

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO

MBE EM *LEAN SIX SIGMA BLACK BELT*

APLICAÇÃO DO INDICADOR OEE PARA MELHORIA DE PRODUTIVIDADE EM
UM PROCESSO DE PRODUÇÃO CONTÍNUO

*APPLICATION OF THE OEE INDICATOR TO IMPROVE PRODUCTIVITY IN A
CONTINUOUS PRODUCTION PROCESS*

Rodinaldo Ferreira dos Santos* E-mail: rodinaldo.dosantos@gmail.com

Orientador: Prof. Ms. Renato de Boer

São Leopoldo, 2020

RESUMO: Com a contínua competição entre as empresas na busca de aumentar a fatia de participação no mercado em que atuam, a redução de custos de operação é a base para se manterem competitivas, e para isso, aumentar o volume de produção sem aumentar os custos é fundamental, contudo nos processos fabris existem os chamados gargalos que impedem ou restringem a capacidade de atenderem a demanda, impactando nos custos. Em vista disso, a utilização de indicadores se faz importante para a gestão da empresa tomar decisões importantes, entretanto, empresas de grande porte investem e buscam trabalhar com os indicadores corretos de acordo com seu processo fabril. Com base nisso, o presente artigo realiza um estudo de caso, apresentando a implantação do método OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) no setor de pintura de peças plásticas de uma empresa multinacional no qual possui vasta experiência na gestão de indicadores, porém possuía dificuldades na interpretação dos relacionados a medição das restrições do processo (gargalos). A implantação do OEE, foi justamente com o objetivo de substituir o método até então utilizado para medição de rendimento e com isso trazer assertividade nas interpretações, planos de ações robustos e melhoria na produtividade. O projeto de implantação passou pelo desafio de utilizar a ferramenta OEE em um fluxo de produção contínuo e para isso, utilizou-se do método GPT (Gestão do Posto de Trabalho), adequando a ferramenta e alcançando o resultado esperado na redução das restrições e melhoria no rendimento do setor

Palavras-chave: Restrições de Processos Industriais. IROG – Índice de Rendimento Operacional Global. Gestão do Posto de Trabalho.

ABSTRACT: With the continuous competition between companies in the quest to increase their market share in which they operate, the reduction of operating costs is the basis for remaining competitive, and for that, increasing the volume of production without increasing costs is fundamental, however, in the manufacturing processes there may be so-called bottlenecks that prevent or restrict the ability to meet demand, impacting costs. In view of this, the use of indicators is important for the company's management to make important decisions, however, large companies invest and seek to work with the correct indicators according to their manufacturing process. Based on this, the present article carries out a case study, presenting the implementation of the OEE (Overall Equipment Effectiveness) method in the bumper painting sector of a multinational company in which it has extensive experience in the management of indicators, but had difficulties in interpretation of those related to the measurement of process restrictions (bottlenecks). The implementation of OEE, was precisely with the objective of replacing the method used until then to measure yield and thereby bring assertiveness in interpretations, robust action plans and improvement in productivity. The implementation project went through the challenge of using the OEE tool in a continuous production flow and for that, it used the GPT (Workplace Management) method, adapting the tool and achieving the expected result in reducing restrictions and improving in the sector's income.

Keywords: Industrial Process Restrictions. IROG – Global Operating Income Index. Workplace Management.

1 INTRODUÇÃO

Com o mundo cada vez mais globalizado, novas tecnologias surgindo a cada dia, é comum evidenciar o aumento na produção dos bens de consumo e com isso novas empresas vão surgindo, o que aumenta consideravelmente a competitividade. Esse aumento faz com que as empresas busquem abrir mercado com produtos de qualidade e baixo custo, reduzindo suas margens de ganho. De acordo com Marino (2006), as empresas por precisarem constantemente aperfeiçoar produtividade, eficiência entre outros, necessitam de uma boa estrutura e nesse contexto adotaram ações com o objetivo de readequação de técnicas a fim de transformarem seus fluxos de produção mais eficientes, tornando-se mais competitiva, combinando as estratégias com mercado e a manufatura.

