benefícios obtidos através da otimização de processos referentes à qualidade, flexibilidade de produção, tempo de entrega e aceitação dos produtos no mercado. Em ambientes *Lean*, os sistemas de controle devem beneficiar a gestão e os colaboradores pela redução de desperdícios e aumento da qualidade, enquanto nos ambientes de controle contábil, usualmente, são realizadas ações que valorizem essa vertente, que muitas vezes acarretava em ações que poderiam prejudicar a qualidade, além de comumente aumentar inventários.

2.3. Just-in-Time

A filosofia *Just-in-Time* (JIT) surgiu no Japão após a Segunda Guerra Mundial, onde a Toyota Motor Company foi sua precursora e projeto piloto, conforme Tubino (1997). O objetivo primário da filosofia JIT é eliminar desperdício no sistema de produção, conforme Shingo (1996). O sistema de trabalho Just-in-Time tem como objetivo principal o que os japoneses chamaram de “Estoque Zero”, onde há a busca por trabalhar apenas com o mínimo no que se refere a equipamentos, matéria-prima, insumos e estoque de produtos acabados, por conta disso, cada processo deve ser abastecido com os itens necessários, na quantidade necessária, no momento necessário.

O maior desafio do JIT é alcançar o índice optimal em relação ao estoque mínimo e não parar as linhas de montagem que demandam suprimentos ininterruptamente. Segundo Corrêa (2009), a metodologia surgiu exatamente pelo fato da Toyota Motor Company buscar um sistema que pudesse coordenar produção e a necessidade do mercado, de forma a possibilitar a execução do plano de produção, sem a super produção, minimizando desperdícios.

3. Metodologia

A pesquisa se deu da seguinte maneira: Inicialmente foi realizada uma rica análise da literatura existente sobre os assuntos abordados no estudo de caso. Posteriormente, descreve-se toda a situação atual enfrentada pela empresa avaliada, seus impactos e conseqüentemente os motivos que levaram o autor à escolha desta temática de abordagem, seguindo por uma análise da causa raiz do problema levantado na tese endorsada pelo uso das ferramentas de gestão da qualidade, além das propostas para solução dos fenômenos, assim como seus resultados discutidos de maneira lúdica.

O fluxograma abaixo demonstra o processo de pesquisa considerado nesta tese.

Figura 1 – Fluxograma de Desenvolvimento da Tese.



Fonte: O Autor (2021)

4. Estudo de caso

4.1. Análise da Situação Atual

Inicialmente, deve-se realizar uma investigação acerca da realidade do “chão de fábrica” para uma contextualização do estudo. A empresa avaliada em questão será referida com o nome de “X”. A empresa X é uma renomada fábrica e montadora de origem japonesa, responsável pela fabricação de carros, motocicletas, quadriciclos, motores estacionários, jatos e até mesmo robôs humanoides. Na planta avaliada no presente estudo, ocorre a produção de motocicletas, quadriciclos e motores estacionários. Localizada em Manaus, no estado do Amazonas, a empresa faz parte do quadro de indústrias beneficiadas pelos incentivos da Zona Franca de Manaus, responsável por mais de cinco mil (5.000) empregos diretos.

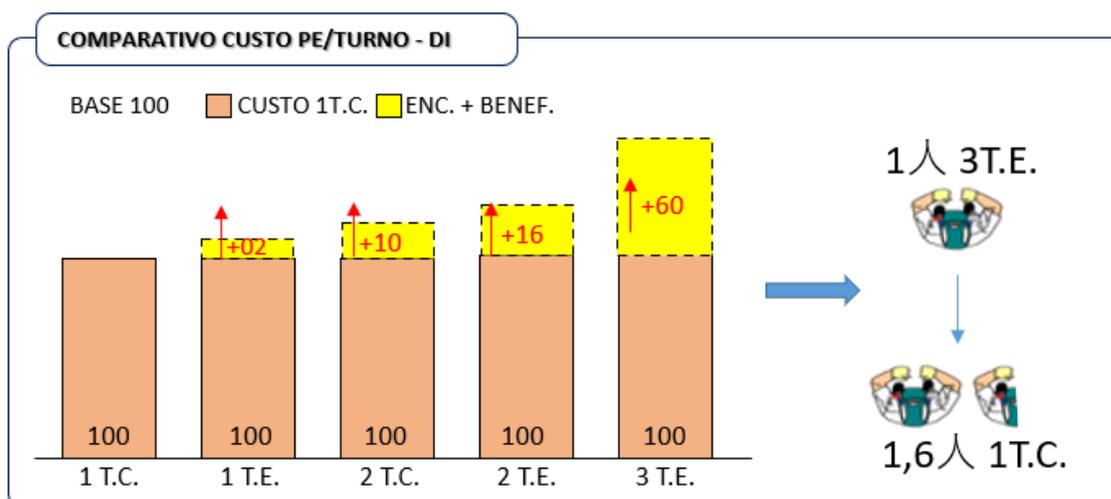
Ao avaliar os processos produtivos presentes na planta da X, nota-se que é uma empresa muito verticalizada, ou seja, os componentes utilizados em seus processos internos são produzidos de forma “*in house*”. Fundição, Usinagem, Solda, Pintura, Montagem, Estamparia e Injeção Plástica são alguns dos meios de produção encontrados na planta em avaliação.

