

BALANCEAMENTO DE LINHA: aumento da eficiência na montagem de peças automotivas

LINE BALANCE: increasing efficiency in the assembly of automotive parts

Karina Destefani Pinto ¹ Gustavo Ferreira Rabelo Garcia ²

RESUMO

Este trabalho descreve a aplicação do balanceamento de linha em uma linha de montagem de peças automotivas. Tal abordagem é devida ao fato da intensificação da competitividade entre as empresas de componentes automotivos e o aumento da exigência dos clientes, já que a redistribuição das atividades na linha de montagem pode contribuir para aumentar a eficiência produtiva e o nível de qualidade nas peças, buscando manter a satisfação dos clientes e garantir a sua fidelização. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo sobre o impacto do balanceamento de linha nos indicadores de eficiência e problemas de qualidade em uma linha de montagem de peças automotivas. Este propósito será conseguido através do estudo de caso realizado em uma indústria de componentes plásticos localizada em Varginha, MG, a partir da observação direta no processo e de registros de produção, metas, histórico de falhas e indicadores fornecidos pela empresa. O estudo evidenciou que após a finalização do balanceamento, os problemas de qualidade na peça reduziram em 75%, houve um aumento de 2% na eficiência produtiva, a variação de tempo de execução das ações entre as estações de trabalho reduziu e ocorreu uma melhora na motivação e engajamento dos colaboradores, sendo impactos significativos que destacam a importância do balanceamento de linha e reforça a necessidade de contínuo aprimoramento dos processos produtivos.

Palavras-chave: Balanceamento. Impacto. Montagem.

ABSTRACT

This work describes the application of line balancing in an automotive parts assembly line. This approach is due to the fact of the intensification of competitiveness between automotive component companies and the increase in customer demands, since the

¹Graduanda do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário do Sul de Minas. E-mail: karina.pinto@alunos.unis.edu.br

²Prof. Me. Orientador do Centro Universitário do Sul de Minas. E-mail: gustavo.garcia@professor.unis.edu.br

redistribution of activities on the assembly line can contribute to increasing production efficiency and the level of quality in parts, seeking maintain customer satisfaction and ensure their loyalty. The objective of this work is to carry out a study on the impact of line balancing on efficiency indicators and quality problems in an automotive parts assembly line. This purpose will be achieved through a case study carried out in a plastic components industry located in Varginha, MG, based on direct observation of the process and production records, goals, failure history and indicators provided by the company. The study showed that after the completion of balancing, quality problems in the part reduced by 75%, there was a 2% increase in production efficiency, the variation in execution time of actions between workstations reduced and there was an improvement in employee motivation and engagement, with significant impacts that highlight the importance of line balancing and reinforces the need for continuous improvement of production processes.

Keywords: *Balancing. Impact. Assembly.*

Data de submissão: 14/11/2024

1 INTRODUÇÃO

A engenharia de processos é um conjunto de práticas que tem como objetivo buscar um aperfeiçoamento contínuo dos processos organizacionais de uma empresa, uma das ferramentas utilizadas é o balanceamento de linha, que busca definir os métodos de produção e equilibrar o fluxo de material no processo. O balanceamento de linha é uma forma de equalizar a produção de uma indústria, a fim de encontrar o gargalo e assim conseguir reduzi-lo a partir de um equilíbrio de carga produtiva entre os colaboradores envolvidos, com o intuito de equiparar o tempo unitário de execução das ações, ajustar o rendimento com a necessidade da demanda, padronizar e otimizar o processo. Este estudo foi realizado em uma linha de montagem de peças automotivas em uma empresa de componentes plásticos localizada em Varginha/MG.

Com a intensificação da competitividade entre empresas de componentes automotivos e o aumento da exigência dos clientes, todas as ferramentas para redução de desperdícios são válidas, e o balanceamento de linha é uma delas. Dado que a perda de mão de obra, e o desperdício de insumos causam impactos na relação com o cliente, tanto pelos problemas de qualidade quanto pelo atendimento à demanda solicitada. O balanceamento de linha é uma função da engenharia de produção, na qual todas as tarefas da linha de montagem são divididas

de maneira igualitária entre todas as partes envolvidas no processo, neste caso, o objetivo é alcançar o *takt time* através de ferramentas, como cronoanálises, previsões de demanda, identificação de melhorias no *layout* e a redistribuição das atividades na linha de montagem de peças automotivas que pode contribuir para aumentar a eficiência produtiva, o nível de qualidade na peça, através de redução na sobrecarga e organização da estação de trabalho, resultando no aumento da concentração durante a operação, afim de manter a satisfação dos clientes e garantir a sua fidelização.

A pesquisa parte do questionamento de qual o impacto do balanceamento de linha nos indicadores de eficiência e problemas de qualidade em uma linha de montagem de peças automotivas e tem como objetivo realizar um estudo sobre o impacto do balanceamento de linha nos indicadores de eficiência e problemas de qualidade em uma linha de montagem de peças automotivas, visando equiparar o tempo unitário de execução das ações, ajustar o rendimento com a necessidade da demanda, padronizar e otimizar o processo. O que foi possível a partir de: a) Investigar as metodologias utilizadas para encontrar os gargalos; b) Categorizar os problemas de qualidade encontrados nas peças; c) Descrever e analisar o estudo de balanceamento realizado na linha de montagem da empresa; d) Demonstrar os impactos no aumento da eficiência entre os colaboradores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir, serão apresentados os principais tópicos que compõem e norteiam a linha de raciocínio deste trabalho que visa a avaliação do impacto do balanceamento de linha de montagem de peças automotivas nos indicadores de eficiência e problemas de qualidade.

