



## Aumento de produtividade em uma linha de difusores de ar utilizando a metodologia WCM

Frank Gomes Bernardes<sup>1</sup>

Michael Sander Costa Sousa<sup>2</sup>

Yasmim Reis de Resende<sup>3</sup>

Alecir Silva<sup>4</sup>

**Resumo:** A partir das constatações sobre o elevado índice de atividades que não agregam valor em uma linha de produção numa indústria de autopeças, considerou-se esse o primeiro ponto para o desenvolvimento do trabalho de aumento de produtividade. Esta linha é denominada linha de montagem dos difusores de ar – PM003. As atividades que não agregam valor ao produto representavam inicialmente 67% do tempo de montagem do produto e atreladas ao desbalanceamento da linha traziam prejuízos à produtividade, que inicialmente era de 24,26 peças/hora x homem, acarretando em não atendimento ao *takt time*. Este trabalho foi realizado sobre a base da metodologia *world class manufacturing* que possibilitou a identificação das causas da baixa produtividade da linha. Como objetivos, foram definidos o aumento da produtividade da linha em 50%, e redução de 20% das atividades que não agregam valor ao produto. Destaca-se a utilização do método *muri, mura e muda* para análise das causas e identificação dos desperdícios no processo. Ao final do trabalho é possível verificar a importância da padronização das tarefas, aumento de 82,19% da produtividade e redução de 32,84% das atividades que não agregam valor ao produto.

**Palavras-chave:** Produtividade. Desperdício. Balanceamento.

<sup>1</sup>. Engenheiro de produção, UI, frankqgb@gmail.com.

<sup>2</sup>. Engenheiro de Produção, UI, michaelssander95@gmail.com.

<sup>3</sup>. Engenheira de Produção, UI, yasmimresender@hotmail.com.

<sup>4</sup>. Engenheiro Mecânico, Especialista em Gerência e Tecnologia da Qualidade, UI, alecir09@gmail.com

### 1. Introdução

O contexto pós-industrialista, vivido pelas empresas, se dá em um cenário de competitividade acirrada que desencadeia a busca pelo aumento constante do lucro. Também, o setor automobilístico é marcado pela exigência de qualidade, obrigando a toda organização que deseja sucesso e estabilidade a manter ou superar o padrão da concorrência. Assim, as organizações buscam estratégias cada vez mais eficientes para a redução dos custos e melhoria do desempenho, estabelecendo mudanças em diversas áreas por emprego de modelos estruturados de gestão, principalmente em relação aos processos produtivos e a organização do trabalho.

Este estudo de caso apresenta análises e propostas de melhoria na organização e padronização do trabalho na linha de montagem de difusores de ar 327 de uma empresa do setor automobilístico do segmento de injeção de termoplásticos. Os objetivos traçados são a



redução do índice de atividades de valor não agregado (NVAA – *not value added activities*) e o aumento da produtividade, visando o atendimento ao *takt time*. Tais propósitos podem provocar na organização a otimização do processo produtivo, melhorando o nível de atendimento ao cliente e minimizando os desperdícios.

O trabalho desenvolvido inclui o diagnóstico do processo, registrando detalhadamente diversas informações que, posteriormente foram trabalhadas a fim de identificar os principais problemas ocorridos na linha e, por último, propor soluções para minimizá-los ou eliminá-los. Todas estas ações englobam a implementação de parte da metodologia WCM (*world class manufacturing* – manufatura de classe mundial), envolvendo os pilares *cost deployment* (CD – desdobramento de custos), *workplace organization* (WO – organização do posto de trabalho), *logistic* (L – logística) e *focused improvement* (FI – melhoria focada).

## 2. Metodologia

Ao se estruturar um projeto, faz-se necessária a utilização de um método apropriado, somente assim é possível dar prosseguimento e concluí-lo com êxito. O método de pesquisa escolhido é classificado quanto à sua natureza, abordagem, objetivos, procedimentos e local de realização.

Do ponto de vista de sua natureza, classificou-se a pesquisa utilizada como “aplicada”, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos (RUIZ, 1996), ou seja, através das informações obtidas e conhecimento gerado sobre a linha de montagem PM-003 foi possível determinar e planejar formas de reduzir os problemas de NVAA e produtividade. Quanto à abordagem, é classificada como “quantitativa”, uma vez que o impulso inicial e todos os trabalhos em suma, são calculados. Conforme já é sabido, 67,00% das atividades de linha de montagem PM-003 foram classificadas como sem valor agregado.

