

Melhoria do Processo Produtivo de uma Montadora de Veículos com a aplicação do Yamazumi

Igor do Vale de Almeida
igordovaleengenharia@gmail.com
UERJ

Henrique Martins Rocha
prof.henrique_rocha@yahoo.com.br
UERJ/UFF

José Glenio Medeiros de Barros
glenio.barros@gmail.com
UERJ

Thatiana Muylaert Siqueira Menezes
thatiana.muylaert@fat.uerj.br
UERJ

Thiago Medeiros dos Santos
thiagomed1684@icloud.com
Estácio

Resumo: A presente pesquisa aborda a melhoria no processo produtivo de uma montadora de veículos instalada na Região Sul Fluminense. Mudanças na demanda implicaram em redução da velocidade da linha de produção, gerando um desbalanceamento nos postos de trabalho da área de garantia de qualidade da linha, especificamente, nas áreas de validação de retrabalhos relacionados a defeitos de aspecto e de geometria. A baixa produtividade e a ociosidade, devido ao desbalanceamento, impeliram uma equipe multidisciplinar a buscar uma solução que promovesse a melhoria do processo produtivo, mediante o rebalanceamento nos postos envolvidos, reduzindo os custos sem comprometer a qualidade do produto final. Para tanto, o processo foi desdobrado em atividades e, mediante observação, entrevistas com os operadores e cronometragem, bem como análise documental nos postos, foram identificadas ineficiências e oportunidades de melhoria, as quais foram analisadas pela equipe, utilizando o diagrama de Ishikawa, análise dos 5 porquês e gráfico Yamazumi. Propostas de melhoria foram desenvolvidas, utilizando o brainstorming e foi estabelecido um plano de ações, englobando a integração das validações de aspecto e de geometria, padronização do posicionamento dos documentos do processo, revisão do layout dos documentos a serem preenchidos e o seu alinhamento com a rotina do posto, além da modificação do layout do próprio posto de trabalho. Implementadas as mudanças, houve o acompanhamento e o monitoramento do desempenho (etapas D e C do PDCA), incluindo, novamente, cronometragem e observação. Constatou-se que a redução de movimentação desnecessária, bem como das distâncias percorridas, além da

eliminação de tempos de busca por documentos e seu preenchimento, reduziram as perdas no processo produtivo, alinhado com os preceitos do lean manufacturing, garantindo o fluxo adequado no processo produtivo, apesar da redução de um posto de trabalho, sem comprometer a qualidade do produto final.

Palavras Chave: Qualidade - Carros - Inspeção - Melhorias - Linha de montagem

1. INTRODUÇÃO

Os veículos automotores possuem a capacidade de transportar pessoas e cargas e, de acordo com Rodrigue *et al.* (2016), são os meios de transporte mais utilizados em todo mundo. Sua importância se dá, principalmente, pela maior mobilidade e flexibilidade obtidas, proporcionando uma elevada variedade de utilização no dia a dia.

Segundo a Organização Internacional de Fabricantes de Veículos Motorizados (2020), estima-se que exista, no mundo, cerca de 1,4 bilhão de veículos entre automóveis, comerciais leves e veículos comerciais pesados. Conforme a Agência Internacional de Energia (2020), em 2019, a proporção era de 5,5 pessoas por veículo. Em alguns países, como os EUA, essa proporção é de 1,1 pessoa por veículo (BTS, 2020). Já no Brasil, segundo o IBGE (2020), a proporção é de 4,5 pessoas por veículo.

Considerando a necessidade de segurança e preservação ambiental, os veículos produzidos necessitam ter sua qualidade garantida ou assegurada. A ausência de qualidade em um veículo pode gerar prejuízos consideráveis às empresas envolvidas em sua produção e, sobretudo, aos clientes ou consumidores deste tipo de produto. Araújo (2020), em um estudo sobre a Gestão de Processos Industriais, cita a importância da melhoria dos processos produtivos como meio de se obter ganhos de qualidade, que assegurem o atendimento das necessidades dos clientes, com a vantagem de possíveis melhorias de produtividade na produção.

O processo de produção de um veículo exige um complexo trabalho em equipe que se divide através de postos ao longo de uma linha de montagem. Esses postos ou estações de trabalho precisam estar bem sincronizados, buscando a melhor sintonia possível, com a finalidade de minimizar os erros e, para isso, as linhas são gerenciadas por profissionais que utilizam diversas ferramentas da qualidade, como apontado por Juran *et al.* (2010).

Diante do exposto, o assunto a ser abordado neste estudo é a melhoria em um posto de trabalho de garantia de qualidade de uma linha de montagem de veículos situada na Região Sul Fluminense. Para compreender o tema desta pesquisa, torna-se relevante apresentar a situação problema na qual se debruçou este trabalho. Nesse sentido, os erros na linha de montagem acontecem e, em muitos casos, esses erros geram defeitos com necessidade de retrabalho no veículo. Os defeitos, gerados pelo processo, são identificados por inspetores de qualidade logo após a saída da linha de montagem.

Em um primeiro posto de trabalho, os defeitos identificados pelo inspetor de qualidade são registrados em uma folha de inspeção que segue com o carro até o último posto antes de ser entregue ao pátio, onde são encaminhados para as concessionárias. Em um segundo posto de trabalho, os defeitos registrados na folha são retrabalhados por um retocador. E, em um terceiro posto de trabalho, o veículo segue para o posto de validação de retrabalho do defeito. Nesse posto, o operador avalia, através da folha de inspeção, cada um dos defeitos e se foram corretamente retocados, garantindo, assim, o mínimo de defeitos possível. O posto de validação de defeitos é executado por dois operadores, atuando na validação de defeitos de aspecto e de defeitos de geometria, como ilustrado na Figura 1. Defeitos de aspecto são anomalias como risco, falta de pintura e arranhado. Defeitos de geometria são anomalias como espaçamento entre chapas e alinhamento entre portas.

Com a diminuição do volume diário de produção, identificou-se uma oportunidade de melhoria na qual se avalia a possibilidade de redução de dois operadores para um operador, o que torna o objeto de estudo deste projeto. À vista disso, o estudo tem, como objetivo principal, a redução de um operador no posto de validação de defeitos que, até então, é executado por dois operadores. Além disso, o estudo almeja reduzir o tempo agregado das duas operações através de possíveis melhorias levantadas no decorrer do projeto. E, como objetivos específicos, tem-se: (i) observação do posto; (ii) levantamento de hipóteses de

melhorias, (iii) ensaio da aplicabilidade das melhorias e (iv) realização de análise comparativa dos resultados do processo antes e após as ações implementadas.