Por se tratar de uma empresa tão grande e com mercado volátil às oscilações da economia devido ao alto valor agregado aos seus produtos, inevitavelmente sofreu muito com

os impactos da COVID-19 em todas as suas escalas, sejam financeiras (mercado) ou físicas (execução de suas atividades, decretos governamentais, etc.). Por conta disso, a necessidade de redução de custos que já era bem forte na empresa, tornou-se ainda mais importante.

Após direcionamento da alta gestão da empresa X, ficou definido que os setores produtivos deveriam concentrar seus esforços de modo que reduzissem custos com atividades em 3º Turno, uma vez que o custo com encargos trabalhistas, tarifa energética e gastos com transporte e alimentação são muito mais expressivos para essas atividades noturnas, conforme explicitado pela Figura 2.

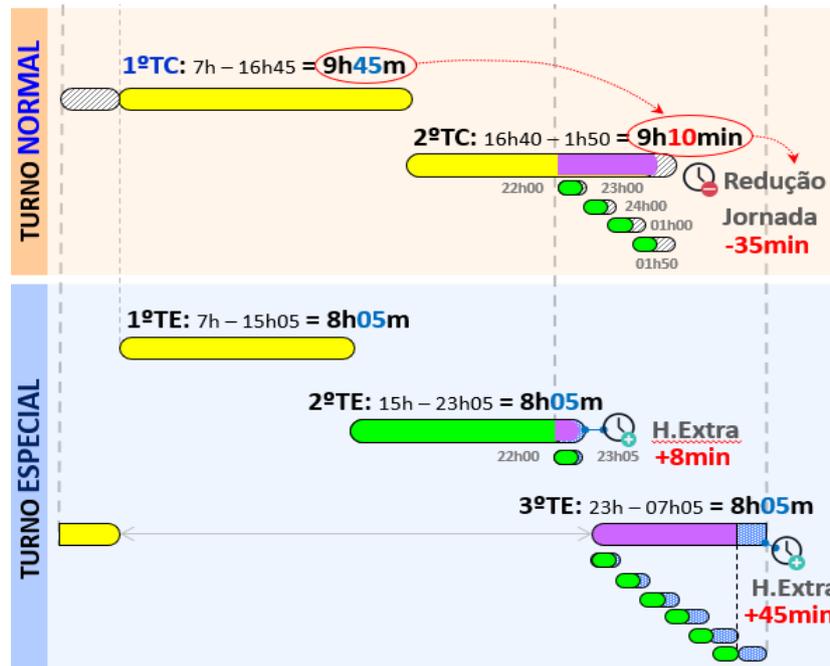
Figura 2 - Avaliação de custo entre turnos de trabalho.



Fonte: O Autor (2021)

Utilizando-se de uma base cem para facilitar a avaliação e tendo como parâmetro base o primeiro turno comercial (1T.C.), explode-se a análise para as outras modalidades de turnos de trabalho, explicados pela Figura 2. Observando a diferenciação em percentual, nota-se que uma pessoa trabalhando no terceiro turno especial (3T.E.) é 60% mais caro que uma que trabalha no 1T.C.

Figura 3 - Modalidades de turnos de trabalho.



Fonte: O Autor (2021)

Identificada a relevância do assunto e seu impacto financeiro para a empresa, deve-se avaliar quantas pessoas a empresa possui nessas condições para avaliar e priorizar ações em prol da redução desses números, conforme Figura 4.

Figura 4 - Quantitativo de pessoal da empresa X.

| Setor Resp | TURNO COMERCIAL | | TURNO ESPECIAL | | | TURNO CONTÍNUO | | |
|-------------------------|-----------------|-----|----------------|-----|-----|----------------|----|----|
| | 1º | 2º | 1º | 2º | 3º | 1º | 2º | 3º |
| GRUPO MONT. MOTOCICLETA | 482 | 440 | | | 2 | | | |
| GRUPO PINTURA | 329 | 175 | 139 | 124 | 140 | 1 | | |
| GRUPO SOLDA | 517 | 261 | 1 | 9 | 7 | | | |
| GRUPO INJ. PLÁSTICA | 49 | 48 | 18 | 17 | 25 | | | |
| GRUPO ESTAMPARIA | 110 | 56 | 19 | 18 | 18 | | | |
| GRUPO MONT. MOTOR | 775 | 188 | | | | | | |
| GRUPO USINAGEM | 72 | 27 | 92 | 83 | 40 | | | |
| GRUPO FUNDAÇÃO | 52 | 42 | 81 | 74 | 75 | 8 | 9 | 10 |

Fonte: O Autor (2021)