No que se refere aos objetivos, esta metodologia é classificada como “exploratória”, pois trata-se de um estudo de caso em que há necessidade de aprofundar as hipóteses e encontrar as reais causas da ocorrência da baixa produtividade da linha de montagem PM-003. O procedimento de pesquisa é definido como “estudo de caso”, uma vez que consiste na identificação do problema de alto índice de NVAA e baixa produtividade através de estudo aprofundado e exaustivo de maneira a permitir a melhoria do processo e a eliminação de desperdícios, além do conhecimento disseminado a toda equipe participante do processo.

Foram utilizadas técnicas de observação sistemática, com o auxílio de equipamentos para efetuar medições de tempo, entre outros. As pesquisas e os estudos foram realizados na linha de montagem de difusores de ar de uma indústria do segmento de injeção e montagem de termoplásticos localizada na cidade de Mateus Leme, Minas Gerais, durante 6 meses, entre agosto de 2016 e maio de 2017. Os dados foram levantados a partir de cronometragens, observações *in loco* e consulta à documentação da empresa como relatórios de produção, instruções de trabalho e diagrama de fluxo. O trabalho com estes dados foi feito através de análise e interpretação dos conteúdos.

O trabalho foi desenvolvido baseado na metodologia WCM e utilizando diversas ferramentas e metodologias, como *Major Kaizen*, *Muri/Mura/ Muda*, gráfico de Pareto, estudos de tempos e movimentos, gráfico de Yamazumi e *Gemba, Gembutsu, Genjitsu, Genri, Gensoku* (5G).



## 2.1 World class manufacturing - WCM

Segundo Yamashina (2011), é um conjunto de conceitos, de princípios e de técnicas para a gestão dos processos operativos de uma empresa e visa redução de custos e aperfeiçoamento da logística, qualidade, manutenção e produtividade para níveis de classe mundial, através de um conjunto estruturado de métodos e ferramentas.

O pilar *cost deployment* (CD – desdobramento de custos) consiste em identificar os desperdícios e as perdas das áreas em exame, avaliar e transformar as perdas em custos, quantificando-os em valores. Os desperdícios e as perdas são provenientes de máquinas, pessoas e materiais durante o processo de produção (YAMASHINA, 2011).

O direcionamento para combater grandes perdas do *cost deployment* é objetivo do pilar *focused improvement* (FI – melhoria focada), focado na solução de temas específicos e identificáveis, aplicando técnicas, instrumentos e métodos específicos.

*Workplace organization* (WO – organização do posto de trabalho): objetivo deste pilar é criar padrão do local de trabalho que assegure o bem-estar e a segurança das pessoas, a qualidade das funções executadas e a máxima produtividade. Através do envolvimento dos operários e aplicação de métodos e técnicas mais apropriados pretende-se otimizar a movimentação dos materiais, a ergonomia e segurança, a qualidade do produto, a agilidade e a produtividade do processo com a eliminação das atividades que causem desperdício ou não agreguem valor e das atividades irregulares (YAMASHINA, 2011).

No pilar *logistic* (L – logística) pretende-se criar fluxo produtivo contínuo, reduzindo a superprodução e os estoques e, por último, reduzindo a movimentação e manipulação dos materiais, pois movimentações repetidas e desnecessárias aumentam o custo (YAMASHINA, 2011).

Através dos passos de cada pilar e utilizando das ferramentas propostas foi possível alcançar os resultados pretendidos.

## 2.2 Descrição do Processo

Para melhor conhecimento do processo de montagem dos difusores de ar, foi realizado um mapeamento de cada uma das seis operações, buscando definir qual passo do processo é executado em cada operação, FIGURA 1.