2.1 Indústria de componentes plásticos

A indústria automotiva está em constante evolução, e neste processo é importante destacar a transformação do plástico no projeto e fabricação de automóveis. Com objetivo de simplificar processos e diminuir o consumo de energia durante a fabricação, muitas montadoras substituíram o alumínio pelo chamado plástico virgem, resultando em carros mais leves, com menos gasto de combustível e a diminuição das emissões de poluentes, além de proporcionarem características positivas como menor densidade e maior versatilidade no *design* dos projetos (Abiplast, 2024).

De acordo com Monaro, Lima e Tonetti (2014) quando se trata de um mercado altamente competitivo como o automobilístico, buscar o equilíbrio entre inovação, qualidade, custos reduzidos e consciência ambiental é crucial para que montadoras possam manter sua participação no mercado e competir por um maior espaço nas vendas de veículos.

A padronização permite que a inovação seja aplicada de maneira eficiente e consistente, enquanto as tecnologias, por sua vez, impulsionam novas oportunidades para padronização, melhoria contínua e qualidade, tanto dos itens produzidos pela indústria, quanto os adquiridos de seus fornecedores. Pensando nisso, é que esforços foram exigidos na concepção de normas de padronização e de garantia da qualidade (Haro, 2001).

2.2 Qualidade

A *International Organization for Standardization* (ISO) apresenta uma definição para qualidade, apresentada pela norma NBR ISO 8402 a qual diz que qualidade significa a “totalidade de características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades explícitas e implícitas”. (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994).

Em um ambiente competitivo como o automotivo, a margem para erros é cada vez menor, e a qualidade no processo de produção é tão importante quanto a qualidade do produto. Sendo a qualidade um ponto chave para as organizações, padronizar processos e manter os métodos robustos, auxiliando na redução de erros e custos (Souza Filho, 2022). A utilização de ferramentas da qualidade, como: diagrama de Pareto, histograma, carta de controle e matriz de priorização, tem grande importância neste contexto, pois quando aplicadas corretamente impactam positivamente nos indicadores das empresas.

2.3 Indicadores de eficiência

Os indicadores-chave de desempenho, também conhecidos como KPI (*Key Performance Indicator*), são um conjunto de valores quantitativos utilizados para avaliar a eficácia e eficiência de uma empresa, equipe, projeto ou processo e auxiliar na tomada de decisão para obtenção dos objetivos desejados.

Para que uma empresa obtenha sucesso e aprovações de seus produtos por parte dos clientes é necessário que nesta empresa estejam implantados indicadores de desempenho em seus processos de produção, minimizando os erros no produto, melhorando a qualidade, e

eliminando as perdas, deixando de lado o retrabalho colaborando para uma redução de custos (Moura Junior; Gasparotto, 2018).

O principal indicador de desempenho utilizado na indústria onde está sendo realizado o estudo é a Eficácia Global do Equipamento (OEE).

Ela possui suas particularidades individuais: (1) Porcentagem do tempo de operação programado, durante um período de tempo, como um dia, semana, mês. (2) Porcentagem de tempo de atividade real do horário programado, durante um período de tempo. (3) Porcentagem da taxa de produção máxima para o tipo de produto produzido, durante um período de tempo. (4) Porcentagem de produtos de qualidade total da produção, durante um período de tempo (Lindberg; Tan; Yan; Starfelt, 2015).

Diante deste contexto, foi observada a importância do estudo do balanceamento no resultado dos índices de eficiência produtiva, impactando na redução dos custos operacionais e promoção da competitividade, associado aos problemas de qualidade enfrentados pela empresa.

2.4 Balanceamento

De acordo com Shingo (1996), o objetivo do balanceamento é fazer com que um processo produza a mesma quantidade do seu precedente. Nesse sistema, as operações de produção estão dispostas de forma a facilitar a produção da quantidade necessária, no momento necessário. Também, os trabalhadores, equipamentos e todos os outros fatores estão organizados para atingir esse fim.

Para Kohlrausch (2019), o balanceamento estabelece o equilíbrio entre a carga de trabalho entre os postos de modo a reduzir o tempo de trabalho inútil, procurando desencadear as tarefas cumprindo as ordens de execução e o tempo estabelecido. Além da distribuição em igualdade do número de horas entre os postos, ele busca ajustar a produção maximizando a produtividade.

Entendendo o conceito, Lozada, Rocha e Pires (2017) apresentam 8 etapas para a implementação de um balanceamento, conforme descrito abaixo:

2.4.1 Divisão das operações em elementos que permitam a execução do trabalho de modo independente

Ou seja, todas as tarefas que não dependem de outras atividades precedentes já devem ter sido alocadas.

2.4.2 Apuração do tempo padrão dos elementos do trabalho

Para essa etapa, deve-se utilizar um cronômetro para encontrar os tempos de todas as atividades do processo produtivo, os quais foram utilizados para realizar os cálculos do balanceamento de linha, a fim de poder determinar a quantidade de operadores necessários em cada setor (Kohlrausch, 2019).

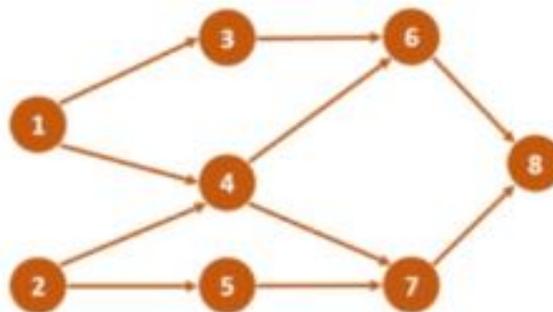
2.4.3 Definição da sequência adequada das tarefas

São muitas as técnicas que podem ser usadas para o mapeamento de processos, uma delas é o fluxograma, que proporciona uma compreensão específica das partes do processo em que algum tipo de fluxo acontece, registrando estágios na passagem da informação, produtos, trabalho ou consumidores, de fato. Além disso, o propósito é garantir que todos os diferentes estágios nos processos de fluxo estejam incluídos no processo de melhoramento e que todos os estágios estejam, de alguma forma, em uma sequência lógica (Kohlrausch, 2019).