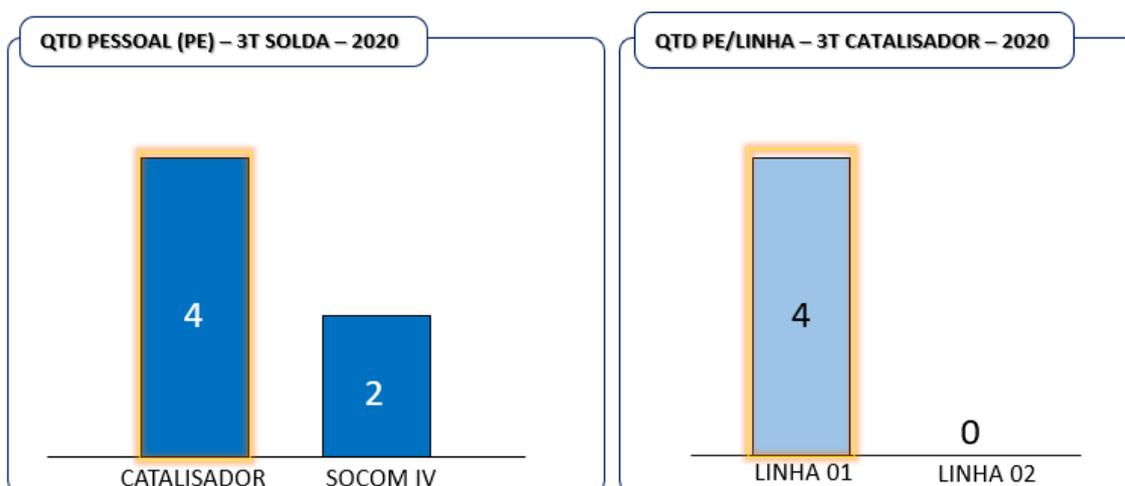
Uma vez identificadas as quantidades de pessoas, teoricamente, há uma definição de quais setores devem ser priorizados quanto à projetos de melhoria de processos para absorção das atividades dos terceiros turnos em suas outras modalidades, como o primeiro ou segundo turno, porém, há uma regra interna da corporação de que existem situações as quais terceiros turnos são necessários/aceitáveis. São elas: 1- Quando o setor possui maquinário de alto valor agregado, como por exemplo cabines automáticas de pintura, onde é preferível mantê-lo rodando,

por questão de depreciação de equipamento e outras avaliações contábeis, ou 2- Quando o setor possui máquinas térmicas, ou seja, maquinário que demanda uma estabilidade de processo para manter seus parâmetros de qualidade, tais como injetoras ou fornos fusores.

Aplicando as regras supracitadas na avaliação dos grupos da fábrica com maior quantitativo de pessoas em terceiro turno especial (3T.E.), notar-se-á que o Grupo Solda, com o total de sete (7) pessoas, sendo seis (6) colaboradores diretos (ligados diretamente à produção) e um (1) chefe de produção (responsável por supervisionar as atividades produtivas), é a categoria que apresenta maior quadro de pessoal alocado, em um setor ao qual não se enquadra em nenhuma das regras de execução de atividades em terceiro turno.

Avaliando a subdivisão do quadro de pessoal em 3T.E. do Grupo Solda, conforme indicado pela Figura 4, têm-se que a maior concentração de pessoas encontra-se no setor de Solda do Catalisador, com quatro (4) pessoas, seguido pelo setor da Solda Componentes Linha 4 (SOCOM IV). Dentro do setor de Solda do Catalisador, deve-se ainda realizar mais uma análise para identificar a subdivisão interna dentro de suas linhas de produção, onde encontra-se que a totalidade do quadro de pessoal em questão está centralizado em uma única linha, nomeada de Linha 01.

Figura 5 - Divisão do Quadro de Pessoal - Grupo Solda



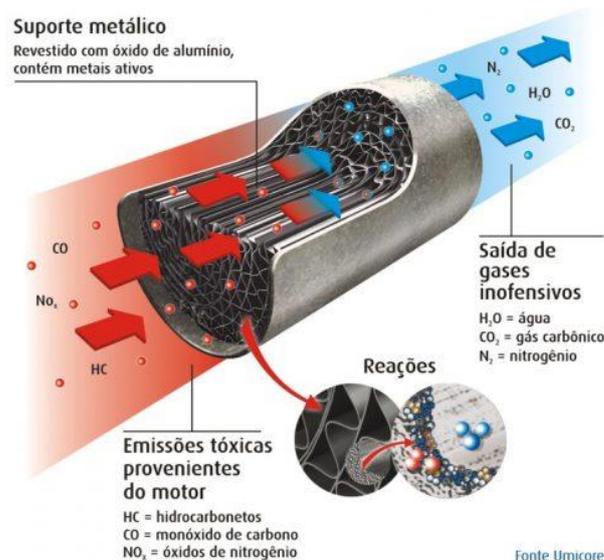
Fonte: O Autor (2021)

Inicialmente, deve-se explicar o conceito de catalisador para um melhor entendimento acerca do estudo, por se tratar de um item pouco conhecido pelo público geral.

Catalisador é um item presente no sistema de escape de motocicletas e carros. É

responsável pela transformação de gases poluentes liberados pelo processo de queima do combustível pelo motor (como exemplo tem-se CO, NO_x (óxidos de Nitrogênio), C_xH_y (hidrocarbonetos)) e transformá-los através de uma reação química em um substrato cerâmico ou metálico encontrado internamente no corpo do catalisador em gases mais inofensivos ao meio ambiente e ao ser humano (como por exemplo: CO₂, H₂O, N₂), conforme Figura 6.