Figura 1: Layout dos postos.

Fonte: Almeida (2024)

A pesquisa justifica-se pela necessidade de viabilizar a redução de mão de obra e consequente redução de custos, bem como o balanceamento do processo, propiciando ganho de produtividade, sem comprometer a qualidade do produto final, como previsto na manufatura enxuta, também conhecida como *Lean Manufacturing* (Ferreira, 2004). A estrutura deste projeto se baseou no ciclo PDCA, que consiste em analisar e delimitar o problema, estipular ações que alcancem o objetivo que erradica o problema, avaliar a situação com as ações implementadas por um determinado período e, com a melhoria verificada, avaliar possíveis novas melhorias para o processo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, serão descritos os conceitos teóricos abordados no decorrer do trabalho, quais sejam, a evolução da Qualidade, balanceamento de linhas de produção e ferramentas da qualidade e produtividade.

2.1. ORIGEM DA QUALIDADE

A evolução da qualidade, segundo Garvin (1988), contempla quatro etapas que foram as chamadas “Éras da Qualidade”, as quais são discutidas a seguir. No início do século XX, com o surgimento do sistema produtivo em massa, a inspeção passou a ser instrumento da qualidade, com a finalidade de gerar satisfação ao consumidor. Porém a inspeção era aplicada no produto final sem a possibilidade de evitar produtos defeituosos. Dessa forma, os produtos eram retrabalhados ou, se irrecuperáveis, eram descartados, gerando desperdício. Essa fase foi denominada, por Garvin (1988), como a “Era da inspeção”. O avanço dessa fase da evolução da qualidade aconteceu na década de 1930, na qual iniciou a “Era do Controle Estatístico da Qualidade”, que passou a aplicar ferramentas estatísticas que facilitaram a identificação de desvios no processo e suas causas. Os principais responsáveis por esse avanço foram Walter Shewhart e Joseph Juran (Juran *et al.*, 2010).

A era seguinte foi chamada por Garvin (1988) de “A Era da Garantia da Qualidade” e ficou conhecida pela prevenção de defeitos em toda cadeia produtiva, através do envolvimento ativo de todos os participantes do processo. A quarta e última era da qualidade surgiu na década de 1950 como uma filosofia que foi chamada de Gestão pela Qualidade Total. Nessa era, a qualidade passou a ser considerada ferramenta estratégica para as empresas (Garvin, 1988). Ao longo dessas etapas evolutivas, além dos nomes citados, outras figuras proeminentes, chamados gurus da qualidade, se destacaram, como Deming, Taguchi e Ishikawa.

2.2. BALANCEAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO

O balanceamento de linhas de produção segue o raciocínio da manufatura enxuta que é de eliminação de desperdícios. O balanceamento tem como objetivo o equilíbrio da carga de atividade dos postos de trabalho (Karwowski; Marras, 2003), ajustando a distribuição dos recursos, a fim de atender a demanda do produto (Pinedo, 2012). Uma linha de produção bem balanceada possui um fluxo suave e contínuo no qual os operadores trabalham com tempos médios semelhantes, tendendo ao mínimo desvio. Esse tempo médio denomina-se tempo de ciclo. O tempo de ciclo é o tempo disponível para execução do posto.

Diversas técnicas foram desenvolvidas ao longo do tempo de acordo com a variedade das linhas de produção. Um fator importante para balancear é saber o tipo de linha de produção a ser estudada. Essa diferenciação é feita através do diagrama de precedência que é a especificação das atividades exercidas no posto conforme o produto.

2.3. FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Existem diversas ferramentas de qualidade e produtividade. No presente estudo foram utilizadas o PDCA, Diagrama de *Ishikawa*, Cronometragem, *Yamazumi* e *Brainstorming*, ferramentas que são discutidas a seguir.

O método PDCA, segundo Andrade (2003), foi elaborado por Walter Shewhart e popularizado por Edwards Deming. Esse método consiste na apresentação e na delimitação do problema, elaboração do plano de ações para redução ou erradicação do problema, aplicação das ações, avaliação comparativa de antes e depois das ações, padronização do processo e, por último, a reavaliação do processo para implementação de novas melhorias. Conforme Campos (2014), o método é dividido em quatro fases:

- **Plan** → A fase planejar (*Plan*) possui, como principal objetivo, a definição do problema e a elaboração de um plano de ação. Para isso, é coletado o máximo de informações possíveis do processo relacionadas ao problema. Segundo Campos (2014), essa fase se resume em: localizar problema, estabelecer meta, analisar fenômenos, analisar processo e elaborar o plano de ação;
- **Do** → Com o plano de ação desenvolvido, a próxima fase é de aplicação das ações que é chamada de fazer (*Do*). Essa fase implementa as ações previstas no plano elaborado na fase planejar. Dessa forma, a fase fazer é o momento de pôr em prática cada uma das ações;
- **Check** → Com as ações implementadas, a próxima fase é de avaliação comparativa denominada como checar (*Check*). O objetivo dessa fase é avaliar se o objetivo geral estipulado no plano de ação foi atingido e padronizar as modificações realizadas no processo através das ações;
- **Act** → A última fase visa a reavaliar o processo após as melhorias implementadas. O objetivo é verificar possíveis novas ações que possam melhorar o processo e, assim, retornar para a primeira fase, fechando um ciclo. Essa fase é denominada agir (*Act*).

O diagrama de *Ishikawa*, também conhecido como espinha de peixe e diagrama de causa e efeito, é uma ferramenta de análise de processo que tem como objetivo identificar e discriminar as causas de um problema (Ishikawa, 1976). A aplicação dessa ferramenta permite identificar oportunidades de melhoria no processo, como gerar mais eficiência e erradicação do problema. Segundo Ishikawa (1976), o diagrama de *Ishikawa* se divide em seis possíveis tipos de causas de problema denominado “6M”:

- **Mão de Obra** → É a avaliação de causa relacionada à mão de obra humana;
- **Máquina** → Toda causa relacionada à máquina e ao homem;

- **Método** → São as causas relacionadas ao método aplicado no processo;
- **Meio Ambiente** → Alguns fatores relacionados ao ambiente do posto de trabalho podem impactar a operação, como: baixa luminosidade, ruídos e distrações;
- **Meio de Medição** → São causas relacionadas aos meios de medição do produto final;
- **Material** → São causas de problemas diretamente ligadas ao produto final.