2.4.4 Desenho do diagrama de precedências

De acordo com Silva (2023), as precedências podem ser representadas em forma de diagrama, como exemplificado na figura 01. Todos os produtos têm de passar por postos e tarefas específicas, não podendo avançar de posto enquanto as atividades do posto anterior não estiverem completas.

Figura 01 - Diagrama de precedências



Fonte: Silva (2023).

2.4.5 Apuração do tempo de ciclo e número mínimo de estações de trabalho

O tempo de ciclo (TC), conforme Silva (2023) é definido como o tempo necessário para realizar um conjunto de tarefas num posto de trabalho, correspondendo o maior tempo de ciclo ao gargalo podendo este valor ser calculado pela equação 1:

$$TC = \frac{\text{tempo de produção}}{\text{unidades requisitadas}} \quad (1)$$

O foco do *takt time* (TT) (equação 2) é fazer com que o que é produzido corresponda ao que é procurado (Silva, 2023).

$$TT = \frac{\text{Disponibilidade efetiva de produção}}{\text{Procura do cliente}} \quad (2)$$

Para encontrar a quantidade mínima de postos de trabalho necessária (N), pela equação 3, é utilizado o valor do *takt time* e do WC (*work content* - tempo de produção), que é a soma total dos tempos das atividades de cada posto de trabalho:

$$N = \frac{WC}{TT} \quad (3)$$

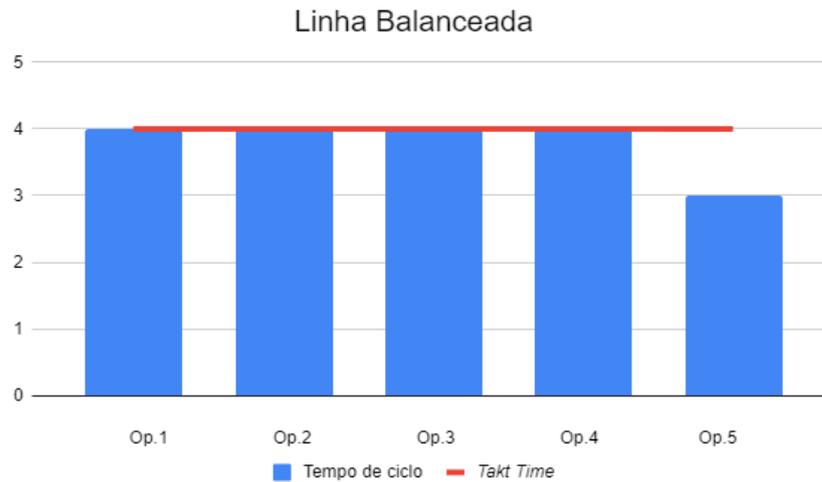
2.4.6 Atribuição das tarefas às estações de trabalho, de acordo com a ordem de montagem

Quando a definição de tarefas de cada trabalhador é feita com base no balanceamento de linhas, a organização tem como objetivo o aumento da eficiência e da produtividade, através da remoção de gargalos e do excesso de capacidade (Silva, 2023).

2.4.7 Revisão do balanceamento, verificando se existe possibilidade de melhorias, distribuindo uniformemente eventual tempo ocioso entre as estações

Os dois conceitos que caracterizam se uma linha está ou não balanceada, de acordo com Silva (2023) são o tempo de ciclo e o *takt time*, isto é, se os tempos de ciclo dos diferentes postos de trabalho são semelhantes e estão todos próximos do valor do *takt time*, pode ser considerado que a linha está balanceada, como pode ser observado abaixo, na figura 02.

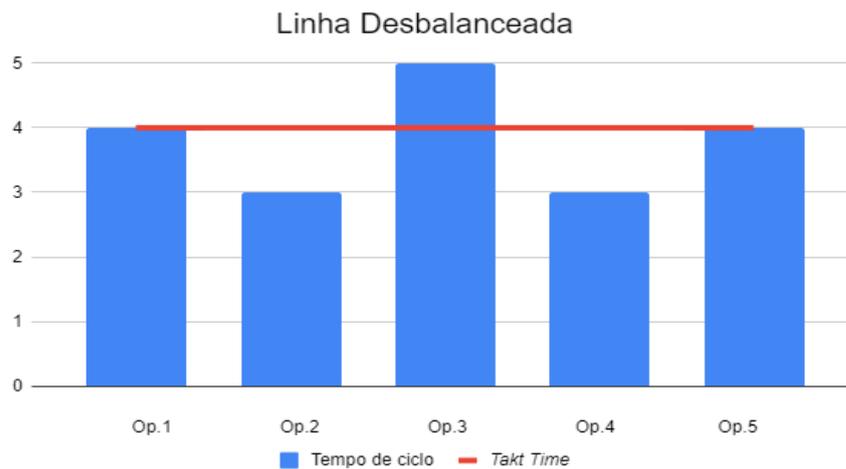
Figura 02 - Exemplo linha balanceada



Fonte: O autor (2024).

Diferentemente do que se observa em uma linha de produção balanceada, em uma linha desbalanceada os postos de trabalho apresentam tempos de ciclo variáveis, que nem sempre se aproximam do *takt time*. Essa diferença pode ser visualizada na figura 03 a seguir.

Figura 03 - Exemplo linha desbalanceada



Fonte: O autor (2024).