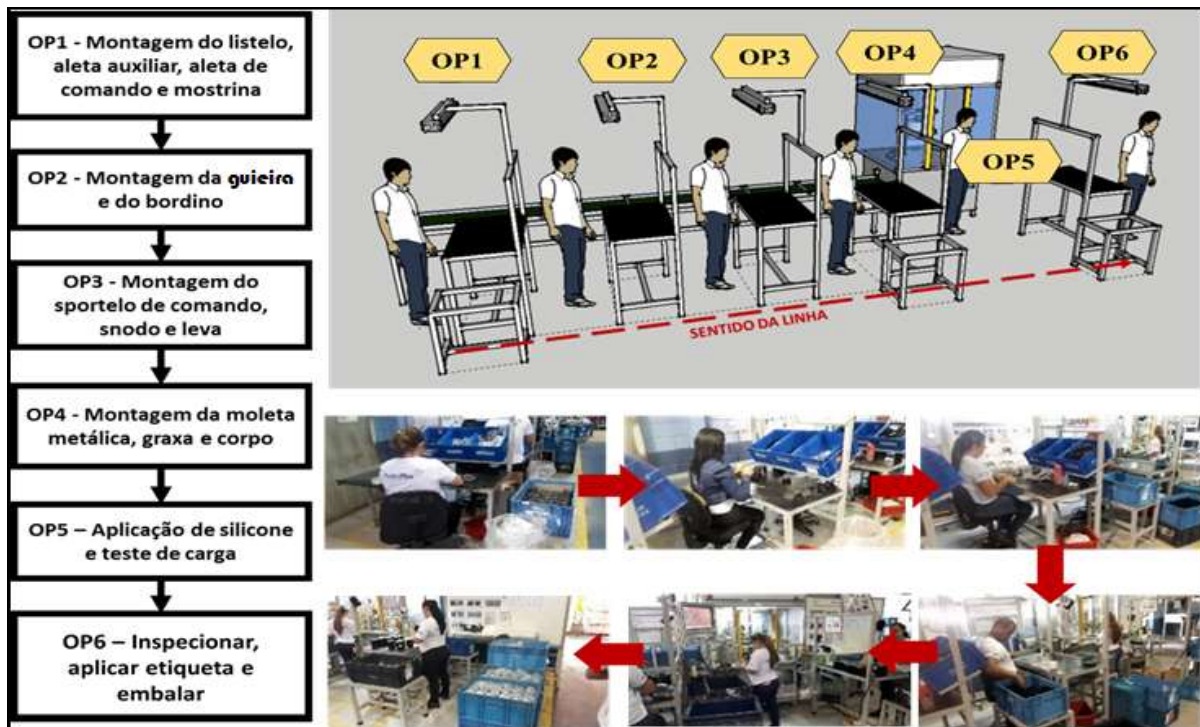


FIGURA 1 - Fluxograma de montagem dos difusores de ar no PM – 003. Fonte: Autoplas (2016).

A linha de montagem PM-003 é composta de 6 operações, sendo cinco bancadas de trabalho que realizam o trabalho conforme a FIGURA 1 e um dispositivo que realiza teste de carga no conjunto montado. O transporte entre as operações é realizado através de uma esteira que contém divisórias para não permitir que a peça se desloque por duas ou mais operações sem que haja montagem da operação anterior.

### 2.3 Descrição do Problema

Utilizou-se a metodologia 5G – *gemba, gembutsu, genjitsu, genri e gensoku* – para análise do problema e a partir dos pontos levantados e observados foram relacionados alguns itens que afetam diretamente no alto índice de NVAA e por consequência levam à baixa produtividade da linha de montagem PM-003, como:

- grande parte das operações de montagem não agregam valor ao produto;
- desbalanceamento entre as operações, causando tempo de espera elevado;
- acúmulo de peças na linha por montagem em “lotes”;
- operações sem padronização;
- atividades desnecessárias ou repetidas ao longo do processo de montagem.

Para descrever o problema foi utilizada a ferramenta 5W1H que, através das respostas aos questionamentos, possibilitou visão ampla do problema. No QUADRO 1 estão as respostas aos questionamentos da ferramenta 5W1H.



O quê? (What)	Alto índice de NVAA gerando perda de produtividade no PM-003, durante todo o processo produtivo.
Quando? (When)	O problema ocorre durante as atividades de montagem das 6 etapas do processo da linha e com maior perda durante o abastecimento das 4 primeiras etapas.
Onde? (Where)	Na célula de injeção CI-01, linha de montagem PM-003 (bochetas). Perdas de movimento identificados em todas as operações de produção.
Quem? (Who)	As etapas de montagem são realizadas pelos operadores de montagem. São 6 operadores, a maior parte da produção é no primeiro turno, mas é comum acontecer a necessidade de montar a peça no 2º turno também.
Qual? (Which)	É um problema crônico que acontece em todas as produções no PM-003. Nota-se que os tempos de produção e o desnivelamento da linha piora quando as peças são montadas gerando pequenos grupos nas operações. O problema é maior também em operações onde o operador precisa se ausentar com maior frequência para buscar componentes.
Como? (How)	Através dos indicadores de produtividade e de NVAA do posto. Além disso o descompasso e despadroneização da linha é visível quando acompanhada por certo período.
Problema reescrito: Baixa produtividade na linha PM-003, na CI-01 devido movimentação excessiva (NVAA), despadroneização e descompasso nas 6 operações de montagem da linha em ambos os turnos. Problema crônico observado principalmente nas ocasiões de abastecimento da linha pelos operadores e quando as peças são montadas em pequenos lotes nas operações.	

