Balanceamento de Linha Para Otimização de Recursos em uma Linha de Produção Automotiva: Pesquisa-Ação



Fabrício de Souza Albino[1]; Marcelo Amorim de Munno[1]; Vanessa Moraes Rocha de Munno[1]; Ivan Correr[1]

[1] Faculdades Integradas Einstein de Limeira

RESUMO

Na presente conjuntura, as montadoras automobilísticas em geral possuem os mesmos recursos disponíveis, onde o grande diferencial se encontra na maneira e na quantidade que tais recursos são utilizados. A eliminação dos desperdícios deve ser diária e continua, pois estes crescem constantemente. Envolver a todos na eliminação dos desperdícios é de extrema importância, em que cada um pode dar sua contribuição. O presente trabalho teve caráter de pesquisa-ação, onde foram coletados dados de um projeto de uma grande empresa do setor automotivo. As atividades seguiram uma sequência lógica, onde em um primeiro momento os desperdícios foram eliminados e posteriormente em um segundo momento foram executadas atividades de balanceamento e redução de mão-de-obra. Foram analisados dez postos de trabalho que, após as melhorias, foram reduzidos para nove o que gerou o ganho de uma mão de obra. Desta forma, a implementação de simples ideias de melhoria de baixo custo, que ao final quando somadas e bem executadas, geram grande economia nos esforços de fabricação.

Palavras chave: Desperdícios, Balanceamento, Montadoras.

ABSTRACT

In the actual scenario, vehicle manufactures generally have the same resources available, where the great differential is in the way and quantity that such resources are used. The elimination of waste must be daily and continuous, because they increase constantly. Engaging everyone in the elimination of waste is extremely importance, where everyone can make a contribution. The present article had the character of research-action, where was collected the content of the project in a big company of automotive sector. The activities follow a logic sequence, in the first moment the wastes were eliminated and after in a second moment were executed balance activities to reduce the unnecessary headcount. Ten work places were analyzed which, after the improvements, were reduced to nine which generated the save of one work place. Therefore, the implementation of simple ideas of improvements and low costs that in the end when added and good applied can return less effort produce.

Key Words: Waste, Balance, Manufactures.

1. INTRODUÇÃO

O gerenciamento de operações e da produção é um ramo motivador e que está em grande mudança nas últimas décadas. Quando gerenciada de forma adequada, o setor das operações e da produção é uma ótima ferramenta competitiva, fundamental na disponibilização de meios para a organização adquirir vantagem competitiva sustentável (TUBINO, 1999)

O estudo dos tempos tem participação fundamental na organização do trabalho, onde padroniza-se as operações, dando meios para se avaliar a capacidade de produção da mão-de-obra e, o mais importante, possibilita a identificação das oportunidades de melhorias (HAMTA et al., 2013)

Souza e Pires (1999) ressaltam que empresas de manufatura tem como objetivo cada vez mais o balanceamento da capacidade de produção de todo o recurso disponível, buscando o equilíbrio entre os recursos e a demanda do mercado, além do grande potencial na redução dos custos.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo realizar o balanceamento da linha de montagem de uma empresa automobilística, visando o aproveitamento maior da carga de trabalho de cada mão de obra e com possibilidade de redução de postos de trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Tempo padrão e estudo dos tempos

O tempo padrão segundo Slack, Chambers e Johnston (2002) é subdividido em duas partes: o tempo básico, que é o tempo que um trabalhador devidamente treinado gasta para realizar determinada atividade; e as tolerâncias, que são concessões que levam em consideração o desgaste físico, denominado como fadiga, e as necessidades básicas. Assim conclui-se que o tempo padrão é uma extensão de todos os tempos-padrão que seus itens o constituem.

De acordo com Martins e Laugeni (2005), devem ser aplicados os seguintes passos para a definição do tempo padrão de uma atividade: alinhar com os envolvidos a execução do trabalho e engajar os responsáveis do setor; formatar a atividade e dividi-la em partes; qualificar quem realizará a atividade conforme formatado; criar uma forma visual do item submetido a transformação e do layout da área onde a atividade é realizada; fazer uma cronometragem previa onde serão levantados as informações necessárias para a quantificação correta de cronometragens a serem realizadas.