A cronometragem é a técnica aplicada para coleta de tempo das atividades dos postos, basicamente feita com cronometro, caneta e papel, e, em algumas situações, auxiliado com máquina filmadora. Já a cronoanálise (Barnes, 1997) é uma ferramenta que define o tempo padrão do processo e que auxilia na organização da execução das atividades, o que torna um instrumento de acompanhamento de evolução das melhorias. Segundo Ferreira (2018), o estudo de tempos nasceu com os estudos de Taylor e do casal Gilbreth. Taylor, com a visão sobre segmentação das atividades e a real aptidão do operador, e o casal Gilbreth, com a visão voltada para a fadiga e para os movimentos desnecessários do operador.

O termo *Yamazumi* é de origem japonesa e significa “empilhamento”, sendo um gráfico de barras empilhadas que representam o tempo de cada atividade desenvolvida no processo, como ilustrado na Figura 2. As barras podem representar a mesma operação, porém com operadores diferentes ou podem representar tempo médio de operações distintas. A soma de todas as atividades resulta no tempo de ciclo do processo.

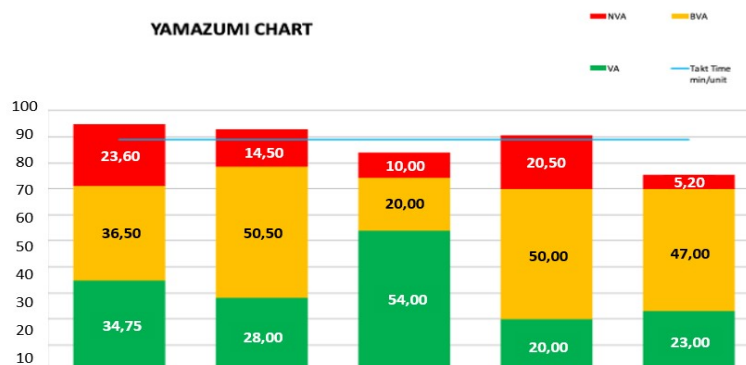


Figura 2: Gráfico *Yamazumi*.

Fonte: Almeida (2024)

Conforme utilizado e apontado por Dennis (2015), essa ferramenta é indicada em projetos de balanceamento de linha. A praticidade de anotar os tempos das atividades, sem a necessidade de outras ferramentas, a torna atrativa para análises de linhas de produção. Os gráficos *Yamazumi* são feitos a partir dos dados coletados no processo de cronometragem que iniciam da seguinte maneira (Grando, 2016): (i) análise do processo subdividido em atividades que são marcadas com pontos-chaves (ex.: se deslocar do ponto A ao ponto B, pegar uma lata de refrigerante, retornar ao ponto A, abrir a lata de refrigerante e servir no copo do cliente); (ii) coleta de dados, pela cronometragem das atividades; (iii) compilar os dados de forma tabelada; e (iv) calcular o tempo médio de cada atividade e, logo após, somam-se esses tempos médios, resultando no tempo de ciclo do processo, também chamado de *takt time*.

Nesse estudo, cada empilhamento representa o *takt time* de um determinado operador. Por fim, as atividades subdividas do processo são classificadas como agregam valor, não agregam valor e necessárias ao processo: As atividades que agregam valor são as que modificam diretamente o produto final, as necessárias ao processo são as que indiretamente modificam o produto final e as que não agregam valor são as que não modificam o produto

final e não são necessárias ao processo. Na Figura 2, essas classificações estão descritas na legenda com a adição da informação do *takt time*.

Brainstorming é uma ferramenta de compartilhamento de ideias com o objetivo de, no primeiro momento, reunir o máximo de sugestões relacionadas à solução de um determinado problema. O processo inicia com a apresentação do problema de maneira detalhada, e os participantes são estimulados a pensarem em soluções diversas para o problema. Dessa forma, a ferramenta abrange o grupo em sua totalidade.

Com o compartilhamento de ideias realizado, é feita uma avaliação crítica das soluções propostas com a intenção de selecionar as melhores ideias e, a partir daí, inicia-se a construção de um plano de ações. O *brainstorming* é utilizado dentro da fase *Plan* do PDCA, e a ferramenta é também utilizada como auxílio no Diagrama de *Ishikawa*.

3. PERCURSO METODOLÓGICO

O estudo em questão possui, em sua natureza, a finalidade de pesquisa aplicada, a qual tem o intuito de aplicar um conhecimento adquirido a partir de pesquisas bibliográficas (Fleury, 2017). A pesquisa foi aplicada em uma fábrica de automóveis, situada na Região Sul Fluminense no setor de qualidade, mais especificamente, no posto de validação de retrabalhos de defeitos de geometria e de aspecto. A oportunidade de melhoria observada foi a redução de dois operadores para um operador na atividade de validação de retrabalhos de geometria e de aspecto.

3.1 PESQUISA AÇÃO

Pesquisa ação, segundo Thiollent (1986), é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. O método se divide com a seguinte sequência: planejar melhorias, agir implantando as melhorias, registrar e avaliar os resultados. Essa sequência segue um roteiro de tópicos que ajudam desde a identificação até a solução do problema, como detalhado a seguir.

Tema da Pesquisa: o tema da pesquisa foi escolhido de forma compartilhada e baseado no impacto da melhoria no processo, com o objetivo de redução em um posto de trabalho e consequente redução de custos para a empresa;

Problema do estudo: combinação da redução da velocidade da linha de produção com o tempo de operação da atividade dos postos, tendo sido observado o tempo ocioso no intervalo de controle entre carros, o que representa desperdício e oportunidade de melhoria no processo;

Lugar da Teoria: A forma escolhida para mensurar o problema foi cronometrando as atividades desempenhadas na operação de controle por carro. Dessa forma, o *Yamazumi* se encaixou como ferramenta de segmentação do problema, colaborando com a análise de impacto de tempo por atividade;

Hipóteses: As hipóteses de melhorias do processo foram propostas de forma colaborativa e a principal fonte foi com o uso da ferramenta *brainstorming* em que os participantes compartilham o máximo de ideias possíveis e selecionam as melhores.

Seminários: Os seminários foram feitos através de reuniões que aconteciam no término das atividades previstas para o dia, i.e.:

- **Entrevista com operadores** → Os operadores e as lideranças do posto foram entrevistados para obter o máximo de informações possíveis sobre o posto. As perguntas foram: Existe

difficuldade na execução da operação? Quais seriam? Alguma sugestão de melhoria para o posto?