2.4.8 Apuração do percentual de tempo ocioso e índice de eficiência da linha de produção

A eficiência (equação 4) é definida por Silva (2023) como a relação entre o que se produz num determinado período e o que deveria ser produzido nesse mesmo período. O que deveria ser produzido é calculado com base nos tempos cíclicos do operador, não sendo considerados os tempos de inatividade, desta forma funciona como um objetivo a alcançar.

$$Eficiência(\%) = \frac{o\ que\ se\ produz}{o\ que\ deveria\ ser\ produzido} \times 100 \quad (4)$$

Já a ociosidade é encontrada através da equação 5, é possível calcular o nível de ociosidade de uma linha.

De acordo com Araújo (2023) é possível observar a ociosidade dos operadores em relação ao tempo da operação e ao gargalo. Através da equação 5 é possível encontrar a porcentagem de ociosidade.

$$Ociosidade (\%) = \frac{\Sigma \text{tempos ociosos}}{\text{número de operadores} \times \text{tempo de ciclo}} \quad (5)$$

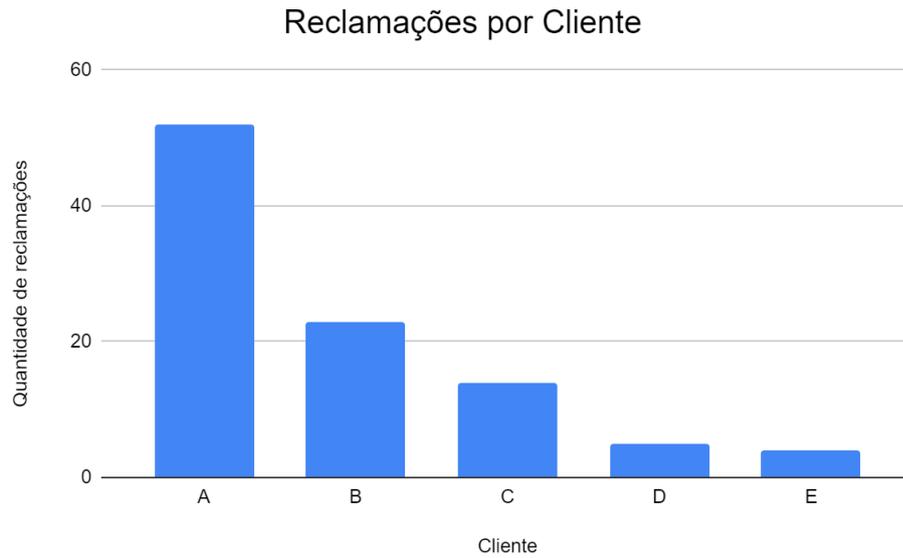
3 METODOLOGIA

Este estudo adotará uma abordagem metodológica de estudo de caso. Com o objetivo de investigar as ferramentas utilizadas para encontrar os gargalos das linhas de produção, a fim de utilizar as informações adquiridas para aplicar o balanceamento e eliminar os desperdícios. Inicialmente, será feita a decisão sobre a linha a ser balanceada, com base nos gráficos de qualidade e OEE. Em seguida, serão analisados os tempos das operações e realizados os cálculos necessários, conforme previamente descrito.

3.1 Reclamações de qualidade e OEE

Inicialmente, foi realizada uma avaliação das reclamações de clientes durante o período de janeiro a junho de 2024 para delimitar o campo de aplicação e definir uma linha específica. Como mostrado no gráfico abaixo, figura 04, o cliente A apresentou mais que o dobro de reclamações em comparação ao cliente B, o que levou à sua escolha como foco do balanceamento.

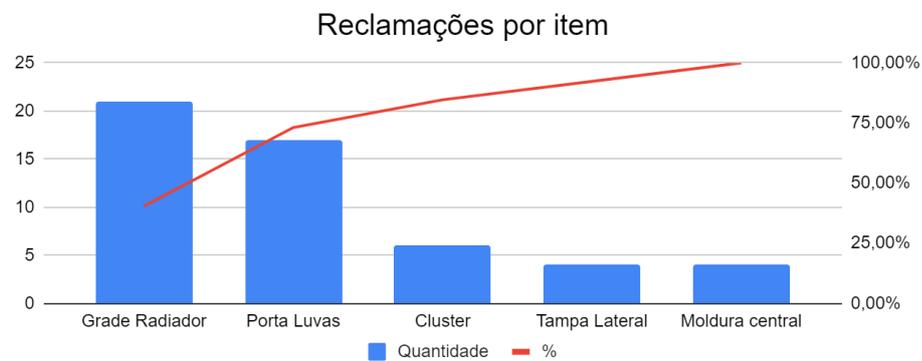
Figura 04 - Reclamações por cliente



Fonte: O autor (2024).

Conforme o diagrama de Pareto abaixo (Figura 05), observa-se que a peça grade do radiador apresentou o maior número de reclamações, sendo responsável por 40% do total de reclamações para o cliente definido. Com base nisso, ela será o foco do estudo. Além disso, o item escolhido envolve componentes que passam por diferentes setores, tornando a análise ainda mais abrangente.

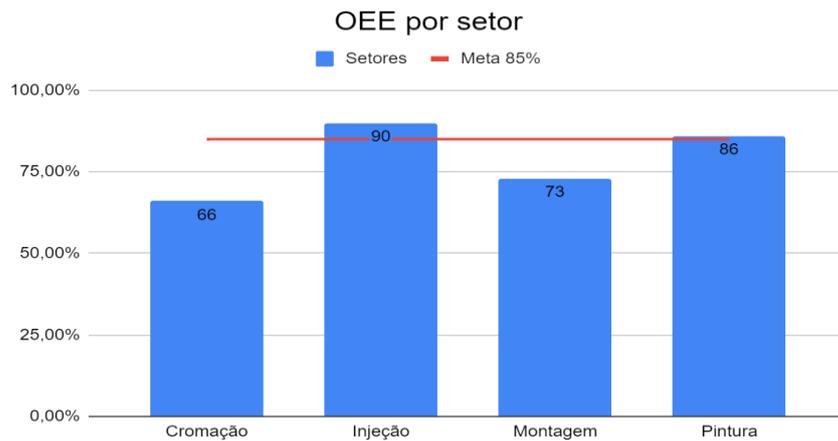
Figura 05 - Reclamações por item



Fonte: O autor (2024).