Slack, Jones e Johnston (2015), tratam da importância de as empresas entenderem que os mercados querem, pois só assim assegurarão as prioridades corretas para seus objetivos de

desempenho. Para Porter (1989), a concorrência na indústria é uma constante e ser competitiva está na essência do negócio.

Dessa forma, entende-se o quanto cada empresa deve estar preparada para enfrentar a competitividade. Antunes *et al.* (2013), relatam que as empresas tiveram que buscar serem competitivas melhorando a eficiência em seus processos produtivos e de gestão desde a crise do petróleo na década de 70, entretanto a competitividade tornou-se mais acirrada a partir da crise de 2008 e com isso, as empresas tiveram que se concentrarem nos seus critérios competitivos.

Partindo dessa ideia, Slack, Jones e Johnston (2015), tratam da importância do gerenciamento para buscar formas de atender as demandas através de alternativas para aumento da capacidade. Amaral *et al.* (2015), também tratam do gerenciamento, contudo consideram eliminação de gargalos, estudo de postos de trabalho como fontes de melhoria para capacidade.

Fazendo uma correlação entre capacidade produtiva e competitividade, podemos ter um entendimento que ambas as questões possuem total relação, apesar da competitividade também possuir relação com outros fatores. Dessa maneira, Porter (2001) relata que as organizações necessitam identificarem o que influencia sua competitividade e dessa maneira buscar um melhor desempenho com base em estratégias de sucesso que devem ser mantidas e substituídas somente nos casos de não agregarem mais valor.

Baseado nisso, o presente artigo busca através de um estudo de caso no setor de pintura de peças plásticas de uma indústria multinacional, apresentar através do método GPT (Gestão do Posto de Trabalho), a implantação da ferramenta OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), em uma linha de produção contínua, definindo a mesma como indicador de rendimento, substituindo o método de análise anterior, no qual media o tempo parado. De acordo com Hansen (2006), o OEE faz uma medição sobre três aspectos: Disponibilidade x Performance x Qualidade e o resultado serve como referência para um indicador sistêmico de produção. Assim sendo, a implantação da ferramenta, auxiliará os gestores do setor a terem uma melhor base de dados para melhor tomada de decisões e conseqüentemente melhores resultados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IROG – Índice de Rendimento Operacional Global

O IROG (Índice de Rendimento Operacional Global), é um indicador de eficiência, que segundo Antunes *et al.* (2013), surgiu como método de medição proposto pela ferramenta denominada MPT (Manutenção Produtiva Total), que na sigla em inglês é conhecida como

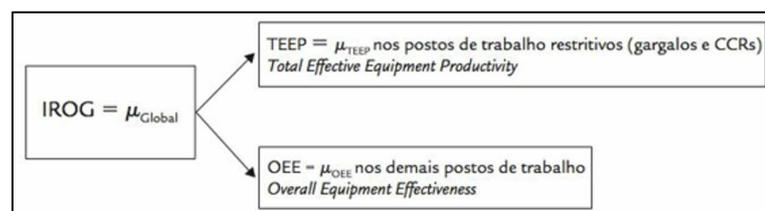
TPM (*Total Productive Maintenance*), que foi desenvolvida durante a criação dos sistemas de produção enxuta.

Nakajima (1984), baseia o TPM (*Total Productive Maintenance*) em cinco conceitos:

- a) Maximização da eficiência dos equipamentos (OEE);
- b) Manutenção preventiva;
- c) Implementação realizada em conjunto pela Diretoria, Engenharia, Manutenção e Produção;
- d) Envolvimento dos funcionários;
- e) É multifuncional (aplicável em diversos departamentos).