Figura 6 - Funcionalidade de um catalisador

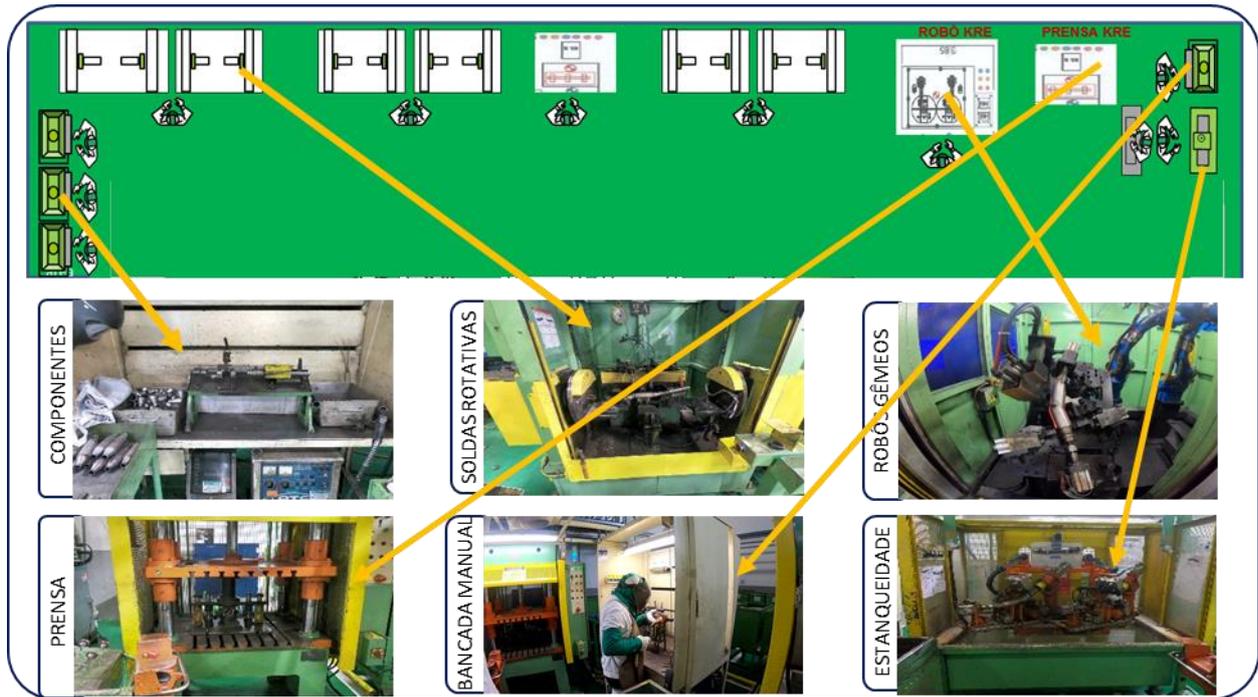


Fonte: Portal Mecânica Online (2019)

Uma vez alinhados os conceitos necessários para o entendimento do estudo, pode-se iniciar o desenvolvimento em si.

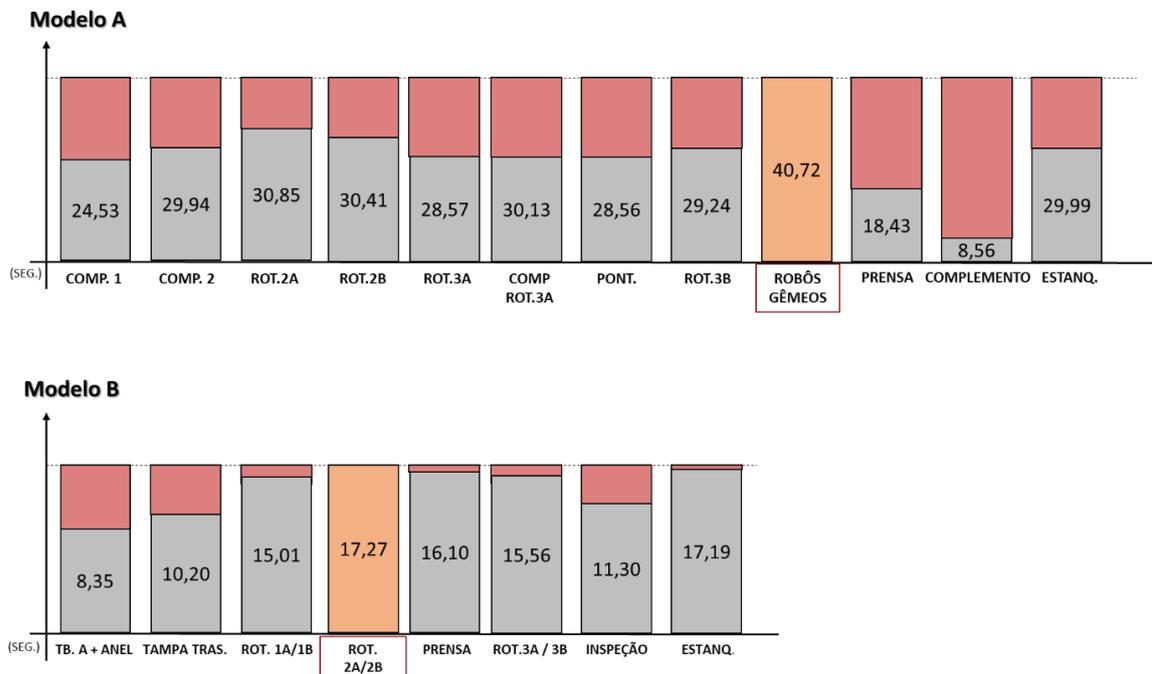
Atualmente, o setor de solda catalisador possui um total de 19,3 horas disponíveis para a produção, divididos em três turnos especiais. Este tempo já desconta horário de refeições, pausas e afins. São produzidos dois itens na Linha 01 em questão, os quais serão nomeados como Produto A e Produto B. O *Layout* da linha e sua subdivisão de processos estão listados nas figuras 7 e 8 abaixo, onde o *takt time* de cada modelo está identificado através de uma cor diferente em relação as demais atividades, além da diferença de tempo entre o *takt time* (Ou seja, o tempo que limita as entregas da linha) e o restante das atividades está identificado através de barras vermelhas, demonstrando o conceito de desbalanceamento entre atividades.