Conforme o gráfico abaixo, figura 06, que mostra o OEE por setor, observa-se que dois setores estão abaixo da meta de 85% estipulada pela empresa, o setor de cromação com 66% e o setor de montagem com 73%, mesmo o setor de montagem não sendo o mais crítico, mas sendo um setor dinâmico e que depende em sua maioria de pessoas, se torna o local mais adequado para o início da aplicação do balanceamento na empresa. Com isso, define-se o último tópico, com o objetivo de auxiliar no alcance da meta de desempenho.

Figura 06 - OEE por Setor



Fonte: O autor (2024).

Portanto, o balanceamento será realizado na linha de montagem do item grade do radiador, visando equiparar o tempo unitário de execução das ações, otimizar a produção, reduzir os problemas de qualidade e padronizar o processo.

3.2 Implementação do balanceamento

Após definir a peça e seu processo produtivo, deve-se avançar para a primeira etapa do balanceamento: a divisão das operações em elementos que possibilitem a execução do trabalho de forma independente, conforme tabela 01. Nesta fase, avalia-se as tarefas que devem ser realizadas na montagem do item, com especial atenção às tarefas iniciais, que são independentes.

Tabela 01 - Operações de montagem

Operação	Descrição
a	Pegar uma grade injetada e pôr na bancada
b	Pegar um friso superior LE e encaixar na grade injetada
c	Pegar um friso superior LD e encaixar na grade injetada
d	Pegar um friso central e encaixar na grade injetada
e	Pegar um friso inferior e encaixar na grade injetada
f	Pegar uma moldura e encaixar na grade injetada
g	Pegar um emblema e encaixar na grade montada com os frisos
h	Posicionar a grade montada com os frisos e emblema no dispositivo
i	Pegar dois clips, posicionar nas torres do emblema e cravar com o dispositivo
j	Posicionar a grade montada com os frisos e emblema na bancada de parafusamento
k	Pegar 18 parafusos e fixar na grade
l	Parafusar os 18 parafusos
m	Colar etiqueta com QR Code na grade
n	Embalar a grade no saco plástico
o	Armazenar as peças no rack específico

Fonte: O autor (2024).

Na sequência, realiza-se a apuração do tempo padrão dos elementos do trabalho. Com o auxílio de um cronômetro, foram medidos os tempos de todas as atividades do processo produtivo, com o objetivo de identificar ineficiências e otimizar a alocação de recursos. Na tabela 02 vê-se os resultados encontrados.

Tabela 02 - Apuração do tempo

Operação	Descrição	Tempo (s)
a	Pegar uma grade injetada e pôr na bancada	3
b	Pegar um friso superior LE e encaixar na grade injetada	5
c	Pegar um friso superior LD e encaixar na grade injetada	5
d	Pegar um friso central e encaixar na grade injetada	6
e	Pegar um friso inferior e encaixar na grade injetada	6
f	Pegar uma moldura e encaixar na grade injetada	9
g	Pegar um emblema e encaixar na grade montada com os frisos	5
h	Posicionar a grade montada com os frisos e emblema no dispositivo	4
i	Pegar dois clips, posicionar nas torres do emblema e cravar com o dispositivo	9
j	Posicionar a grade montada com os frisos e emblema na bancada de parafusamento	4
k	Pegar 18 parafusos e fixar na grade	27
l	Parafusar os 18 parafusos	18
m	Colar etiqueta com QR Code na grade	2
n	Embalar a grade no saco plástico	6
o	Armazenar as peças no rack específico	4

Fonte: O autor (2024).

Em seguida, foi definida a sequência adequada das tarefas, figura 08, estabelecendo um fluxo que permita a visualização de todas as partes do processo. É essencial garantir que cada etapa seja considerada no momento do balanceamento, assegurando uma abordagem abrangente e eficiente.

Figura 07 – Legenda de símbolos

Legenda			
			
Operação/Inspeção	Operação	Transporte	Armazenagem

Fonte: O autor (2024).