QUADRO 1 - Descrição do problema através da ferramenta 5W1H na linha PM-003. Fonte: Autoplas (2016).

## 2.4 Análise das causas

Para análise das causas do problema foi utilizada a metodologia *muri, mura e muda*.

*Muri* é uma ferramenta utilizada para análise e classificação ergonômica das atividades exercidas em um posto de trabalho que visa reduzir as atividades de nível 2 (moderado) e 3 (grave). A análise de *muri* não evidenciou nenhuma causa relacionada ao problema.

A análise de *mura* permite encontrar possíveis desbalanceamentos e variações entre atividades comparando o tempo de ciclo. Esta análise *mura* evidenciou como causa da baixa produtividade na PM-003 o alto índice de NVAA para retirar e descartar o saco plástico das *aletas* e dos *bordinos*.

O foco de *muda* está na descoberta de desperdícios, identificando e analisando as atividades de valor não agregado: observando e registrando os movimentos, analisando os movimentos e identificando as operações por valor agregado e sem valor agregado. A análise *muda* evidenciou-se o gargalo existente nas operações 2 e 4, que excedem ao tempo *takt*, e também a necessidade dos operadores ausentarem da linha para buscar componentes.

Para investigação de causa raiz empregou-se a ferramenta “5 Porquês”, conforme o QUADRO 2.



Modo de falha	1º por quê?	2º por quê?	3º por quê?	4º por quê?	5º por quê?
Alto NVAA para retirar e descartar o saco plástico das aletas e do bordino	porque o operador precisa retirar os componentes de sacos plásticos para dar continuidade à operação	porque os componentes vem em saco plástico	porque o fornecedor envia em saco plástico	porque no desenvolvimento do produto foi prevista a utilização do saco plástico	
Gargalo na operação 2 e 4	porque está acumulando peças nas operações 2 e 4	porque os operadores 2 e 4 estão saturados	porque a linha PM-003 está desbalanceada	porque houve falha no projeto inicial	porque não foi realizado estudo de balanceamento de linha no desenvolvimento inicial
Ausentar-se da linha para buscar componentes	porque o operador precisa se ausentar da linha	porque quando acabam os componentes o operador tem que buscá-los no supermercado na área externa da célula	porque é o próprio operador que abastece o gravitacional e a linha	porque não existe abastecedor na linha PM-003	

QUADRO 2 - Análise de causa raiz dos três modos de falhas encontrados pelo estudo de *muri*, *mura* e *muda* na PM-003. Fonte: Autoplas (2016).

### 3. Resultados

Após estudo sobre as causas relacionadas ao problema, foram estabelecidas ações que geraram os resultados descritos neste tópico. Depois de finalizado o projeto, passou de 67,00% para 45,00%, resultando em redução de 32,84% do índice do NVAA, conforme a FIGURA 2.