- Leitura dos documentos do posto → Todo posto de trabalho dessa fábrica possui uma documentação descrevendo a rotina de operação do posto, apontando as dificuldades na operação e quais os operadores habilitados. Dessa forma, os documentos foram estudados, a fim de reunir dados.
- Observação da operação → A observação da operação foi realizada em operadores diferentes e em diversos modelos de veículos. A observação foi feita de forma comparativa aos documentos que descrevem o que é previsto ser feito e observando se há dificuldade na execução das atividades.
- Cronometragem e gravação de vídeo da operação → Com modelos e atividades distintas, foi de suma importância a cronometragem e a gravação em vídeo da operação nos veículos observados para, posteriormente, reavaliar e auxiliar com a cronometragem das atividades.
- Análise da coleta de dados → Com os dados coletados, a equipe se reuniu para descrever e correlacionar os dados na busca por conclusões. Uma ferramenta bastante utilizada nessa fase do projeto foi o *Yamazumi*.
- Definição do plano de ação → Após as reuniões, as propostas de ações foram as seguintes: mudar a forma de aplicação de determinados controles, unificar o ponto de coleta da documentação do veículo e mudar a disposição do desenho do veículo na folha de lançamento de defeitos.
- Aplicação do plano de ação → O plano de ação definiu mudanças na operação com objetivo de redução do tempo do posto. Inicialmente, as mudanças foram aplicadas em ensaios externos à linha de produção.
- Análise dos resultados → Com as mudanças aplicadas no posto, foram avaliados 5 dias úteis com acompanhamento direto, procurando entender os impactos no posto de trabalho, com a diminuição do tempo da operação confirmada.

Fase Exploratória: O início do estudo ocorre a partir do reconhecimento do problema. O estudo foi realizado no setor de controle de qualidade de aspecto e de geometria de veículos montados, localizado após a montagem total do carro. Para avaliar a redução, é preciso entender a dinâmica de funcionamento dos postos em análise. O posto de controle de qualidade de aspecto é responsável por avaliar toda parte externa do veículo relacionada à conformidade de aspecto. De forma semelhante, o posto de qualidade de geometria realiza a operação conforme uma sequência estabelecida no último estudo realizado no posto. O objetivo dessas operações é detectar defeitos que causem impacto no ponto de vista do consumidor final que segue um referencial detalhado e definido pela empresa. Após a detecção do defeito, ele é descrito em uma folha de inspeção, como mostrada na Figura 3.

Fase Principal: A fase principal é o momento de observar, reunir dados e propor ideias de melhoria do processo. Ao final da rotina de observação, os pilotos do projeto se reúnem para levantar hipóteses que possam melhorar o processo, utilizando a ferramenta *brainstorming*.

Fase de Ação: A fase de ação é o momento de ensaiar e de implementar as ideias. Essa fase é monitorada pelo líder da operação para que não ocorram impactos negativos ao processo. A busca coletiva por soluções aumenta as chances de êxito na sua implementação (Paulus, 2003). Quando há diversas pessoas em busca de uma solução, elas tornam o problema uma responsabilidade coletiva. Dessa forma, o compartilhamento da responsabilidade torna-se outro fator importante para o avanço do projeto.

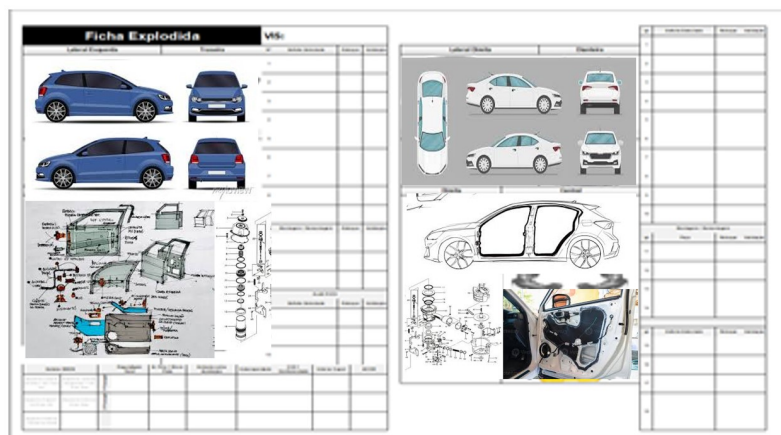


Figura 3: Ficha de defeitos.
Fonte: adaptado de Almeida (2024)

Fase de Avaliação: A fase de avaliação é comparativa. O tempo da operação foi coletado após a implementação das ideias e comparado ao tempo da operação antes das modificações. O tempo foi coletado com três operadores e em diversos veículos. A coleta desses dados foi realizada com auxílio das gravações em vídeo das operações e estão tabulados em planilha de *Excel*. O tempo das operações foi coletado em operadores, dias e horários distintos, buscando posteriormente correlacionar os dados, procurando compreender se existe padrão nas atividades. Assim, avaliou-se se os operadores estão executando as atividades conforme o previsto na documentação do posto de trabalho. A metodologia de implementação de melhorias da empresa indica coletar dados de forma amostral de 10 veículos antes e depois das melhorias aplicadas. Foi coletado o tempo de operação de 10 veículos no cenário inicial e 10 veículos no cenário posterior às melhorias por operador. A seleção dos carros seguiu o proposto pela linha de produção no momento designado a coletar os tempos, seguindo, assim, o fluxo habitual da rotina da produção de veículos.

4. COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise decomposta de tempo das atividades do posto realizada através de cronometragem, que gera o gráfico *Yamazumi* na Figura 4, evidencia um descompasso dos postos se comparado ao *takt time* da linha de produção.

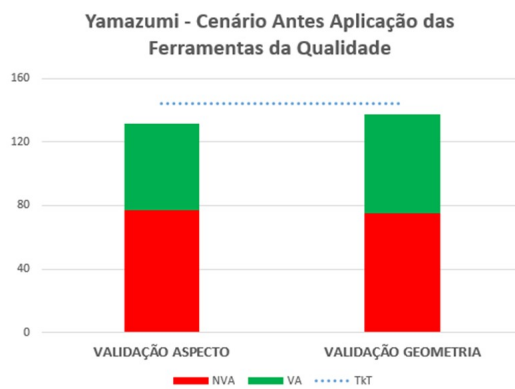


Figura 4 : *Yamazumi* cenário inicial.
Fonte: Almeida (2024)

O descompasso pode ser observado graficamente através da diferença entre a linha *takt time* e a barra com o tempo médio total das atividades do posto. Essa diferença será chamada de taxa de ociosidade que pode ser observada na Tabela 2, e que é calculada conforme a Equação 1.