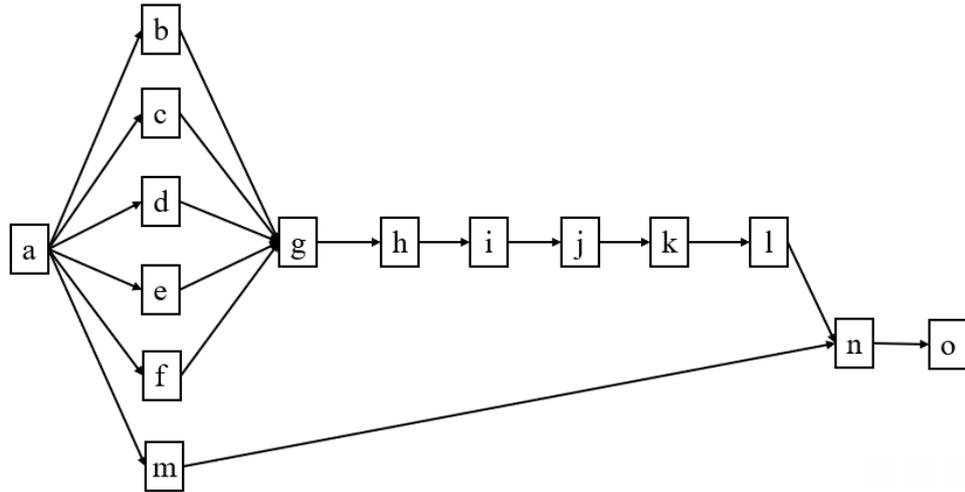
Figura 08 - Fluxo de operações

Simbologia	Descrição
	Itens armazenados nas respectivas embalagens
	Pegar uma grade injetada e por na bancada
	Pegar um friso superior LE e encaixar na grade injetada
	Pegar um friso superior LD e encaixar na grade injetada
	Pegar um friso central e encaixar na grade injetada
	Pegar um friso inferior e encaixar na grade injetada
	Pegar uma moldura e encaixar na grade injetada
	Pegar um emblema e encaixar na na grade montada com os frisos
	Posicionar a grade montada com os frisos e emblema no dispositivo
	Pegar dois clips, posicionar nas torres do emblema e cravar com o dispositivo
	Posicionar a grade montada com os frisos e emblema na bancada de parafusamento
	Pegar 18 parafusos e fixar na grade
	Parafusar os 18 parafusos
	Colar etiqueta com QR Code na grade
	Embalar a grade no saco plástico
	Armazenar as peças no rack específico

Fonte: O autor (2024).

O desenho do diagrama de precedências, visto abaixo na figura 09, ilustra a sequência correta de montagem da grade do radiador, indicando quais operações devem ser realizadas primeiro e quais dependem de outras. Esse diagrama é crucial para garantir que as tarefas sejam executadas na ordem adequada.

Figura 09 - Diagrama de precedências



Fonte: O autor (2024).

Após isso, passa-se ao cálculo do tempo de ciclo (equação 6), que representa o tempo total necessário para realizar a atividade. Na empresa, é padrão cronometrar o tempo de produção ao longo de uma hora, com os níveis de produção sendo contabilizados hora a hora até o fim do turno, no cálculo, utiliza-se o tempo em segundos. Considerando a produção das peças da grade do radiador, estipulou-se uma meta de 32 unidades por hora, quantidade suficiente para completar um rack.

$$TC = \frac{3600}{32} = 112,5 \approx 113s \quad (6)$$

A linha de produção das grades do radiador opera em dois turnos de 8 horas, durante 6 dias por semana, com uma pausa de 1 hora em cada turno, totalizando 14 horas por dia e 84 horas por semana. O cliente demanda, em média, aproximadamente 1350 peças por semana, somando a produção de toda a linha. A equação 7 nos dá o tempo máximo que cada estação de trabalho pode utilizar para produzir cada peça, garantindo que a demanda do cliente seja atendida.

$$TT = \frac{(8-1) * 3600 * 2}{Procura\ do\ cliente} = \frac{50.400}{1350} = 37,3s \approx 38s \quad (7)$$

Para calcular o número mínimo de postos de trabalho necessários na linha de produção (equação 8), devemos dividir o tempo total necessário para realizar a atividade pelo *takt time*.

$$N = \frac{113}{38} = 2,97 \approx 3 \quad (8)$$

Com a definição do número mínimo de estações de trabalho para 3, pode-se prosseguir com o balanceamento da linha, distribuindo as tarefas entre os postos de maneira organizada e equilibrada. Inicialmente, essa distribuição foi feita com três estações de trabalho, porém, devido ao longo tempo de duração para concluir a tarefa 'k', foi necessário alocar mais uma estação de trabalho, conforme ilustrado na tabela 03. Após a distribuição das tarefas, conseguimos identificar que o gargalo da linha é a estação 1.

Tabela 03 - Distribuição de tarefas

Estação	Disponibilidade	Alocado	Tempo Disp. (s)	Tempo Ocioso (s)
1	a, b, c, d, e, f, m	a, b, c, d, e, f	38-34	4
2	m, g, h, i, j	m, g, h, i, j	38-24	14
3	k	k	38-27	11
4	l, n, o	l, n, o	38-28	10

Fonte: O autor (2024).

Após a conclusão da primeira distribuição de tarefas, é essencial realizar uma revisão cuidadosa e explorar novas possibilidades de melhoria. O objetivo é ajustar o balanceamento das estações, buscando equalizar o tempo de atividade entre elas e reduzir os gargalos do processo. Na tabela 04, apresentamos a nova distribuição de tarefas após essa otimização.

Tabela 04 - Distribuição revisada

Estação	Disponibilidade	Alocado	Tempo Disp. (s)	Tempo Ocioso (s)
1	a, b, c, d, e, f, m	a, b, c, d, e	38-25	13
2	f, m, g, h, i, j	f, g, h, i, j	38-31	7
3	m, k	k	38-27	11
4	l, m, n, o	l, m, n, o	38-30	8

Fonte: O autor (2024).

Com a redistribuição da linha, observa-se que o tempo final, ou seja, o tempo disponível de cada estação, tornou-se mais equilibrado, com o gargalo agora se deslocando para a estação 2. Essa revisão na distribuição pode ser realizada quantas vezes forem necessárias, até que se consiga encontrar uma alocação mais equilibrada de tempo entre as tarefas de cada estação.