## Estudo de NVAA



Atividade - OPERAÇÃO 01	Duração (s)	VAA/NVAA/DES
Pegar Aleta de Comando posicionar na bancada (uma peça)	0,78	NVAA
Pegar Listello	1,20	NVAA
Pegar faquinha e Listello posicionando para a fixação	0,95	NVAA
Fixar Listello (1) na aleta de comando (1)	1,80	VAA
Pegar Aleta Auxiliar	0,87	NVAA
Montar listello na aleta auxiliar	1,68	VAA
Pegar mostrina	0,88	NVAA
Pegar conjunto pré montado (aletas + listello)	0,47	NVAA
Montar conjunto pré montado na mostrina	0,94	VAA
Pegar Bordino	0,65	NVAA
Montar Bordino na Monstrina	4,83	VAA
Posicionar peça montada na esteira	0,50	NVAA
Atividade - OPERAÇÃO 02	Duração (s)	VAA/NVAA/DES
Pegar Leva de Comando	0,98	NVAA
Pegar Snoodo e pré encaixar na Leva	1,02	NVAA
Pegar Alicate	0,70	NVAA
Cravar a leva no snodo com auxílio de alicate	2,01	VAA
Colocar alicate e conjunto pré montado na bancada	0,85	NVAA
Pegar Guieira e conjunto da etapa anterior na esteira	1,01	NVAA
Montar Guieira no conjunto	3,95	VAA
Pegar Conjunto na bancada	0,76	NVAA
Montar conjunto na Mostrina	2,47	VAA
Colocar conjunto na esteira	0,82	NVAA
Atividade - OPERAÇÃO 03	Duração (s)	VAA/NVAA/DES
Pegar Corpo	0,74	NVAA
Pegar a mola metálica	0,82	NVAA
Montar a mola metálica no corpo	1,05	VAA
Pegar pincel com graxa siliconada	0,80	NVAA
Aplicar a graxa siliconada na mola metálica	0,74	VAA
Recolocar pincel no local	0,84	NVAA
Pegar conjunto da etapa anterior na esteira	0,92	NVAA
Pegar Sportello	0,89	NVAA
Montar Sportello no conjunto	3,75	VAA
Montar conjunto no Corpo	3,05	VAA
Testar movimento da bochetta	0,87	NVAA
Posicionar peça na esteira	0,60	NVAA
Atividade - OPERAÇÃO 04	Duração (s)	VAA/NVAA/DES
Pegar etiqueta	0,85	NVAA
Pegar peça na esteira	0,91	NVAA
Colar etiqueta na peça	1,40	VAA
Pegar lata spray de silicone	0,72	NVAA
Aplicar silicone na peça montada	1,51	VAA
Colocar silicone de volta no suporte	0,98	NVAA
Realizar testes de movimentação na peça montada	1,12	NVAA
Encaixar peça no dispositivo de teste	1,51	VAA
Acionar o dispositivo de teste (botão vermelho)	1,12	VAA
Retirar a peça do dispositivo	0,72	NVAA
Pegar marcador industrial	0,61	NVAA
Marcar a peça	1,22	VAA
Colocar marcador de volta	0,78	NVAA
Colocar peça na caixa	1,14	NVAA

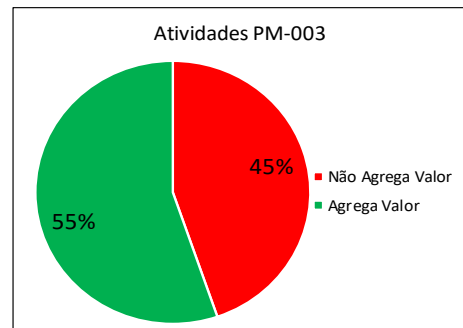


FIGURA 2 - Estudo de NVAA após rebalanceamento da PM-003. Fonte: AutoPlus (2016).

Após a implantação das ações propostas, uma nova análise da produtividade foi realizada, TABELA 1.



TABELA 1- Acompanhamento de produtividade 2016 – PM-003

ACOMPANHAMENTO DE PRODUTIVIDADE - PM-003												
	ANTES DO PROJETO									APÓS PROJETO		
	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16	dez/16
Nº Operadores	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4
Horas / Mês	298,64	192,95	134,63	115,25	98,65	104,63	72,55	89,7	103,95	84,2	96,45	65
Quantidade de Peças Produzidas	49159,00	29319,00	20173,00	14820,00	13744,00	12981,00	9890,00	11340,00	14876,00	14026	17522	11890
Produtividade (pcs / horas homem)	27,43	25,33	24,97	21,43	23,22	20,68	22,72	21,07	23,85	41,64	45,42	45,73
Média Período (pcs / horas homem)	24,26									44,21		

Fonte: Autoplas (2016).

Conforme apresentado na TABELA 1, a produtividade média, nos meses subsequentes à finalização do trabalho, passou de 24,26 para 44,21 peças / horas x homem, atingindo 82,19% de aumento da produtividade da linha. O aumento da produtividade é ainda acompanhado da redução dos dois operadores na linha PM-003.

Ainda apresentando os dados de produtividade, o GRÁFICO 1 representa a relação entre o aumento da produtividade e a quantidade de horas / mês.