De forma resumida, Nakajima (1989), trata o TPM como uma forma de manutenção no qual possui a participação de todos os funcionários. Antunes *et al.* (2013), citam que “o propósito da MPT é “manter” os equipamentos operando por meio de um sistema de gestão para aumentar a eficiência operacional deles, eficiência essa que é medida pelo IROG” (ANTUNES *et al.*, 2013, p. 27). Segundo os mesmos autores, o IROG é o índice de rendimento operacional global e é calculado de acordo com o posto de trabalho, seguindo dois conceitos apresentado a seguir:

Figura 1 - Conceitos de TEEP e OEE



Fonte: Antunes *et al.* (2013, p. 36).

De acordo com Antunes *et al.* (2013), o TEEP considera o tempo calendário, ou seja, não considera paradas programadas como refeição, ginástica entre outros e é utilizado nos postos de trabalho restritivos (gargalos), já o OEE é utilizado nos demais postos de trabalho e considera o tempo calendário subtraindo o tempo total de paradas programadas.

Antunes *et al.* (2013), define o IROG como a apuração da multiplicação de três índices: disponibilidade (μ_1), desempenho (μ_2) e qualidade (μ_3). O resultado dessa multiplicação é o percentual de eficiência alcançado no qual Hansen (2006), destaca que um resultado abaixo de 65% são inaceitáveis, ou seja, a empresa está perdendo dinheiro, os resultados entre 65% e 75% desde que apresentam crescimento trimestrais são aceitáveis e uma faixa de alto padrão de

qualidade está entre 75% e 85%. De acordo com o mesmo autor, para processos em lotes a classe mundial é acima de 85% e para processos contínuos é de 90%, contudo indústrias de fluxo contínuo deve ser 95% ou acima disso.

Antunes *et al.* (2013), apresentam a equação do IROG:

Equação 1 - IROG de um posto de trabalho

$$\mu_{\text{global}} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3$$

Fonte: Antunes *et al.* (2013, pág.39).

Para o cálculo da equação citada, deve-se realizar o cálculo de cada um dos índices, conforme apresentado por Antunes *et al.* (2013):

- a) Índice de disponibilidade (μ_1): Mede o tempo de disponibilidade do posto de trabalho, ou seja, tempo disponível menos o tempo de paradas.

Equação 2 - Índice de disponibilidade

$$\mu_1 = \frac{\text{Tempo Disponível} - \sum \text{Tempo Paradas}}{\text{Tempo Disponível}}$$

Fonte: Antunes *et al.* (2013, p. 40).

- b) Índice de performance (μ_2): Mede o desempenho do posto de trabalho em função da produção total (peças conformes e não conformes) e do tempo real de produção (tempo disponibilizado para operação).

Equação 3 - Índice de performance

$$\mu_2 = \frac{\text{Tempo de Produção Total}}{\text{Tempo Real de Operação}}$$

Fonte: Antunes *et al.* (2013, p. 40).

- c) Índice de qualidade (μ_3): Mede a qualidade dos produtos produzidos considerando o tempo de produção total, quando itens conformes e não conformes são produzidos, mas também pode ser alcançado aproximadamente considerando o total de itens conformes e não conformes, desde que os tempos de produção dos diferentes itens sejam aproximadamente iguais.