Ainda conforme Martins e Laugeni (2005), de posse das cronometragens devem ser aplicados os seguintes cálculos para enfim determinar o tempo padrão: definir o tempo médio ou tempo cronometrado; aplicar o percentual de ritmo sobre este tempo médio,

tendo assim como resultado o tempo normal, e após o cálculo deste aplica-se as concessões sobre este tempo normal para de fato extrair o tempo padrão.

Percentual ou avaliação de ritmo, segundo Barnes (1977) é aquele em que o profissional que está por estudar os tempos verifica o ritmo de trabalho do executante da atividade em estudo, comparando tal fato ao conceito de ritmo normal. Este percentual é inserido ao tempo para obtenção do tempo normal, podendo ser maior ou menor do que o cronometrado. Tal observação depende da avaliação do profissional que está por analisar os tempos. Essa avaliação de ritmo pode ser observada até mesmo na diferença de velocidade do caminhar entre pessoas diferentes.

Tolerâncias ou concessões para Matins e Laugeni (2005) consiste no conceito de que é impossível pensar que alguém tenha capacidade de trabalhar todo o turno de trabalho sem quaisquer interrupções. Deste modo devem ser consideradas interrupções das atividades para que seja possível a realização das denominadas necessidades pessoas e propiciar também o descanso para aliviar a fadiga causada pelo gasto de energia nas atividades operacionais.

Barnes (1977), apresenta que o estudo de tempos é utilizado para mensurar o tempo gasto em minutos para a execução de uma tarefa, por um operador treinado, de acordo com o método determinado e em uma velocidade de trabalho considerada mediana, sendo assim este tempo denominado tempo padrão.

Ainda de acordo com Barnes (1977), o estudo de tempos pode ser usado para as seguintes finalidades: definir programação e planejamento do trabalho; definição dos custos; mensurar eficiência de máquinas; e definição do número de mão de obras necessárias auxiliando no balanceamento das linhas de montagem.

Tem relação ao estudo dos tempos o tempo de ciclo ou Takt time que é definido por Chiavenato (2006) como, partes sequenciais para finalizar processos, tais com ministrar uma aula a uma turma, produzir um veículo ou atender clientes. Tornando o trabalho mais simples, tirando os buracos entre os passos de não produção, tornando possível a qualidade total. Este ciclo visa competir pelo tempo, atendendo rapidamente ao cliente, conectando mais os passos do processo, tirando buracos intermediários. Conceituando produção enxuta com base no tempo de ciclo otimizado.

Algumas pesquisas abordaram o estudo de tempos com foco no balanceamento: Gomes (2008) balanceou uma linha de montagem na indústria automotiva, Favaro et al. (2013) balanceou e otimizou uma linha de montagem de chassis de veículos utilitários e Teles (2015) balanceou uma linha de montagem de caminhões baús.

2.2. Balanceamento de linha

Balancear uma linha de produção é ter como objetivo o fluxo contínuo, atacando todo e qualquer tipo de desperdício de forma permanente que interferem no fluxo e bloqueiam níveis de produtividade elevados, pela alta quantidade de tempo de espera. Deve se buscar a divisão do conteúdo de trabalho por posto de forma a estar de acordo com o tempo de ciclo. (TAPPING et al., 2002)

Para Corominas et al. (2008), o processo de balanceamento consiste em designar as tarefas indivisíveis a serem realizadas nas estações de trabalho de modo a otimizar uma função objetivo (por exemplo, número de estações de trabalho, tempo de ciclo ou custo unitário do produto). Além disso, a atribuição pode estar sujeita a vários tipos de restrições, incluindo o tempo total de trabalho em cada estação não sendo maior do que um determinado limite superior (que é chamado de tempo de ciclo), precedência e relações de incompatibilidade entre tarefas.

Segundo Rocha (2005) apud Gomes (2008), durante o processo de manufatura do produto, cada posto de trabalho desprende um tempo para realização da atividade ao qual foi definida. Se este tempo que cada posto desprende para realização da atividade for igual, não há o que fazer no balanceamento, tendo em vista que já está de acordo. Com o balanceamento certo, a manufatura passa a depender relativamente do ritmo e velocidade definida ao processo. No caso de divergências entre os tempos, aparece então a necessidade de uma análise em adicional.

De acordo com Oliveira et al. (2017), pode-se frisar que alterações das demandas, dos equipamentos, na qualificação e ou no treinamento dos empregados, entre outras alterações, em geral acarretam ao desbalanceamento ou flutuação da capacidade de mão de obra sendo ao excesso ou a falta, verifica-se assim a necessidade de um novo balanceamento da linha de produção.