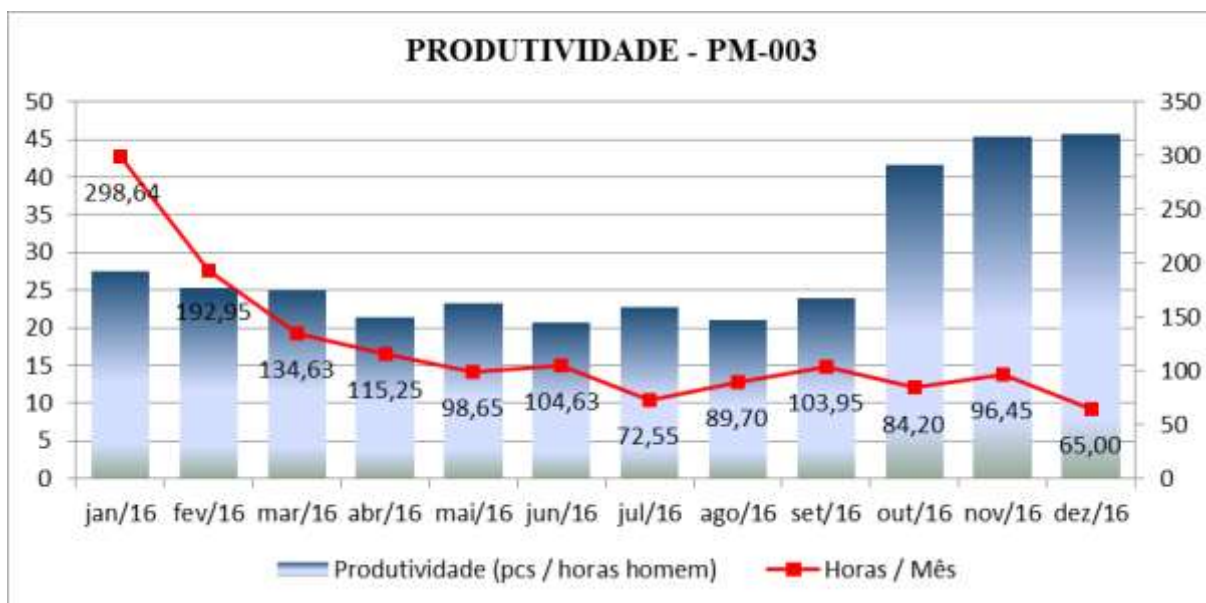


GRÁFICO 1 - Produtividade da linha PM-003. Fonte: Autoplas (2016).

Conforme observado, a redução do índice de NVAA foi de 32,84%, e a produtividade aumentou em 82,19%.

Além da melhoria dos resultados de produtividade, ressalta-se a melhoria no aspecto visual do ambiente, conforme a FIGURA 3.





FIGURA 3 - Linha de montagem PM-003 antes e depois da realização do projeto. Fonte: Autoplas (2016).

#### 4. Discussão

A produtividade na linha de montagem PM-003 foi medida com a utilização do indicador peças / hora x homem. No início do projeto a produtividade média da linha era de 24,26 peças / hora x homem. Como objetivo, esperava-se um aumento de 50% na produtividade, alcançando a marca de 35,12 peças / hora x homem no final do projeto. Realizadas as adequações na linha de montagem, no final do projeto, a produtividade média, nos meses subsequentes à finalização do *major kaizen*, passou de 24,26 para 44,21 peças / horas x homem, atingindo 82,19% de aumento da produtividade da linha. Esses dados são apresentados no GRÁFICO 2.