Tabela 2: Taxa de ociosidade.

Siglas	Validação Aspecto	Validação Geometria
Takt Time	144	144
Tempo Total	131	137
Tempo Ocioso	13	7
Taxa de Ociosidade	9%	5%

Fonte: adaptado de Almeida (2024)

$$\text{Taxa de ociosidade} = \frac{\text{Tempo Ocioso}}{\text{Takt Time}} = \frac{\text{Takt Time} - \text{Tempo Total do Posto}}{\text{Takt Time}} \quad (1)$$

Quanto maior a taxa de ociosidade, maior será o tempo ocioso na operação. A taxa de ociosidade por padrão estabelecido pela empresa possui uma tolerância máxima de 8%, visando obter bom aproveitamento da disponibilidade do operador, e mínima de 5%, de forma a preservar a saúde laboral do operador. A similaridade das atividades da operação que estão descritas na Tabela 3, o que facilitou a junção das atividades dos postos.

Tabela 3: Atividades dos postos de trabalho.

Posto Validação Geometria	Posto Validação Aspecto
Deslocar-se até o veículo e pegar ficha	Deslocar-se até o veículo e pegar ficha
Validar os defeitos lançados na ficha de defeitos	Validar os defeitos lançados na ficha de defeitos
Agrupar documentos ao dossiê	Deslocar-se até o computador
Deslocar-se até o computador	Lançar no sistema os defeitos de aspecto
Lançar no sistema os defeitos de geometria	Realizar passagem saída montagem do veículo

Fonte: adaptado de Almeida (2024)

4.1 ANÁLISE DAS ENTREVISTAS

As entrevistas foram divididas em três partes: (i) o líder compartilhou as dificuldades da operação; (ii) um dos autores compartilhou as dificuldades encontradas na observação do posto; e (iii) os participantes da conversa compartilharam possíveis soluções, por meio de um *brainstorming*, para as dificuldades apontadas na operação.

As dificuldades citadas na primeira e na segunda parte foram: os documentos de rastreabilidade do veículo espalhados em diversos pontos do veículo (Figura 5); a ficha de defeitos não obedece a uma linearidade de leitura com o controle de qualidade em sentido de rotação ao redor do veículo (Figura 6); e arranjo físico dos computadores, impressoras e suporte de armazenamento da ficha de defeitos desorganizado, conforme a execução das atividades (Figura 7).

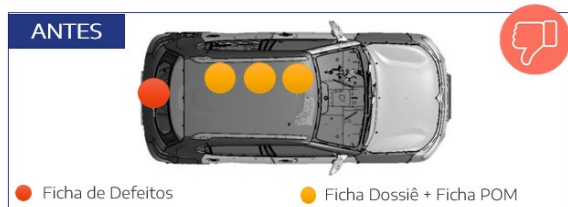


Figura 5: Locais dos documentos antes.

Fonte: Almeida (2024)

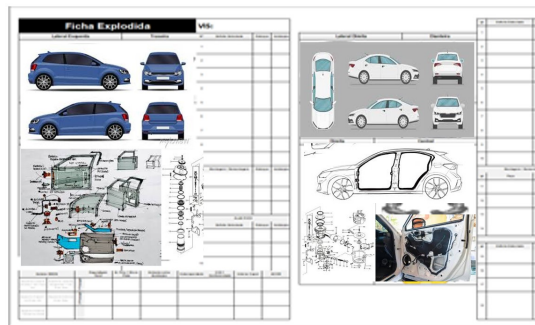


Figura 6: Ficha de defeitos antes.

Fonte: adaptado de Almeida (2024)

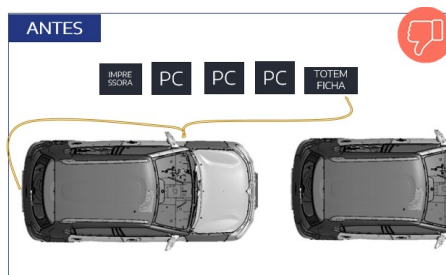


Figura 7: Arranjo físico dos equipamentos antes.

Fonte: Almeida (2024)

As soluções propostas foram, então: Os documentos de rastreabilidade estarem agrupados antes dos postos de trabalho avaliados neste estudo; Reorganização da ficha de defeitos para melhor leitura conforme execução das atividades; e Reconfiguração do arranjo físico dos computadores, das impressoras e do suporte de armazenamento da ficha de defeitos com objetivo de facilitar a operação do posto.

4.2 DADOS DA CRONOMETRAGEM

O processo de cronometragem foi realizado em três operadores diferentes e em 10 veículos por operador. A cronometragem foi feita com suporte de filmagem e, antes da cronometragem, os participantes do projeto se reuniram para delimitar as atividades do posto, conforme mostrado na Tabela 3, a fim de segmentar a cronometragem para, posteriormente, avaliar as atividades que mais impactam no processo.

Tabela 3: Atividades do posto de trabalho unificado.

Posto Validação Geometria + Aspecto
Deslocar-se até o veículo e pegar ficha
Validar os defeitos lançados na ficha de defeitos
Agrupar documentos ao dossiê
Deslocar-se até o computador
Lançar no sistema os defeitos de geometria
Realizar passagem saída montagem do veículo

Fonte: adaptado de Almeida (2024)

Realizada a cronometragem, através da filmagem dos 10 veículos dos três operadores, o próximo passo foi tabular os dados em uma planilha *Excel* e calcular o valor médio de cada operador por atividade delimitada, representado graficamente na Figura 8, na qual é possível observar que o tempo médio de cada operador e, conseqüentemente, da operação, se encontram acima do *takt time* (representado pela linha vermelha tracejada). Nessas situações, o líder do módulo faz o suporte para evitar impactos na linha de produção.