Figura 7 - Layout de processos da solda catalisador Linha 01.



Fonte: O Autor (2021)

Figura 8 - Divisão de tempos dos modelos A e B



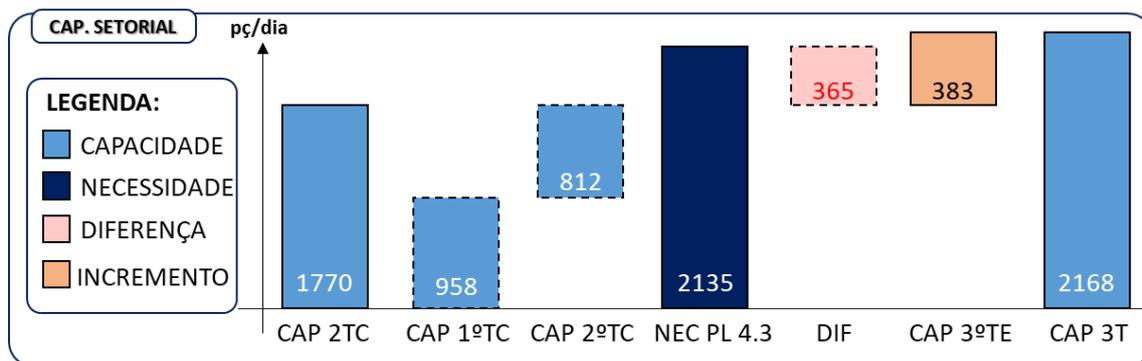
Fonte: O Autor (2021)

Ao avaliarmos a distribuição de tempos dos processos A e B, inicialmente, a diferença

mais evidente é a diferença na quantidade de subprocessos entre os modelos, posteriormente, nota-se a grande diferença entre os tempos das linhas, uma vez que o *takt time* entre elas apresenta uma discrepância maior que duas vezes o tempo do modelo B.

Os impactos referentes à esses tempos podem ser expressos através da figura 9, uma vez que a premissa da fábrica é a atuação do setor em dois turnos comerciais, devido ao valor aplicado à mão de obra. Contudo, devido à impossibilidade desta situação ao se comparar demanda diária do plano de produção, o *takt time* de cada item e a relação de horas úteis disponíveis para a produção, há a necessidade de se abrir o 3T.E., de modo que possibilita o atendimento às demandas do cliente.

Figura 9 - Estudo de Capacidade Produtiva da Linha 01.