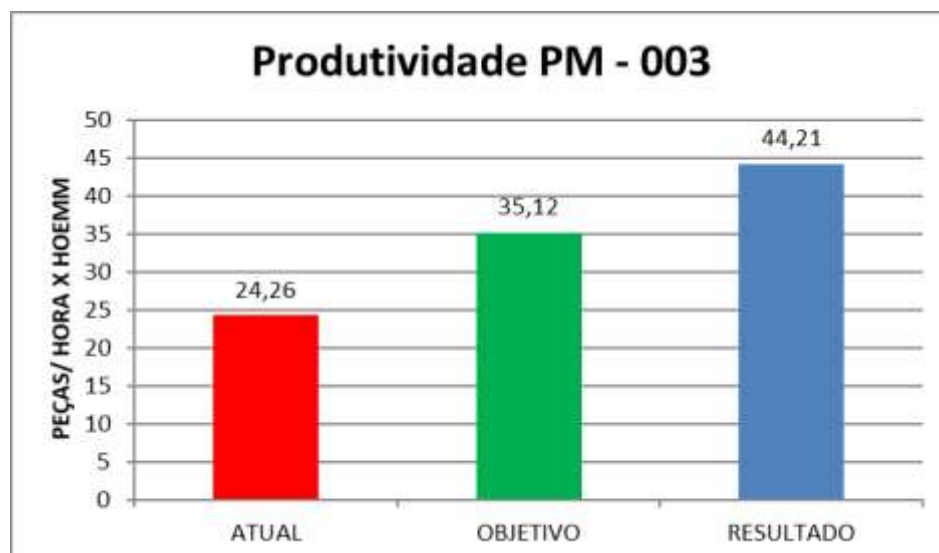


GRÁFICO 2 - Comparação objetivo e resultado anterior e atual de produtividade. Fonte: Autoplas (2016).

Conforme apresentado anteriormente, o NVAA presente na linha de montagem PM-003 era de 67,00%, sendo este um percentual elevado e que gerava grande perda para empresa e impactos negativos à produtividade. Assim, definiu-se também como objetivo do projeto a



redução de 20% no percentual de NVAA, passando de 67,00% para 53,60%. E após a finalização do projeto passou de 67,00% para 45,00%, resultando em redução de 32,84% do índice do NVAA, GRÁFICO 3.

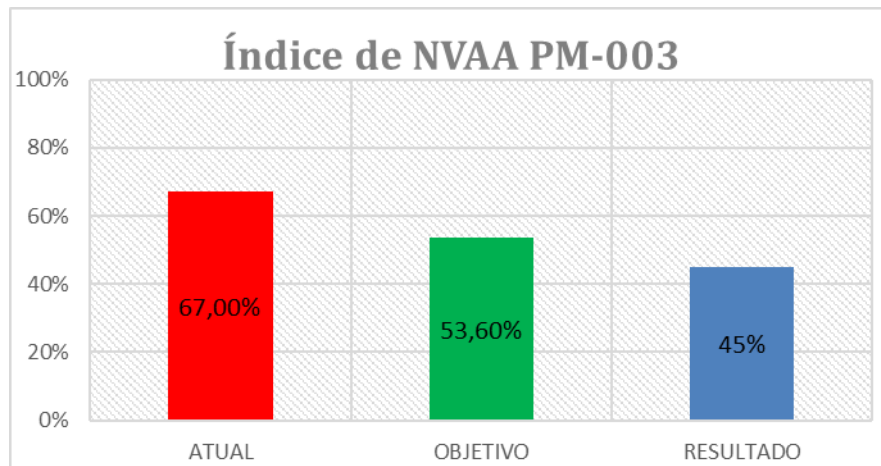


GRÁFICO 3 - Comparação objetivo e resultado anterior e atual do NVAA. Fonte: Autoplas (2016).

A redução do índice de NVAA impactou diretamente sobre o custo de produção da linha de montagem PM-003 reduzindo R\$ 4.784,48 com a eliminação das atividades sem valor agregado e dessaturação.

O GRÁFICO 4 apresenta um estudo de tempos após a realização do rebalanceamento da linha de montagem PM-003.