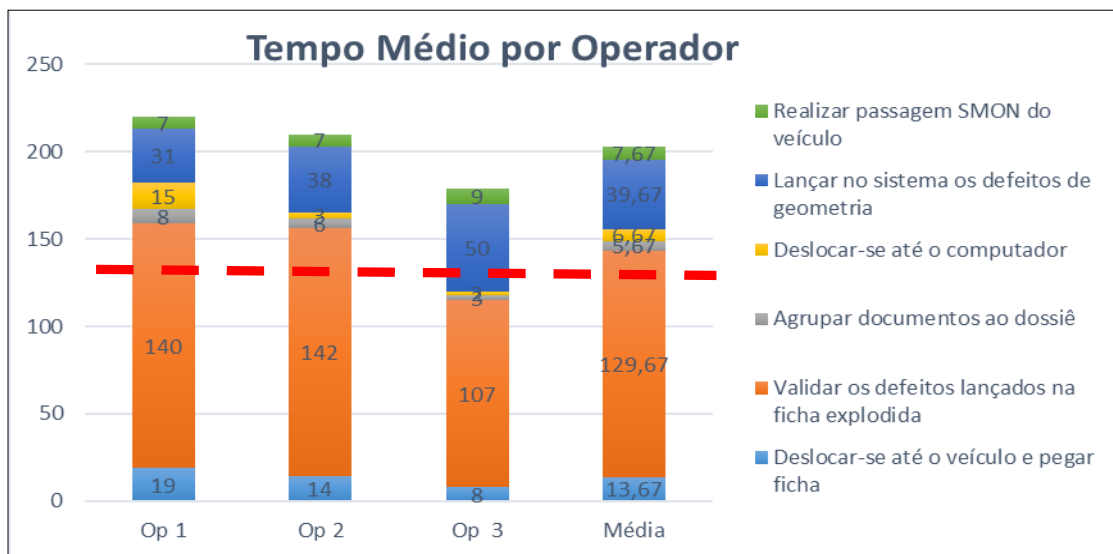


Figura 8: Tempo médio por operador.

Fonte: adaptado de Almeida (2024)

4.3 APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE *ISHIKAWA* E ANÁLISE DOS 5 PORQUÊS

A identificação das causas raízes do problema foi realizada com o suporte da ferramenta Diagrama de *Ishikawa*, tendo sido identificadas causas potenciais dos problemas originadas por máquinas e por métodos, as quais analisadas utilizando a ferramenta 5 porquês para cada um dos problemas observados, com objetivo de entender as causas que geravam os problemas ao processo, discutidos a seguir.

4.3.1. Problema identificado no grupo Mão de Obra do Diagrama de *Ishikawa*: Documentos espalhados no interior do veículo

No posto objeto de estudo deste estudo, é necessário que diversos documentos do veículo estejam agrupados. Porém eles se encontram disponíveis em diversos pontos distantes uns dos outros, dificultando a realização da atividade e havendo momentos em que o operador procura e encontra com dificuldade os documentos, ocasionando uma perda de tempo.

Existe a necessidade de que os documentos espalhados no veículo estejam agrupados para avaliação dos retoques realizados e para o lançamento de dados em sistema. Porém, o fato de os documentos estarem espalhados, as causas raízes para esse problema, estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4: 5 porquês grupo mão de obra do diagrama de *Ishikawa*.

Mão de Obra	Os documentos de rastreabilidade do veículo espalhados
Why?	Os documentos são posicionados sem seguir qualquer padrão
Why?	Diferentes postos utilizam documentos específicos, sem a necessidade de estarem juntos

Fonte: adaptado de Almeida (2024)

4.3.2. Problema identificado no grupo Mão de Obra do Diagrama de *Ishikawa*: Ficha de defeitos com imagens sem padrão lógico

No posto objeto deste estudo, é realizada a validação dos retrabalhos feitos sobre os defeitos apontados durante o processo de controle de qualidade em linha de produção. O apontamento dos defeitos é feito em uma ficha de defeitos que possui imagens diversas do veículo com objetivo de o operador apontar a região do defeito e de descrever o defeito. A ficha de defeito inicialmente não apresentava um padrão lógico de leitura que seria da

esquerda para a direita e com progressão de processo de controle ao redor do veículo. Válido ressaltar que o operador desenvolve a operação conforme a Figura 10.

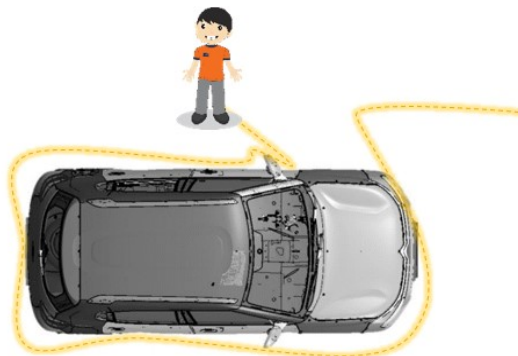


Figura 5 – Cronologia da validação dos defeitos.

Fonte: Almeida (2024)

A ferramenta 5 porquês aplicada a esse problema está representada na Tabela 5.

Tabela 5: 5 porquês grupo mão de obra do diagrama de *Ishikawa*.

Mão de Obra	A ficha de defeitos não obedece a uma sequência compatível com o sentido de rotação ao redor do veículo
Why?	A disposição das informações na folha desfavorece o operador
Why?	Imagens não apresentam organização lógica

Fonte: adaptado de Almeida (2024)

4.3.3. Problema identificado no grupo Material do Diagrama de *Ishikawa*: Material distante do operador

Durante a operação, o operador precisa anexar um documento chamado ficha de conformidade. Esse documento fica disponibilizado próximo ao computador de lançamento de defeitos. No cenário inicial, a primeira atividade do posto era pegar a ficha de conformidade e anexar aos documentos do veículo. Na observação do posto, foi notada a distância entre o depósito de fichas de conformidade e o veículo. Dessa forma, foi utilizada a ferramenta 5 porquês que se encontra descrita na Tabela 6.

Tabela 6: 5 porquês grupo mão de obra do diagrama de *Ishikawa*.

Material	Arranjo físico dos computadores, impressoras e suporte da ficha de defeitos desorganizado
Why?	Em momentos específicos o operador necessita de materiais que estão distantes
Why?	Materiais alocados em pontos não planejados na operação

Fonte: adaptado de Almeida (2024)

4.4. PLANO DE AÇÃO

As soluções propostas foram, então: Os documentos de rastreabilidade estarem agrupados antes dos postos de trabalho avaliados neste estudo (Figura 11); Reorganização da ficha de defeitos para melhor leitura conforme execução das atividades (Figura 12); e Reconfiguração do arranjo físico dos computadores, das impressoras e do suporte de armazenamento da ficha de defeitos com objetivo de facilitar a operação do posto (Figura 13).