Na etapa final do balanceamento, são calculadas a eficiência e a ociosidade da linha de produção. A eficiência, expressa em porcentagem (equação 9), é obtida dividindo-se o volume produzido em uma semana pelo volume que deveria ser produzido no mesmo período. No estudo em questão, como a linha de produção atende plenamente à demanda semanal, a eficiência é considerada de 100%.

$$Eficiência(\%) = \frac{1350}{1350} \times 100 = 100\% \quad (9)$$

A ociosidade é determinada pela equação 10, resultando em 25%. Um fator relevante para esse resultado foi a adição de uma estação de trabalho à linha de produção. No entanto, esse valor é considerado aceitável, já que é necessário levar em conta possíveis pausas durante o período de trabalho.

$$Ociosidade (\%) = \frac{(13+7+11+8)}{(4*38)} \simeq 25\% \quad (10)$$

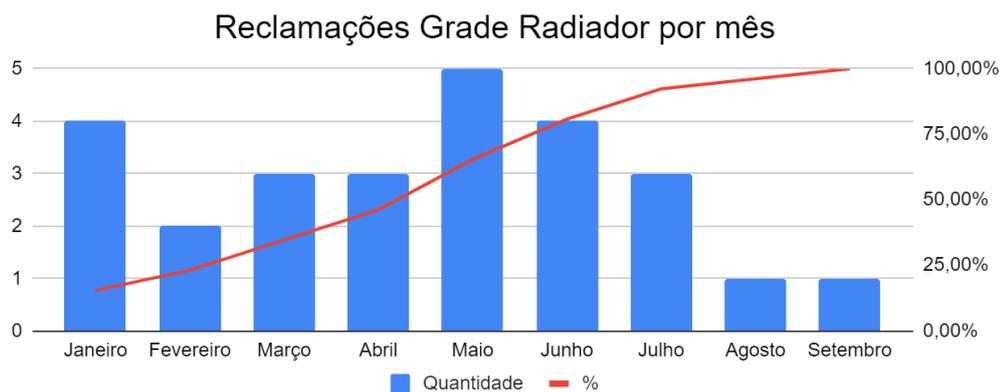
Com esse resultado, foi obtido um tempo alto, porém aceitável referente a ociosidade, principalmente pelo fato de não terem sido consideradas as pausas fisiológicas ao longo do dia, além disso, todos os colaboradores são responsáveis pela organização e limpeza do setor e devem preencher formulários específicos da empresa sobre o que foi produzido durante o dia e possíveis observações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico, apresenta-se os resultados obtidos no estudo de caso descrito acima. Como foi apresentado nos últimos cálculos demonstrados, a eficiência totalizou em 100%, pois com a mão de obra dedicada, com o tempo disponível e não considerando paradas para necessidades básicas, a quantidade solicitada de peças é atendida plenamente. Já a ociosidade foi resultada em 25%, porcentagem que é aceitável, sabendo que a demanda está sendo atendida e o tempo de serviço está equilibrado entre os postos de trabalho.

Sendo o estudo de caso realizado no mês de julho, consegue-se ver uma melhoria nos gráficos de reclamações de qualidade a partir do mês de agosto. O balanceamento de linha impacta diretamente na redução dos problemas de qualidade, pois ao distribuir de forma equilibrada as tarefas entre os operadores, evita-se a sobrecarga de trabalho e a fadiga. Com uma linha bem balanceada, os operadores podem se concentrar em atividades específicas, permitindo que executem suas funções com mais precisão. Conforme observa-se abaixo, na figura 10, as reclamações de agosto caíram 75% em relação ao mês de junho.

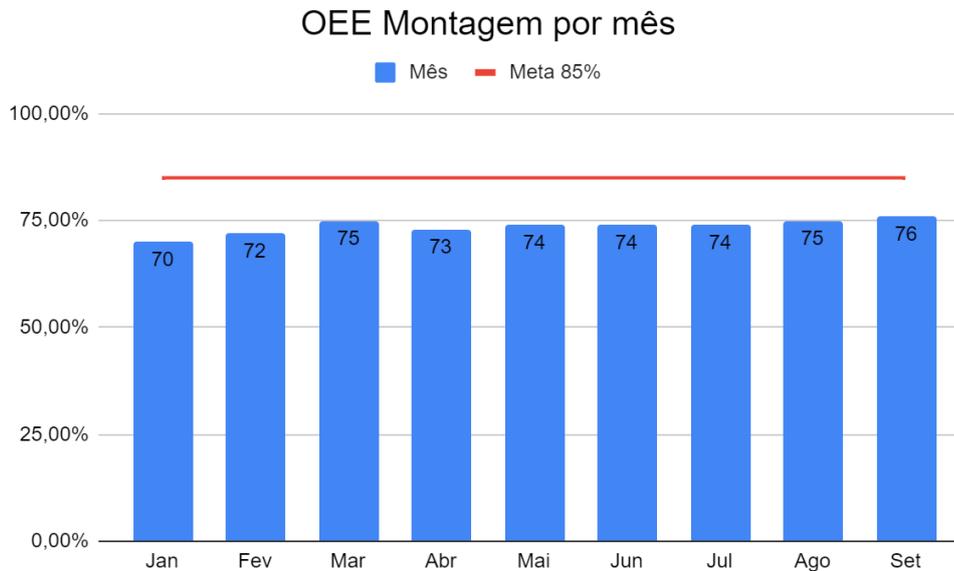
Figura 10 - Reclamações Grade Radiador por mês



Fonte: O autor (2024).

No caso do OEE, no mesmo período mencionado, foi observada uma leve melhoria de 2% em relação a junho, visto na figura 11, embora o impacto possa estar parcialmente mascarado por problemas em outras linhas, já que considerando-se está o setor de montagem como um todo, e não apenas uma linha específica. Ainda assim, essa melhora é significativa, pois o balanceamento de linha contribuiu diretamente para aumentar a disponibilidade dos equipamentos e reduzir desperdícios. Esse ajuste otimiza o uso dos recursos, mesmo que outros fatores no setor possam influenciar o resultado geral do OEE.

Figura 11- OEE setor de montagem por mês



Fonte: O autor (2024).