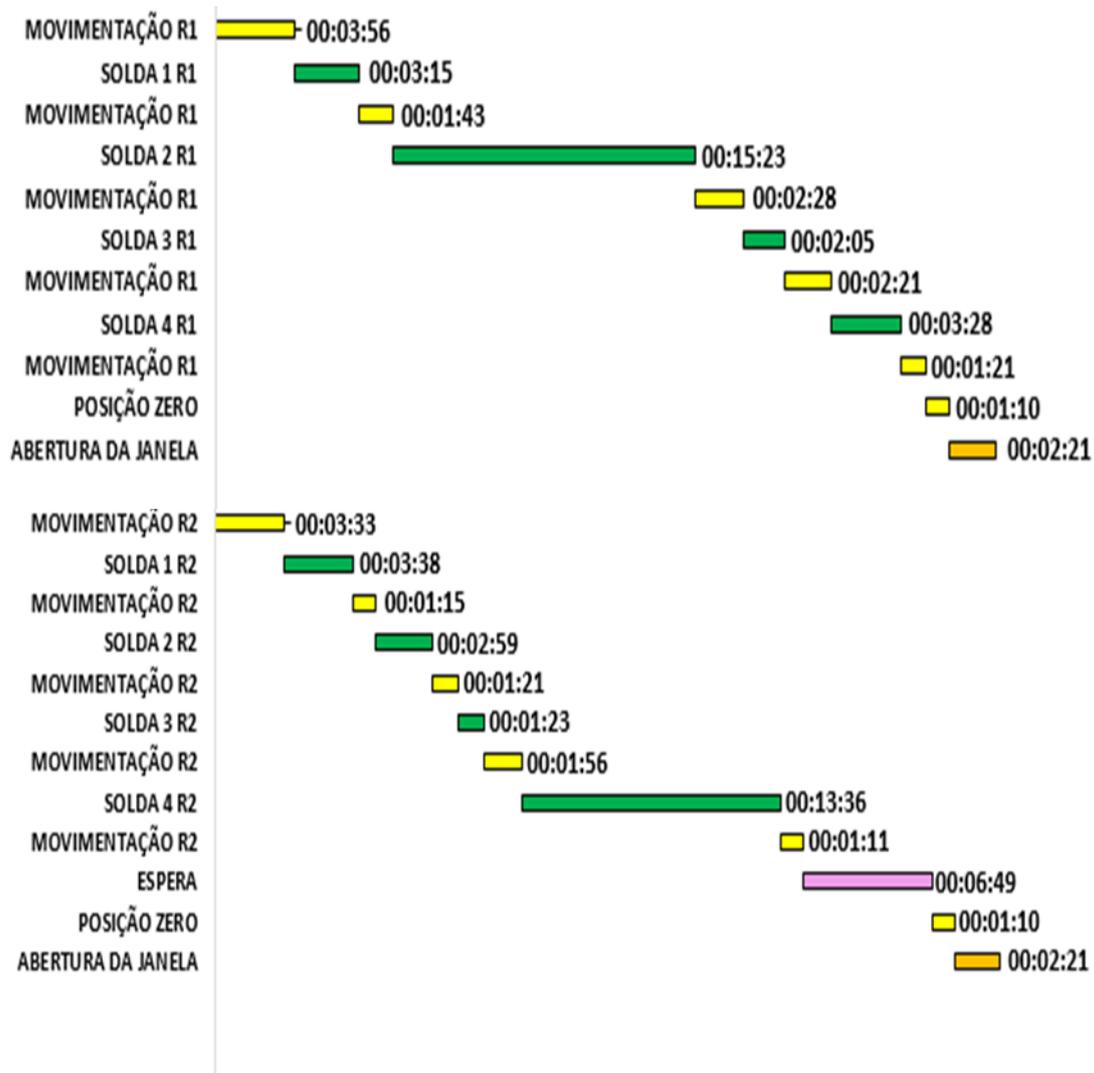


Fonte: O Autor (2021)

Apresentada a situação atual da linha, há a necessidade de escolher um alvo para o estudo de melhoria deste processo. Utilizando-se do mesmo fator para a escolha do setor da solda catalisador, o modelo A será escolhido por apresentar-se como o maior tempo de processo, portanto, a atividade que “frena” a capacidade produtiva da linha, alocando mais recursos e impossibilitando a alimentação ao setor cliente em menor tempo.

Buscando entender os motivos que levam o subprocesso nomeado de “Robôs Gêmeos”, foram realizadas gravações do processo e, posteriormente, sua análise minuciosa de tempos através de um Gráfico de Gantt, de forma que fiquem claros os pontos em que há agregação de valor (que assumem o nome de “net A”), identificadas pela cor verde, pontos necessários para a execução das atividades que agregam valor (nomeadas de “net B”), identificadas pela cor amarela e as atividades que não agregam valor (assumem o nome de “Loss”).

Figura 10 - Gráfico de Gantt das atividades dos Robôs Gêmeos.

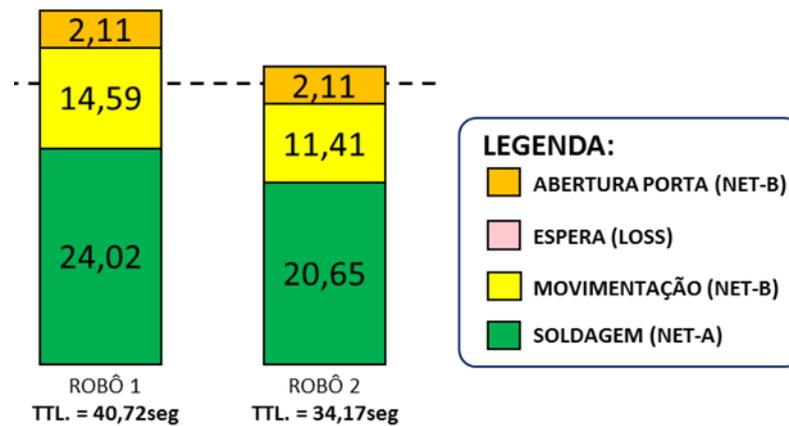


Fonte: O Autor (2021)

Através dessa análise, nota-se que existe uma atividade nomeada como “espera”, ou seja, o Robô R2, termina suas atividades de soldagem e fica aguardando o Robô R1 finalizar as suas. Espera essa que dura 6,49 segundos, além do tempo de movimentação dos braços robóticos para voltar a posição zero, para dar início ao processo de soldagem da próxima peça.

Esse desbalanceamento entre os braços robóticos, demonstrado de forma mais clara através do Gráfico Yamazumi abaixo, indica um sério problema da linha, que gera o problema do não atendimento em dois turnos comerciais.