O balanceamento de linha adequado e adaptado a flutuação de demanda é imprescindível para as empresas, tendo em vista que os custos de manufatura são afetados diretamente. Em tempos que as demandas não estão nos seus mais altos níveis, a produção pode fluir com sobras de disponibilidade de mão de obra. O balanceamento visa diminuir e até mesmo eliminar desperdícios como estes disponibilizando o excedente para outras operações de manufatura (FAVARO et al., 2013).

De acordo com Ghinato (1996) operações ou movimentos desnecessários que se traduzem em custos de não valor agregado são considerados perdas ou desperdícios e devem ser combatidos instantaneamente e extinguidos. Sabendo o que é perda Shingo (1996) e Ohno (1997) diz que estas podem ser classificadas em sete, superprodução, transporte, processamento, defeitos, movimentação, espera e estoque.

Ainda em relação aos desperdícios é valido ressaltar que em uma visão mais moderna inclui o oitavo desperdício que é o desperdício da criatividade dos funcionários, segundo Liker (2006) é o desperdício de ideias, tempo, habilidades, melhorias e oportunidades de agregar conhecimento pelo não envolvimento ou simplesmente por não ouvir os seus colaboradores.

Para Rocha (2005) apud Teles (2015) o balanceamento de linha está ligado aos seguintes ganhos: aumento de produtividade e eficiência, melhor arranjo do layout, maior disponibilidade de máquinas, maior facilidade para a supervisão, torna possível o controle da produtividade do trabalho e até mesmo, quando se achar necessário, possibilita um plano de bônus a partir dos resultados.

Silva (2011), apresenta o potencial de otimização em uma linha de produção, tendo como meta atingir a capacidade de produção planejada, baseando-se em analisar de forma profunda, estimulando a aplicação de otimizações, com foco até mesmo em sobrepor a capacidade planejada. Para tal utiliza-se de capital de investimento e energia humana, sendo ela física e mental. A análise do que o cliente está disposto a pagar (agrega valor) e o que o cliente não está disposto a pagar (não agrega valor), tem como foco eliminar ou tornar menor o que não são relevantes para o cliente, maximizando os resultados de produção e se necessário reduzindo o tempo de ciclo.

Bueno (2014) ressalta a possibilidade de colocar uma quantidade de operadores diferente de um para cada local de trabalho, aos quais devem executar a atividade em sincronia e atendendo as premissas da atividade. Assim a capacidade de se ter mais atividades nas estações, sem extrapolar o tempo de ciclo, é maximizada.

Becker e School (2006), Hopp et al. (2004), apresentam que o problema de seleção de equipamentos é equivalente a um problema de seleção de trabalhadores, cujas velocidades de desempenho de tarefas são diferentes. Normalmente é assumido que a velocidade de desempenho de todas as pessoas que estão fabricando a mesma tarefa é igual e que o tempo necessário para concluir uma tarefa depende do número de trabalhadores atribuídos a uma estação.

Em circunstâncias industriais reais, Pomes (2001) apresenta que na indústria, pode se encontrar linhas nas quais algumas tarefas não podem ser executadas em todas as estações e onde os tempos de desempenho dependem do trabalhador que executa a tarefa.

Algumas pesquisas aplicaram os conceitos de balanceamento: Bueno (2014) a partir de métodos heurísticos para o balanceamento de linhas de montagem do setor automotivo; Oliveira e Borges (2016) realizou propostas de melhoria no balanceamento de

uma linha de montagem de eixos em uma montadora de veículos pesados; Corominas et al. (2008) apresentaram um processo de balanceamento de uma linha de montagem, na qual reduziu o número de trabalhadores temporários na linha

De acordo com a conclusão de Oliveira (2017), o estudo possibilitou a evidenciação de que uma linha de montagem quando balanceada e baseada em um layout aperfeiçoado, diminui as perdas e proporciona as empresas maior competitividade. Ressalta que este deve ser um processo sem fim a cerca que as atualizações aparecem e os processos requerem modificações na linha e no arranjo físico. Visto que além do aperfeiçoamento das atividades, a organização do local de execução deve sempre ser observada em paralelo.