Retornando ao questionamento inicial, de qual o impacto do balanceamento de linha nos indicadores de eficiência e problemas de qualidade em uma linha de montagem de peças automotivas, após a realização dos estudos e das observações feitas acima, temos como resposta que o impacto do balanceamento de linha é positivo e significativo nos indicadores e nos colaboradores, pois torna a rotina de trabalho menos desgastante.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, este estudo de caso sobre o balanceamento em uma linha de montagem de peças automotivas revelou que a implementação de técnicas de balanceamento de linha resultou em significativos impactos nos indicadores de eficiência e problemas de qualidade. A coleta de dados por meio de observação direta no processo e análise de registros de metas, histórico de falhas e indicadores da empresa permitiu definir um fluxo mais claro sobre os processos, identificar a necessidade de acrescentar mais um posto de trabalho e identificar a estação que é o gargalo, assim suportando na implementação de melhorias.

Os resultados mostram que o balanceamento de linha reduziu em 75% os problemas de qualidade, aumentou em 2% a eficiência produtiva, reduziu a variação de tempo de execução das ações entre as estações de trabalho e melhorou a motivação e engajamento dos colaboradores. Esses achados demonstram que o balanceamento de linha é uma ferramenta

eficaz para melhorar a eficiência e reduzir problemas de qualidade em linhas de montagem de peças automotivas.

Futuras pesquisas devem explorar a aplicação do balanceamento em outras linhas de montagem e linhas de outros setores produtivos da empresa, avaliar de forma mensal a eficiência produtiva em todas as linhas para clareamento do resultado obtido e utilizar as ferramentas para avaliação de layout a fim de otimizar o fluxo de trabalho.

Em resumo, este estudo destaca a importância do balanceamento de linha para melhorar a eficiência e qualidade em linhas de montagem de peças automotivas e reforça a necessidade de contínuo aprimoramento dos processos produtivos para manter a competitividade no mercado global.

REFERÊNCIAS

ABIPLAST. **Indústria automotiva tem aumento de 40% na utilização de plásticos reciclados**. 4 abr. 2024. Disponível em: <https://www.abiplast.org.br/noticias/industria-automotiva-tem-aumento-de-40-na-utilizacao-de-plasticos-reciclados/>. Acesso em: 23 abr. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 8402. Gestão da qualidade e garantia da qualidade – terminologia. Rio de Janeiro, 1994.

ARAÚJO, Vitor Gonçalves. **Balanceamento de linha de montagem: calçados com imprecisão da demanda**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/27819?locale=pt_BR. Acesso em: 01 mai. 2024.

SOUZA FILHO, Jorge Luiz da Silva. **Reformulação e padronização no processo de solução de problemas de qualidade em uma indústria automotiva**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Centro Universitário Cesuca, Cachoeirinha, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unipe.edu.br/jspui/bitstream/123456789/4540/1/Jorge%20Luiz%20da%20Silva%20Souza%20Filho.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2024.

FREIRE, Matheus Henrique. et al. Balanceamento de tempo em linha de montagem de máquinas pesadas. **Revista Pesquisa E Ação**, Mogi das Cruzes, v. 6, n. 1, 2020, 38-49. Disponível em: <https://revistas.brazcubas.edu.br/index.php/pesquisa/article/view/887>. Acesso em: 25 mar. 2024.

HARO, Daniel Garcia. **Sistemas da Qualidade na Indústria Automobilística uma Proposta de Auto-avaliação unificada**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia, profissionalizante com ênfase em Gestão da Qualidade) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/2842>. Acesso em: 23 abr.2024.

MOURA JUNIOR, Antonio José de; GASPAROTTO, Angelita Moutin Segoria. **Um estudo sobre indicadores de desempenho em produção industrial**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Produção Industrial) - Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga, Monte Alto, 2018. Disponível em: <https://simtec.fatectq.edu.br/index.php/simtec/article/view/393/285>. Acesso em 23 abr. 2024.

KOHLRAUSCH, Andréia Suzana. **Balanceamento de linha na manufatura de uma empresa do segmento têxtil**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Faculdade Horizontina, Horizontina, 2019. Disponível em: https://fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Producao/2019/AndreiaSuzanaKohlrausch.pdf. Acesso em: 23 abr. 2024.

LINDBERG, Carl-Fredrik; TAN, SieTing; YAN, JinYue; STARFELT, Fredrik. Key performance indicators improve industrial performance. **Energy Procedia**, Västerås, v75, 2015, 1785 -1790. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215012424>. Acesso em: 01 mai. 2024.

LOZADA, Gisele; ROCHA, Henrique Martins; PIRES, Marcelo Ribas Simões. **Planejamento e controle da produção**. 2023. Engenharia de Produção - Estácio, Porto Alegre, 2023. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/661793894/planejamento-e-controle-da-producao>. Acesso em 23 abr. 2024.

MACIEL, Lucio Flore, *et al.* Aplicação Da Simulação a Eventos Discretos No Balanceamento de Linha de Montagem Em Uma Empresa Do Setor Automotivo. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 23, n.4, e-4967. 2023. Disponível em: www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/4967/2366, <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v23i4.4967>. Acesso em: 25 mar. 2024.

MONARO, Renato Luis Garrido; LIMA, Mayara Cristina; TONETTI, Maíra Mara. Plásticos de Engenharia como Agentes Competitivos na Indústria Automobilística. **Revista Intellectus**, v. 26, n. 01, 31-45. 2014. Disponível em: <https://revistasunifajunimax.unieduk.com.br/intellectus/article/view/265>. Acesso em: 23 Abr. 2024.

SHINGO, Shingeo. **O Sistema Toyota de Produção** do ponto de vista da engenharia de produção. 2. ed.. Porto Alegre: Artes médicas, 1996.

SILVA, João Paulo Moreira da. **Melhoria da Eficiência de uma Linha de Produção: Balanceamento de linhas e análise de desperdícios**. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica - Gestão Industrial) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2023. Disponível em: <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/23358>. Acesso em: 01 mai. 2024.