Figura 11 - Gráfico Yamazumi dos processos dos Robôs Gêmeos

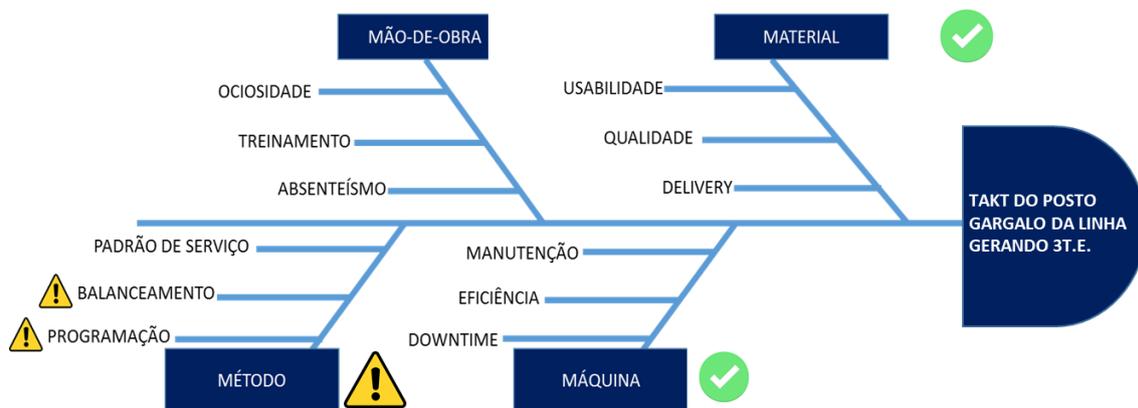


Fonte: O Autor (2021)

4.2 Análise das Causas

Em busca de identificar as causas deste fenômeno, foi elaborado um Diagrama de 4M ou Diagrama de Ishikawa, tendo como fenômeno avaliado “Posto Gargalo gerando 3T”.

Figura 12 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: O Autor (2021)

Avaliando o índice de Método, observam-se potenciais de melhoria, principalmente no que se refere ao balanceamento do posto e a programação do robô presente na estação.

De forma a identificar a causa raiz do problema, utilizou-se da Análise Fukabori, que em japonês significa “vasculhar a fundo”, fazendo paralelo a análise dos porquês,

4.3 Proposta de Solução e Viabilidade de Implantação

Inevitavelmente, os impactos financeiros em reflexo da pandemia de COVID-19 afetaram todas as empresas do mundo, especialmente as brasileiras que, por conta da realidade do país, encontram uma maior instabilidade financeira e social. Por conta disso, a empresa avaliada colocou como condição para todos os seus projetos em que o investimento seja de no

máximo cinquenta mil reais (R\$50.000,00) e que possuam retorno deste investimento em até vinte e quatro meses. Devido a urgência dada pela alta gestão para este projeto, havia ainda a necessidade de rapidez de sua aplicação, uma vez que seria usado como exemplo aos outros setores da fábrica para redução da prática de atividades de 3TE.

Inicialmente, foram levantadas três possibilidades de otimização deste processo, contudo, uma das alternativas que era a alteração da estrutura física do robô melhorando o dispositivo de soldagem na qual são alocadas as peças do catalisador, estava com custo estimado acima do teto proposto pela empresa, por conta disso, a ideia foi descontinuada no momento, mas sendo guardada para um futuro estudo.

As outras duas propostas são relacionadas exclusivamente com balanceamento de processos entre os Robôs Gêmeos, contudo, os resultados que mais agradaram a gestão da empresa foi a proposta escolhida: Dividir as atividades de soldagem dos Robôs Gêmeos com outros postos ociosos da linha de produção, uma vez que a otimização atingiria outros postos além do gargalo previamente apresentado. O posto escolhido foi o Complemento, uma vez que era o posto mais ocioso em toda a cadeia.

Portanto, abordando a proposta aceita, deve-se avaliar se é viável sua implementação. Primeiramente, a fim de assegurar a qualidade do produto final, uma vez que se está deixando de fazer uma solda automática, que em teoria é mais controlada e estável, para uma solda manual, a equipe de engenharia da qualidade solicitou testes para garantir que a penetrabilidade dos cordões de solda na estrutura metálica do catalisador mantenha-se dentro dos padrões demandados pelo desenho técnico da peça em si, além de um teste que mostre que o posicionamento das peças não sofra alteração, uma vez que o catalisador é acoplado no sistema de escapamento da motocicleta, portanto, deve atender com milimétrica precisão o desenho especificado.

Foram feitos os testes em um lote inicial contendo dez (10) peças escolhidas aleatoriamente no laboratório de qualidade localizado no próprio setor da solda escapamento, tendo resultados positivos e conseqüentemente aprovados.

A gestão setorial do Grupo Solda solicitou que as mudanças executadas fossem refletidas nas documentações oficiais como o Padrão de Serviço, que são os procedimentos padronizados que o colaborador deve executar naquele posto de trabalho específico que culminam, ao final, no produto acabado, além das Folhas de Checagem de Equipamento, que servem como uma pré-checagem, executada no início do turno de trabalho, para garantir que o equipamento esteja dentro dos parâmetros estabelecidos para uma produção com qualidade.

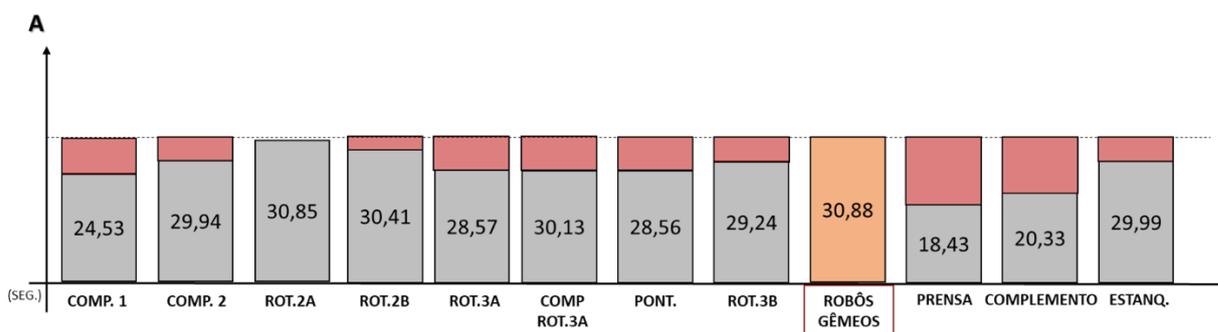
Executadas todas as ações listadas e devidamente apresentadas e aprovadas, o projeto foi considerado viável para implementação, o que permitiu então a produção em alta escala no dia-a-dia.