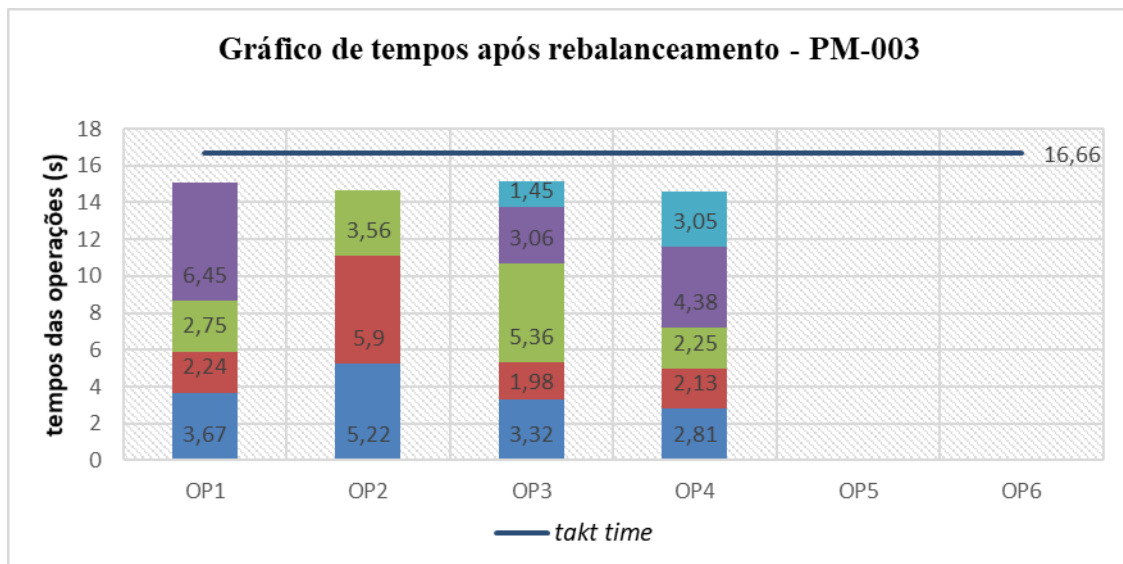


GRÁFICO 4 - Estudo de NVAA após rebalanceamento da PM-003. Fonte: Autoplas (2016).

É possível verificar o atendimento ao tempo *takt* que resultou em maior cumprimento dos prazos de entrega ao cliente. Também se ressalta que não há mais acúmulo de tarefas nas operações 2 e 4, evitando gargalos.

Após o rebalanceamento da linha reduzindo as atividades que não agregam valor foi possível reduzir duas operações que antes eram necessárias, que foram eliminadas após a



nova divisão das tarefas. A eliminação das duas operações reduziu em R\$ 78.619,20 os custos anuais com mão de obra para a empresa.

Os operadores precisavam se deslocar do posto de trabalho para o abastecimento dos componentes necessários à continuidade da operação. A causa raiz encontrada foi a não existência de um abastecedor na linha PM-003. Como proposta para eliminação da movimentação dos operadores para realizar o reabastecimento da linha, foi realizado um teste prático para verificar se seria possível utilizar o responsável pelo abastecimento das máquinas injetoras da CI-01 para o abastecimento da linha de montagem dos difusores de ar. O resultado foi positivo uma vez que, após o teste, verificou-se o abastecimento em ambos os locais sem espera por parte dos operadores da PM-003 e máquinas injetoras. O resultado foi a eliminação da movimentação dos operadores.

Não sendo mais necessário o deslocamento dos operadores para o abastecimento da linha, havendo um novo responsável para executar essa tarefa. Como consequência disso tem-se a eliminação do tempo de espera na linha de montagem PM-003.

Para sustentação dos ganhos alcançados com a realização do projeto, as instruções de trabalho foram alteradas de acordo com a nova sistemática de cada operação. Cada operador foi treinado no novo procedimento, garantindo assim a eficácia da padronização.

## 5. Conclusão

O setor automobilístico é bastante complexo e extremamente competitivo. Uma forma de se obter a sobrevivência de uma empresa no mercado é otimizar o planejamento e a organização do processo produtivo, de forma a reduzir ao máximo os desperdícios e atingir o menor custo de fabricação possível.

Através das ferramentas adotadas pela metodologia WCM, as empresas deste segmento estão a cada dia mais melhorando seus processos produtivos, utilizando os direcionadores do WCM para identificar as maiores perdas e diminuí-las de forma a reduzir o impacto destas nos resultados da empresa. Uma forma eficaz de atacar as perdas do processo produtivo é utilizando um *kaizen*, que é uma ferramenta desenvolvida através do ciclo PDCA, de forma a realizar a identificação do problema, elaborar um planejamento das ações necessárias para a solução e então agir de forma eficaz, obtendo os resultados e padronizando as ações para os processos similares já existentes ou para aqueles que serão desenvolvidos no futuro.

Os objetivos propostos neste trabalho foram o aumento de 50% da produtividade da linha de montagem dos difusores de ar e a redução de 20% do percentual de NVAA presente na linha. Através do estudo do problema e planejamento das ações, os objetivos foram alcançados e superados, obtendo um aumento de 82,19% de produtividade e redução de 32,84% do percentual de NVAA da linha de montagem PM-003.

## Referências

AUTOPLAS. *Arquivos internos da empresa*. Mateus Leme. 2016

RUIZ, João Álvaro. *Metodologia Científica: Guia para eficiência nos estudos*. 4 Ed. São Paulo: Atlas, 1996. 177 p.

YAMASHINA, H. *World class manufacturing: Métodos e ferramentas*. Material interno de aplicação WCM da empresa em estudo, 2011.