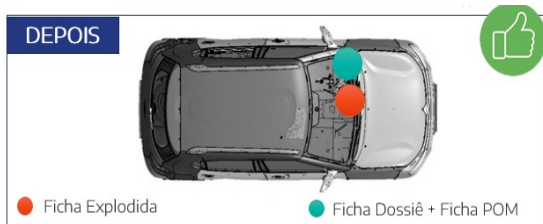


Figura 11: Locais do documento depois.

Fonte: Almeida (2024)

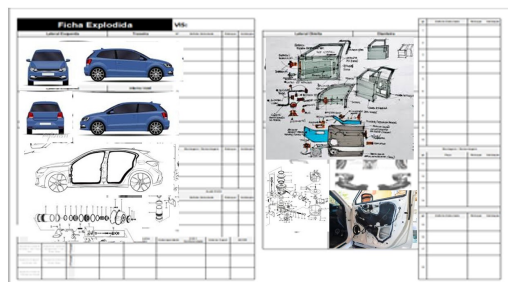


Figura 12: Ficha de defeitos depois.

Fonte: adaptado de Almeida (2024)



Figura 13: Arranjo físico dos equipamentos depois.

Fonte: Almeida (2024)

Com o resultado da análise das causas do problema, foi elaborado um plano de ações com objetivo de redução de um posto de trabalho com o tempo da operação abaixo do *takt time*, o qual é mostrado na Tabela 7.

Tabela 7: Plano de ações.

O que?	Quem?	Grupo relacionado	Quando?	Status
Concentrar os documentos do veículo em um único ponto	Líder do posto	Métodos	5 + 1	Concluído
Modificar a ficha de defeitos	Equipe de melhorias	Métodos	5 + 1	Concluído
Reorganizar ponto de coleta da ficha de conformidade	Equipe de melhorias	Métodos	5 + 1	Concluído
Acompanhar modificações	Equipe de melhorias	Métodos / Material / Mão de obra	5 + 2	Concluído

Fonte: adaptado de Almeida (2024)

A ação de concentrar os documentos em um ponto específico do veículo consiste em analisar o último posto de trabalho que utiliza cada documento e alinhar com o líder desses postos para que os operadores desses postos depositem o documento sobre o painel interior do veículo. Dessa forma, o último posto agrupa os documentos e deposita sobre painel na direção do volante. O objetivo é que o operador do posto consiga pegar todos os documentos desse veículo sem abrir a porta, através da janela do motorista aberta. Essa ação foi administrada pelo líder do posto e foi concluída em uma semana.

A ficha de defeitos é a comunicação entre os postos de apontamento, de retrabalho e de validação de retrabalho. Dessa forma, essa ação beneficiou outras operações além do posto objeto deste estudo. Essa ação consiste em configurar os desenhos com o melhor sentido lógico possível, seguindo os passos do operador ao redor e no interior do veículo. Essa ação foi realizada pela equipe de melhorias e foi concluída em uma semana.

A distância entre o ponto de coleta da ficha de conformidade e o carro no momento dessa atividade gerava um deslocamento sem valor agregado. Com isso, foi analisado um ponto em que, no momento dessa atividade, o ponto de coleta da ficha estivesse próximo ao veículo. Dessa forma, houve uma modificação na disposição dos materiais do posto. Essa modificação foi realizada pela equipe de melhorias e foi concluída em uma semana.

Com as principais ações implementadas na primeira semana, a segunda semana foi dedicada a observar e avaliar. Essa ação tem como objetivo garantir que as modificações realizadas no posto estejam implementadas e funcionando conforme o esperado. Essa ação foi realizada pelo líder do posto e a equipe de melhorias.

4.5. YAMAZUMI FINAL E RESULTADOS

Com as ações implementadas, foi feita uma nova cronometragem do processo com objetivo de comparar o tempo em cada uma das atividades antes e depois das modificações, tendo como parâmetro o tempo em forma de gráfico *Yamazumi*, mostrado na Figura 14, em que é possível perceber que o objetivo geral da pesquisa foi alcançado, com a integração dos postos e que, com o balanceamento, o tempo ficou abaixo do *takt time*.

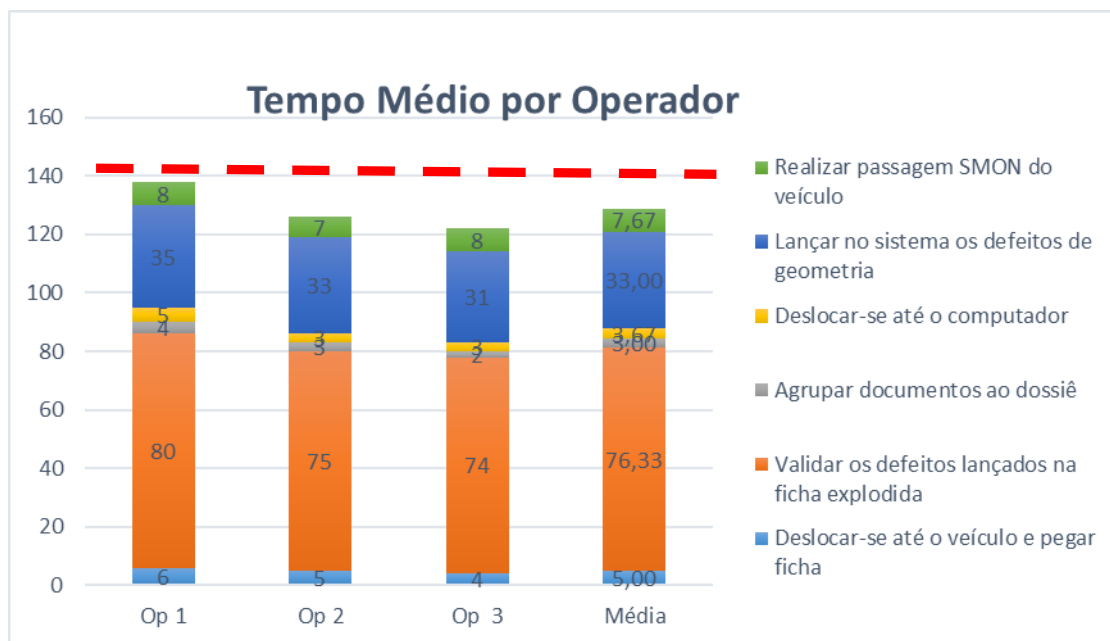


Figura 14 – Yamazumi final.
Fonte: adaptado de Almeida (2024)

5. CONCLUSÃO

A aplicação da metodologia PDCA identificou causas, propôs soluções e solucionou o problema de desbalanceamento da linha de produção. As causas foram as seguintes: Documentos espalhados no interior do veículo, ficha de defeitos com *layout* desorganizado e ficha de conformidade distante do operador para coletar e anexar ao veículo. As soluções foram as seguintes: Definir um ponto de depósito para os documentos, reorganizar *layout* da ficha de defeitos e redefinir ponto de coleta da ficha de conformidade.