5. Discussões finais e Conclusões

Ao serem aplicadas integralmente as condições demandadas pelos setores aprovadores das mudanças, o projeto foi aplicado e está em pleno funcionamento de acordo com os planos listados nesse estudo.

Inicialmente, o primeiro resultado obtido foi a diminuição do *takt time* da linha, saindo do valor de 40,72 segundos para um valor de 30,88 segundos, uma redução de aproximadamente vinte e cinco por cento do tempo padrão da linha, aumentando seu índice de balanceamento, uma vez que o *takt time* passado era completamente diferente do restante do patamar da linha de produção, tal como informado na Figura 13 abaixo.

Figura 13 - Nova Configuração de Tempos da Linha 01 do Catalisador.



Fonte: O Autor (2021)

Em decorrência dessa melhoria de processo, a capacidade da linha subiu de um patamar total prévio de 2.168 catalisadores/dia para 2.353 catalisadores/dia, o que em suma possibilita o fechamento do 3TE na linha de produção, foco deste estudo desde o princípio.

Com o fechamento do 3TE, o setor da solda catalisador pôde contar com uma economia anual no patamar de R\$380.00,00 (trezentos e oitenta mil reais), ao cortar custos com os quatro colaboradores listados para as antigas atividades referentes ao terceiro turno. Detalhe importante de se frizar é que além dos custos com quadro de pessoal, existem ainda outros custos intrínsecos às atividades em 3TE, como o funcionamento de maquinário, iluminação, fardamentos, alimentação, etc. Custos ainda não mensurados no momento deste estudo.

Como reflexão final, fica o questionamento acerca das limitações que as automações e

elementos robóticos possuem, tal qual os humanos. Muitas vezes, as organizações investem em automações em busca de redução de custo ao longo prazo e estabilidade de produção, contudo, com o aumento de demanda, caso não aja o acompanhamento, previsão de demanda correta e a devida manutenção, existe uma grande possibilidade do que vem como solução, se tornar um verdadeiro gargalo e culminar no oposto sonhado pela companhia em questão.

6. Referências Bibliográficas:

BAYSAN, Serdar et al. **A simulation-based methodology for the analysis of the effect of lean tools on energy efficiency: An application in power distribution industry.** Journal of cleaner production, v. 211, p. 895-908, 2019.

CORRÊA, H. L.; **Just in Time, MRP e OPT: um enfoque estratégico** / Henrique L. de Corrêa, Irineu G.N. Gianese. 2ª Edição – 14ª Reimpressão, São Paulo: Atlas, 2009.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **Modelo Toyota: Manual de Aplicação.** Porto Alegre: Bookman, 432 p., 2007.

LIKER, Jeffrey K. **Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer.** McGraw-Hill Education, 2004.

MACHADO, Claralucia Prates; TONDOLO, Vilmar Antonio Gonçalves. **Perda por ruptura em gôndola: uma análise do Sistema Toyota de Produção, na indústria alimentícia e no varejo supermercadista.** Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas, v. 9, n. 3, p. 15, 2014.

MAIA, J. L., CERRA, A. L., FILHO, A. G. A. **Estratégia de operações na indústria automotiva: os casos de duas montadoras de motores instaladas no Brasil.** Anais. Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais – SIMPOI 2006. FGV – EASP, São Paulo, SP, 2006.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala.** Bookman, Porto Alegre, 1997.

Portal Mecânica Online – **Catalisadores são iguais para motos e carros?** Disponível em: <<http://mecanicaonline.com.br/wordpress/2019/06/11/catalisadores-sao-iguais-para-motos-e-carros/>> . Acesso em: 23/05/2021.

STANDRIDGE, C. R., MARVEL J. H., **Why Lean needs simulation.** Anais. Winter Simulation Conference, USA, 2006, pp. 1907-1912.

SHEIKH-SAJADIEH, Homa et al. **Achieve to agility manufacturing by use of seven wastes through Lean manufacturing.** Advances in Environmental Biology, v. 7, n. 8, p. 1687-1691, 2013.

SHINGO, S. **A Study of the Toyota Production System**. New York: Productivity Press: 257 p., 1989.

SHINGO, Shigeo. **Sistemas de produção com estoque zero: o sistema shingo para melhorias contínuas**. Rio Grande do Sul: Bookman, 1996.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

VAN DER STEEN, Martijn Pieter; TILLEMA, Sandra. **Controlling lean manufacturing in multidivisional organisations: Highlighting local interests and constraints**. International Journal of Operations & Production Management, 2018.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo: baseado no estudo do Massachusetts Institute of technology sobre o futuro de automóvel**. Tradução Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.