Contador (1994), descreve em seu artigo um método para rápido aumento da produtividade fabril e no qual ele cita que a maior causa de ineficiência é o tempo inativo, conhecido também por parada ou espera do operador, equipamento ou material. Com o objetivo da eliminação, sendo valido a redução desses tempos de espera ele cita que pode haver uma elevação da produtividade em pelo menos 30%, em sua experiência em dois casos aumentaram a produtividade em mais de 100% em uma grande empresa multinacional. O balanceamento de atividades está diretamente relacionado a eliminação de tais tempos inativos que por sua vez constituem no tempo em que o homem e a máquina ficam esperando entre os ciclos e dentro dos ciclos, estando sem atividades por diversos motivos, como mudanças de produto, alterações de turno e nos ditos tempos não produtivos, como falta de material produtivo, erro de programação, paradas de equipamento, dentre outros.

3. METODOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Quanto aos objetivos da pesquisa, foi empregado uma pesquisa explicativa, que segundo Gil (2007), uma pesquisa explicativa busca apontar fatos que colaboram ou geram as ocorrências do evento.

Já em relação aos procedimentos técnicos, foi empregado a pesquisa-ação, que segundo Elliot (1997) e Thiollent (2011) este procedimento é concebido e realizado em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

As etapas realizadas na presente pesquisa, baseadas na pesquisa-ação, foram (GIL, 2002):

- Observar os postos de trabalho: para conhecimento sobre o processo e análise dos desperdícios, para tal foi criado um grupo multidisciplinar que incluía um dos autores do presente artigo;
- Propor melhorias para eliminar desperdícios: o grupo multidisciplinar trabalhou nas propostas de melhorias, por meio de brainstorming e outras técnicas internas utilizadas na empresa pesquisada;
- Testar melhorias e mensurar ganho: foram realizados testes e simulações pelo grupo multidisciplinar afim de mensurar o ganho de tempo que seria possível, bem como a análise econômica da proposta de melhoria;
- Aplicar melhorias: o grupo de trabalho em conjunto com envolvidos na linha de produção aplicaram as melhorias propostas, tendo em vista total aproveitamento do tempo de ciclo e em seguida foi analisado se algum posto de trabalho poderia ser eliminado;
- Validar as melhorias: Foi realizado um estudo em que foi apresentado a validação das melhorias aos superiores;
- Documentar as melhorias: Foi desenvolvido um manual com a descrição, sequência e particularidades do processo otimizado.

Em relação as amostras dos tempos obtidos na presente pesquisa, os mesmos foram coletados por integrantes do time de trabalho em 10 amostras por posto de trabalho com a utilização de cronômetros digitais, utilizando 2 operadores treinados na execução das montagens. Para a tabulação dos dados e geração dos gráficos de balanceamento, foi utilizado o software *Microsoft Excel*®.

3.1. Pesquisa-Ação

A montadora foco do estudo é do setor de veículos, situada no estado de São Paulo, com aproximadamente 500 funcionários diretos e capacidade produtiva atual de 40 veículos por dia de dois modelos distintos, ambos produzidos em uma mesma linha de montagem de acabamentos.

Toda a linha de montagem foi previamente planejada (projeto matriz) abrangendo seu conceito de layout e de sequência de realização dos trabalhos incluindo a mão de obra necessária. Porém, ao iniciar a produção dos veículos, constatou-se que a capacidade planejada não era tangível, e assim foi iniciado um trabalho de correção dos processos incluindo alguns novos postos de trabalho.

A Figura 1, apresenta o fluxograma do processo da linha de montagem, na qual na primeira etapa de montagem de acabamentos é realizada a pré-montagem de painéis, em seguida na etapa de montagem mecânica é realizada a pré-montagem de motores e

por fim são realizados os testes e alinhamentos finais. Para a presente pesquisa a etapa estudada e analisada foi a de montagem mecânica.