Com as causas identificadas, ações foram propostas com intuito de alcançar o objetivo geral de unificar as atividades de dois postos e, assim, reduzir o custo de uma mão de obra operacional. As ações foram implementadas e concluídas, garantindo a qualidade do produto final que é a missão dos postos de trabalho deste estudo.

Desta forma, o objetivo do projeto foi alcançado, dado que, através dos fundamentos teóricos discutidos e da metodologia PDCA, o desenvolvimento do presente estudo possibilitou a melhoria de processo na linha de montagem: redução de movimentos com a reorganização das atividades. E, consequentemente, a redução de custo à companhia, devido à redução de um posto de trabalho.

As ferramentas da qualidade aplicadas neste projeto permitiram identificar causas raízes através do Diagrama de *Ishikawa*, entender as causas raízes conforme aplicação dos 5 Porquês, gerar ideias através de *Brainstorming* e analisar os resultados de forma prática e técnica com a Cronometragem. As ferramentas da qualidade combinada com a metodologia formaram uma base teórica rígida para o bom desenvolvimento do projeto.

Válido ressaltar que este estudo pode contribuir em diversos outros estudos e independente da área de atuação. A metodologia PDCA possui capacidade de resolver diversos problemas de diversas áreas. Basta delimitar o problema e aplicar as ferramentas. Por fim, importante reforçar que entre os ganhos deste projeto para o processo o que se destaca é o amadurecimento profissional de um dos autores do estudo. Esse projeto pôde demonstrar o potencial de análise e de resolução de problemas e foi apresentado como conclusão de curso de líderes, atestando a capacidade para liderar uma equipe de produção.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. V. Aplicação de ferramentas da qualidade em um posto de uma linha de montagem de veículos automotivos. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Resende, 2024.

ANDRADE, F. F. D. O método de melhorias PDCA. 2003. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-04092003-150859/en.php>. Acesso em: 28 de maio de 2024.

ARAÚJO, J. U. D. Gestão de processos industriais: a importância do controle no processo produtivo para garantia da qualidade final do produto. 2020. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Pontifícia Universidade Católica, Goiânia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/1234>. Acesso em: 28 de maio de 2024

BARNES, R. M. Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho. 8. ed. São Paulo: Editora Blucher, 1977. p. 250-280.

BUREAU OF TRANSPORTATION STATISTICS. National Transportation Statistics. Tabela 1-11: Number of U.S. aircraft, vehicles, vessels, and other conveyances. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, 2020. Disponível em: <https://www.bts.gov/content/national-transportation-statistics>. Acesso em: 1 de julho de 2024.

CAMPOS, V. F. TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês). 10. ed. Nova Lima: INDG, 2014.

DENNIS, P. Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system. 3. ed. New York: Productivity Press, 2015. p.97-120

FERREIRA, F. P. Análise da implantação de um sistema de manufatura enxuta em uma empresa de autopeças. 2004. 180 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/handle/20.500.11874/225>. Acesso em: 28 de maio de 2024.

FERREIRA, L. A. F. Engenharia de métodos: uma revisão de literatura sobre o estudo de tempos e movimentos. Revista Fatec Zona Sul, São Paulo, v. 4, p. 31-46, abril 2018. DOI https://doi.org/10.26853/Refas_ISSN-2359-182X_V04n03_00. Disponível em: <https://www.revistarefas.com.br/RevFATECZS/article/view/174>. Acesso em: 28 de maio de 2024.

FLEURY, M. T. L. & WERLANG, S. R. C. Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens. São Paulo: Anuário de Pesquisa FGV, 2017, p. 10-15. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/apgvpesquisa/article/download/72796/69984>. Acesso em: 28 de maio de 2024.

GARVIN, D. A. Managing quality: the strategic and competitive edge. New York: Free Press, 1988. 155 p.

GRANDO, R. B. Balanceamento de linhas de montagem: integrando a perspectiva lean e indicadores tradicionais de balanceamento. 2016. 31 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/170256>. Acesso em: 28 de maio de 2024.

GROOVER, M. P. Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes, and systems. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007. p. 578. "Cycle time is the available time for an operation. In other words, it is the maximum time allowed to perform a set of activities."

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua) 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. "A taxa de motorização no Brasil, considerando a população de cerca de 211 milhões em 2020, é de aproximadamente 0,22 veículos por pessoa, ou 220 veículos por 1.000 habitantes." Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101798.pdf>. Acesso em: 1 de julho de 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Global EV Outlook 2020. Paris: IEA, 2020. p. 20. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>. Acesso em: 1 de julho de 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF MOTOR VEHICLE MANUFACTURERS. 2020 Annual Report. Paris: OICA, 2020. p. 7. Disponível em: <https://www.oica.net/wp-content/uploads/2020-Annual-Report.pdf>. Acesso em: 1 de julho de 2024.

ISHIKAWA, K. Guide to quality control. Toquio: Asian Productivity Organization, 1976. p. 45-57

JURAN, J. M. Juran on quality by design: the new steps for planning quality into goods and services. 1. ed. New York: Free Press, 1992. 7 p.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. & BINGHAM, R. S. Juran's quality handbook: the complete guide to performance excellence. 6. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2010. Cap 13

KARWOWSKI, W. & MARRAS, W. S. The occupational ergonomics handbook. Boca Raton: CRC Press, 2003. p. 435

PAULUS, P. B. & NIJSTAD, B. A. Creativity in groups. Oxford: Oxford University Press, 2003. p. 152-179

PINEDO, M. Planning and scheduling in manufacturing and services. New York: Springer, 2012. p. 56. "Balancing involves adjusting the allocation of resources to meet product demand efficiently and effectively."

RODRIGUE, J-P.; COMTOIS, C. & SLACK, B. The geography of transport systems. 4. ed. New York: Routledge, 2016. p. 112

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. São Paulo: Cortez., 1986. 51 p.