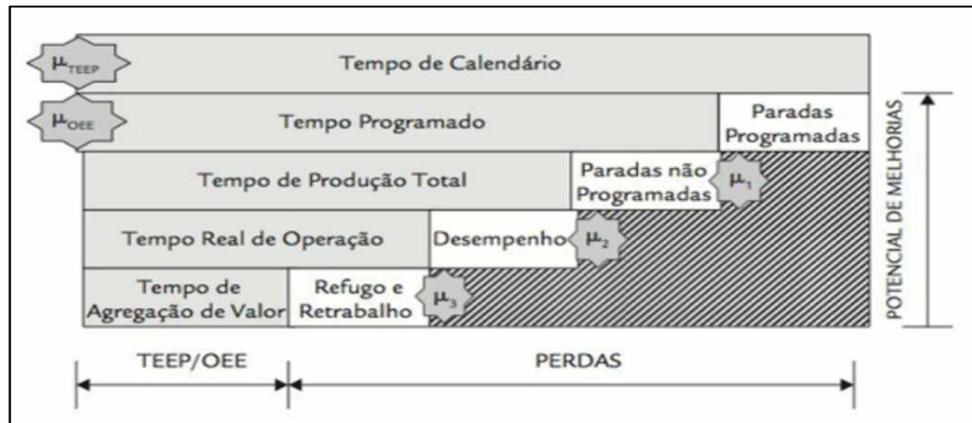
Equação 4 - Índice de qualidade

$$\mu_3 = \frac{\text{Quantidade de itens conformes (bons)}}{\text{Quantidade de itens bons} + \text{quantidade de itens fora de especificação}}$$

Fonte: Antunes *et al.* (2013, p. 40).

De acordo com Antunes *et al.* (2013), o tempo calendário (TEEP) e o tempo programado (OEE), vão se reduzindo em função das perdas do processo, conforme resultado dos índices, até chegar efetivamente no tempo de agregação de valor e é nessa diferença que existe a possibilidade de melhorias a serem realizadas a fim de aumentar a eficiência da operação.

Figura 2 - Relação entre tempos e índices de eficiência



Fonte: Antunes *et al.* (2013, p. 43), adaptado de Nakajima (1989, p. 25).

Considerando que a empresa estudada utiliza o tempo programado, o método utilizado irá ser o OEE, que conforme Williamson (2006), o uso da Eficiência Global de Equipamento é o início para o aumento do conhecimento. De acordo com Chiaradia (2004), o indicador é considerado importante por medir a operação e independe do TPM, método onde nasceu o indicador. Segundo Hansen (2006), o OEE tem a finalidade de mostrar aos gestores o que está oculto no processo e sem a implantação deste indicador a empresa pode tornar-se menos competitiva.

2.2 Restrições de Processos Industriais

Quando se trata de produtividade no setor industrial, observa-se o que limita a empresa ou setor de produzir mais, são seus gargalos, suas restrições.

Na década de 1980, o Israelense Eliyahu M. Goldratt realizou o estudo denominado de Teoria das Restrições (TOC - *Theory of Constraints*), no qual representou uma empresa como se fosse uma corrente, que possuía elos independentes, porém alguns desses mais fracos, que impediria a empresa de alcançar um melhor rendimento. Esses elos fracos são considerados as restrições. Lozada cita que essa teoria “[...] objetiva maximizar resultados da organização por meio do melhor gerenciamento dos recursos disponíveis” (LOZADA, 2017, pg. 73).

Aleixo e Segreti (2004), definem que situações nas quais limitam o desempenho de toda empresa são consideradas restrições e nesse contexto, os autores trazem exemplos de restrição externa, definida por uma situação de mercado que gera uma imposição resultante em uma pouca procura do produto e restrições internas, relacionadas a máquinas que não atendem a capacidade das demais.

Goldratt e Cox (1993), o TOC busca direcionar a empresa a atingir suas metas através da busca de melhorias a fim de fortalecer os elos mais fracos, reduzindo e/ ou eliminando suas restrições.

Goldratt e Cox (1993) mencionam os 5 passos para aplicação do TOC:

- 1) Identificar as restrições do sistema;
Fábrica organizada para identificar as restrições;
- 2) Decidir como explorar as restrições;
Identificar como explorar as restrições;
- 3) Subordinar os demais recursos;
Os recursos devem trabalhar no ritmo da restrição;
- 4) Elevar a restrição;
Aumentar a produção da restrição;
- 5) Procurar por outras restrições;
Buscar o ciclo de melhoria no processo.