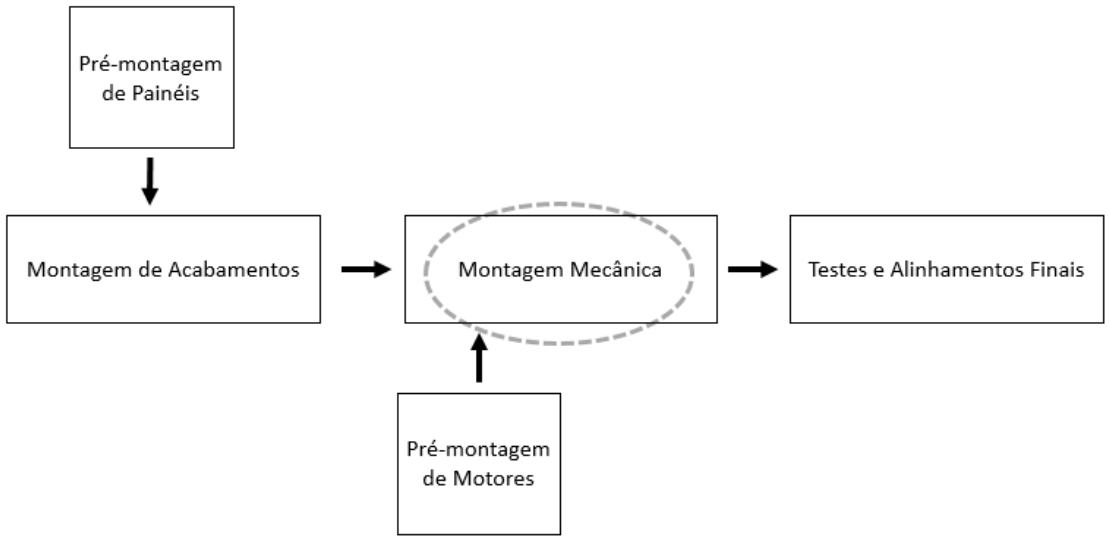


FIGURA 1: FLUXOGRAMA DO PROCESSO
FONTE: AUTORES (2018)

Diante destes fatos, constatou-se restrições do projeto da linha de montagem instalada onde surgiram os seguintes questionamentos: a qualificação dos operadores no início da produção estava suficiente para atender a velocidade esperada na execução das atividades? O projeto dimensionou corretamente a mão de obra necessária? As sequências das atividades foram analisadas corretamente no âmbito de eliminar interferências entre postos de trabalhos realizados em uma mesma estação? O rump up (fase inicial de produção) para atingir a produção projetada contemplava o tempo suficiente?

Após 6 meses de produção e estabilização do processo produtivo, começou a ser observado que alguns postos de trabalho apresentavam ociosidade, provenientes da melhoria de velocidade dos operadores devido a qualificação e a melhoria contínua dos processos.

A partir da ociosidade apresentada na linha, foi criado pela gerência um grupo multifuncional de trabalho visando o balanceamento da linha. O grupo multifuncional foi composto pelas seguintes áreas: Montagem (composta por engenheiro de produção, supervisor e líder da área em estudo), Engenharia Industrial (um engenheiro responsável pela documentação), Engenharia de Processos (um engenheiro responsável pela aquisição e modificação de equipamentos), Logística (um analista logístico) e um representante pela Área de Treinamento da empresa e um dos autores do presente artigo.

3.2. Aplicação das melhorias

A linha de montagem da empresa estudada é composta por 9 (nove) times, na qual totalizam-se 130 postos de trabalho. Inicialmente foi definido 1 (um) time de montagem, com 10 postos de trabalho (Figura 2), como amostra, para que após as melhorias o mesmo torna-se um modelo para implementar aos 8 (oito) times restantes.

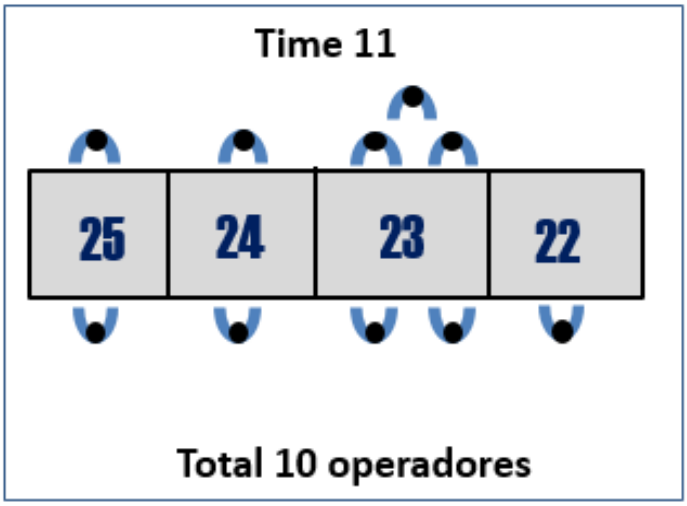


FIGURA 2: TIME ESTUDADO
FONTE: AUTORES (2018)

Os tempos envolvidos para realização das tarefas para cada posto de trabalho, antes do presente estudo, são apresentados na Figura 3.



FIGURA 3: SITUAÇÃO INICIAL: TEMPOS PARA CADA POSTO DE TRABALHO
FONTE: AUTORES (2018)

Após o balanceamento dos postos de trabalho pela empresa, os tempos envolvidos para a realização das tarefas são apresentados na Figura 4.

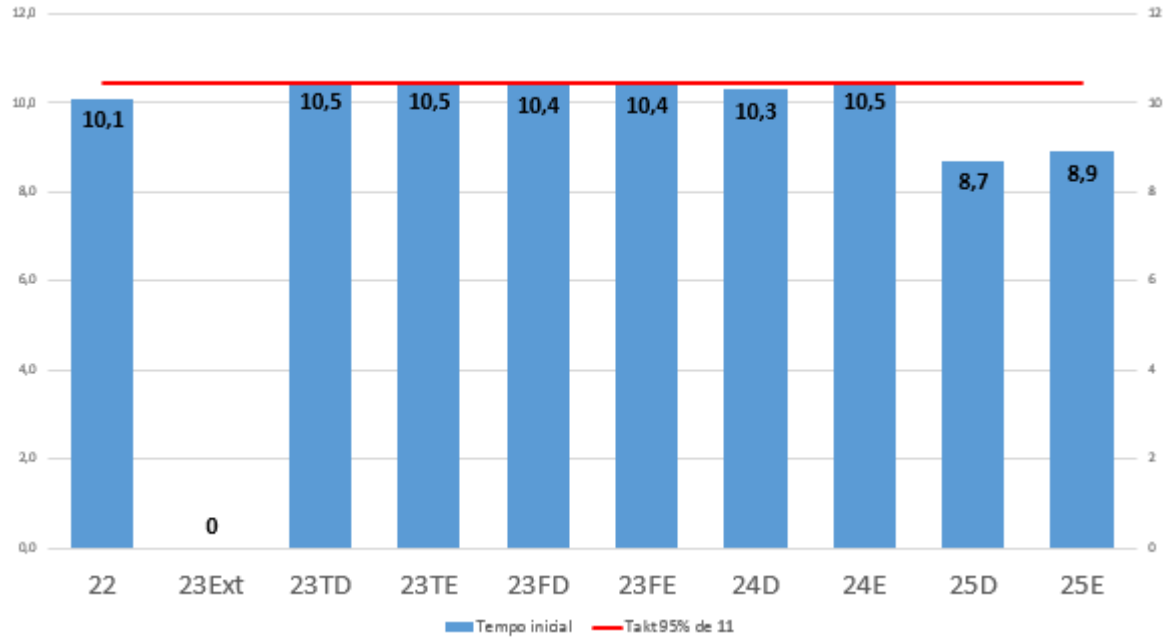


FIGURA 4: SITUAÇÃO ATUAL: TEMPOS PARA CADA POSTO DE TRABALHO
FONTE: AUTORES (2018)

Visado a redução dos desperdícios de tempo e eliminação de possíveis postos de trabalho, foram desenvolvidas outras atividades. Segue exemplo de duas melhorias de baixo esforço e que ao final somadas a outras tem auto impacto no processo.

A todo ciclo era necessário colocar uma prancheta suspensa no transportador do veículo em processo a qual continha a carta de documentação do veículo que estava sendo montado. Esta prancheta era retirada ao final da linha de montagem, pois a mesma não deixava altura suficiente para o transportador retornar ao início da linha, além de ser necessário, após juntar dez pranchetas no final da linha, retorna-las ao início. Foi dado uma ideia simples de cortar cerca de 100 mm das pranchetas (Figura 5). Isto possibilitou seu retorno automático pelos transportadores e eliminou o desperdício do trabalho de retirar de tempos em tempos as pranchetas, tudo isso sem comprometer a sua utilização que é transportar a documentação.



FIGURA 5: PRANCHETA CORTADA, SUSPENSA NO TRANSPORTADOR
FONTE: AUTORES (2018)

O dispositivo de pega do motor possui correntes e as mesmas eram suspensas no dispositivo manualmente. Foi sugerido a colocação de balancins para que as elevações das correntes fossem automáticas, conforme apresentado na Figura 6.



FIGURA 6: DISPOSITIVO DE PEGA DO MOTOR COM CORRENTES SUSPENSAS POR BALANCINS
FONTE: AUTORES (2018)

3.3. Análise dos resultados

A seguir são apresentados os resultados alcançados, em relação aos objetivos propostos visando o aproveitamento maior da carga de trabalho de cada mão de obra e possibilidade de redução de postos de trabalho.

Após a aplicação das melhorias obteve-se os novos tempos dos postos já otimizados (tempo após melhorias). A aplicação da segunda fase, o balanceamento, em que o posto de trabalho eliminado (posto reduzido), teve suas atividades distribuídas nos outros postos (tempo após balanceamento) é demonstrado na Figura 7.

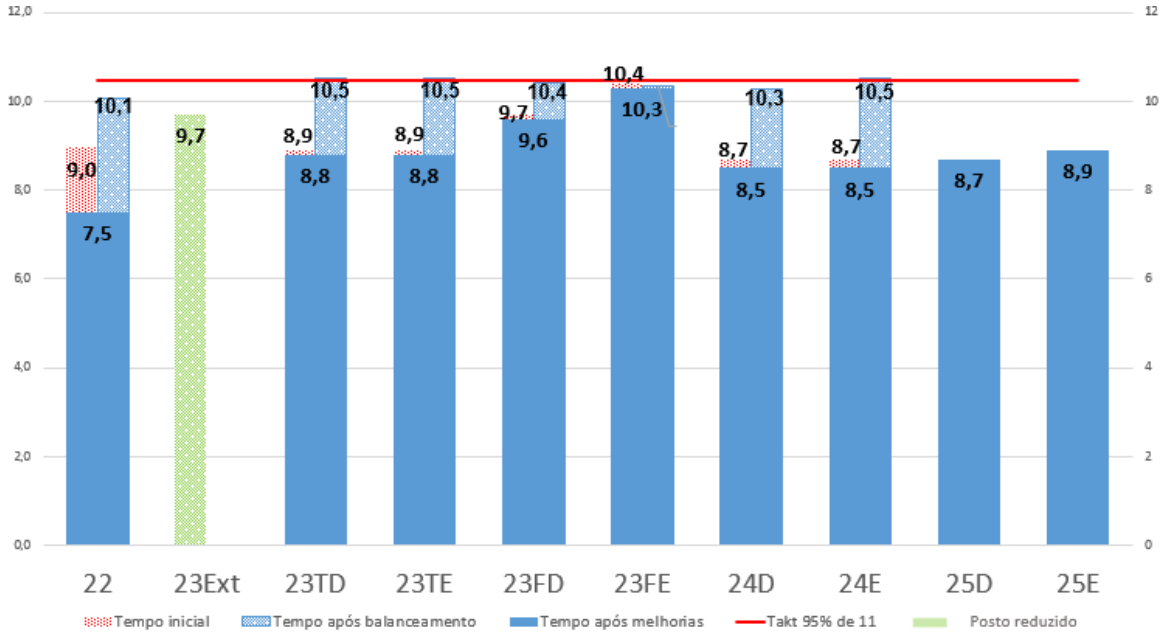


FIGURA 7: ATIVIDADE DE BALANCEAMENTO
FONTE: AUTORES (2018)

Para realização do balanceamento foi de extrema importância o envolvimento da logística, pois mudanças na disponibilidade das peças na borda de linha são comumente necessárias nessa fase. Da mesma forma, a qualificação dos operadores que estão recebendo as novas atividades foi de extrema importância para assegurar a qualidade do produto e a velocidade de execução da tarefa.

Com a aplicação das melhorias, o posto 23Ext foi eliminado e toda sua carga agregada foi atribuída e distribuída a outros postos. Também foram reduzidos dos postos de trabalho o total de 2,3 minutos, sendo 1,5 min no posto 22, 0,1 min no posto 23TD, 0,1 min no posto 23TE, 0,1 min no posto 23FD, 0,1 min no posto 23FE, 0,2 min no posto 24D e 0,2 min no posto 24E.

Após as melhorias todas as modificações foram atualizadas nas documentações existentes nos postos de trabalho. Cada atividade segue sua sequência de montagem de acordo com a documentação e alterações não atualizadas na documentação geram não conformidades em auditorias de processos e podem proporcionar novos desperdícios.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os desperdícios podem surgir a todo momento e os mesmos devem ser combatidos diariamente com a melhoria continua. Estes desperdícios podem surgir desde a concepção do projeto ao dia a dia da execução das atividades.

Ter um bom plano de melhoria continua é fundamental para o caminho do sucesso, onde a competitividade global é grande e quem não produz com eficiência está

fardado ao fracasso. Além da melhoria contínua, quando identificado grande diferença entre o possível e o realizado, um projeto bem definido com um time multidisciplinar com orientação de objetivo e suporte efetivo da gerência, é uma solução de grande valia, conforme demonstrado neste trabalho.

Em relação ao objetivo proposto do presente trabalho, foi possível realizar o balanceamento da linha de montagem da empresa automobilística estudada, obtendo o maior aproveitamento da carga de trabalho de cada mão de obra, e eliminar 1 posto de trabalho no processo de montagem, e toda sua carga agregada foi atribuída e distribuída a outros postos de trabalho.

Neste caso, o envolvimento dos operadores, da supervisão e da liderança foi de extrema importância para que o projeto de melhoria fosse executado com o máximo de aproveitamento possível e obter facilmente aceitação das modificações.

4. REFERÊNCIAS

BARNES, R.M. **Estudo de Movimentos e de Tempos**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

BECKER, C.; SCHOLL. A. A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. **European Journal of Operational Research**. v.168, n.3, p.694–715, 2006.

BUENO, C.C. Balanceamento de linha de montagem a partir de métodos heurísticos em uma empresa do setor automotivo. In: XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 2014.

CHIAVENATO, I. **Administração Geral e Publica: tória de mais 500 questões com gabarito**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

CONTADOR, J.C. Produtividade fabril I: método para rápido aumento da produtividade fabril. **Gestão & Produção**. v. 1, n. 3, p. 217-238, 1994.

COROMINAS, A.; PASTOR, R.; PLANS, J. Balancing assembly line with skilled and unskilled workers. **Omega.** v. 36, N. 6, p. 1126-1132, 2008.

ELLIOT, J**. La investigación-acción en educación**. 3° ed. Madrid: Morata, 1997.

FAVARO, L.A.; COSTA, C.A.; LUCIANO, M.A.; KALNIN J.L. Otimização e Balanceamento de Uma Linha de Montagem de Veículos Utilitários. In: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 2013.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, J.E.N. Balanceamento de Linha de Montagem na Indústria Automotiva – Um Estudo de Caso. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 2008.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: Mais do que Simplesmente, Just-in-Time**. Caxias do Sul: Educs, 1996.

HAMTA, N.; GHOMI, S.M.T.F.; JOLAI, F.; SHIRAZI, M.A. A hybrid PSO algorithm for a multi-objectives assembly line balancing problem with flexible operation times, sequence-dependent setup times and learning effect. **International Journal Production Economics**. v.141, p.99-111, 2013.

HOPP, W.J.; TEKIN, E.; VAN OYEN, M.P. Benefits of skill chaining in serial production lines with cross- trained workers. **Management Science**. v.50, n.1, p.83–98, 2004.

LIKER, J.K. **Modelo Toyota: os 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2006.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, F.S.; BORGES, R. Proposta de melhorias no balanceamento de uma linha de montagem de eixos em uma montadora de veículos pesados. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 2016.

OLIVEIRA, I.M.D.; PAZ, C.C.; SILVA, A.M.; FERREIRA, W.P. Balanceamento de linha e arranjo físico: estudo de caso em uma linha de produção de cabines para máquinas de construção. **Exacta.** v.15, n.1, p.101-110, 2017.

POMES, J. Equilibrat de línies de muntatge en una empresa del sector informàtic. Proyecto Final de Carrera, UPC, Barcelona, 2001.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, A. L. Balanceamento da Linha de Produção. In: XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 2011.

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

SOUZA, F.B.; PIRES, S.R.I. Análise e proposições sobre o balanceamento e uso de excesso de capacidade em recursos produtivos. **Revista Gestão & Produção**. v.6, n.2, p.111-126, 1999.

TAPPING, D.; LUYSTER, T.; SHUKER, T. **Value Stream Management: eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements**. New York: Productivity Press, 2002.

TELES, F. Balanceamento da Linha de Montagem de Caminhões Baús. In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 2015.

THIOLLENT, M. J. M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18° ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TUBINO, D.F. **Sistemas de produção: a produtividade no chão da fábrica.** Porto Alegre: Bookman, 1999.