Cox e Schleier Jr. (2010) tratam que de acordo com Goldratt (1993), quebra de máquinas, qualidade de materiais e falta deles, além do absenteísmo, variação de comportamentos entre outros, geram efeitos indesejáveis com a redução na cadência de produção, influenciando no balanceamento de fluxo e capacidade. Os mesmos autores citam que devido ao impacto dos gargalos, medidas que eram consideradas ineficazes agora são reconhecidas como as mais importantes.

Nessa linha de raciocínio, de acordo com Ferreira (2007), a capacidade da restrição é quem dita a cadência do processo de produção, ou seja, para que a capacidade seja aumentada, os esforços devem estar focados na melhoria da restrição.

De acordo com Cox e Schleier Jr. (2013), não menos importantes são os não gargalos, que por difícil monitoramento, deve-se definir um sistema com que evite a superprodução, o que pode gerar estoques intermediários (denominados pulmões), gerando custos desnecessários e o gerenciamento disso se faz importante. Nesse mesmo contexto, os autores também citam que o conceito de “mais melhor” é correto dentro de um limite, pois existe uma

interdependência com as restrições, dessa forma, não analisar as restrições com as não restrições pode prejudicar seriamente o desempenho. Os autores citam “Uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida em todo o sistema; uma ganha em um não gargalo é uma ilusão” (COX; SCHLEIER JR., 2013, p. 4).

Com o tratamento sobre as restrições, busca-se a melhoria na produtividade, que de acordo com Moreira (2011), possui conexão direta com a eficiência da produção, pois tem relação com o melhor ou pior aproveitamento dos recursos. De acordo com o mesmo autor, o crescimento da produtividade resulta nos seguintes ganhos:

- a) Aproveitamento de todo o processo;
- b) Redução de custos (produção e serviços);
- c) Melhores condições de investimento;
- d) Melhores condições de trabalho;
- e) Mais assistência aos funcionários;
- f) Aumento na competitividade.

De acordo com Cox e Schleier Jr. (2013), também existem os gargalos flutuantes ou múltiplos, que de acordo com a sazonalidade ao longo do tempo e mix de produtos, podem vir a mudarem. Os autores citam Lawrence e Buss (1994), afirmando que “[...] os índices de utilização equilibrados aumentam o problema de mudança de gargalo. Além disso, eles afirmam que aumentar a capacidade nos recursos não gargalo é a “melhor promessa” para melhorar o desempenho da produção” (COX; SCHLEIER JR., 2013, p. 173).

2.3 Gestão do Posto de Trabalho (GPT)

A eficiência do processo geralmente está relacionada ao uso de ferramentas de gestão que auxiliam os gestores nas tomadas de decisões, contudo, por vezes ocorrem dificuldades na implantação e até mesmo no seguimento delas, muito por conta da falta de um método de implantação. Slack, Jones e Johnston (2015), relatam sobre o quanto as intervenções em um processo podem ser feitas de modo repetitivo e isso geralmente ocorre com frequência, facilitando o controle, contudo quando se mostram ao contrário, não sendo repetitivas, se perde a oportunidade de aprender sobre tal situação.

A gestão do posto de trabalho (GPT), é uma forma de conduzir a implantação das ferramentas de forma a terem melhor assertividade. Antunes *et al.* (2013), relatam que as empresas podem aproveitar melhor seus ativos, reduzindo investimentos de capital utilizando o

método GPT. Os mesmos autores relatam que muitas ações já realizadas pela empresa fazem parte do GPT, como gestão da produtividade, gestão da eficiência dos equipamentos, metodologia 5s, melhoria e redução de tempo de preparação das máquinas, redução da geração de refugos, redução dos tempos de processamento, segurança do trabalho e ergonomia.

Antunes (2008), relata que a ação dessas diversas atividades simultaneamente pode gerar a perda de foco por parte dos colaboradores, por se tratar de ações não integradas e não sistêmicas. Esse conjunto leva a questionamentos da gestão sobre o que deve ser seguido pela operação, se os postos de trabalho devem ser administrados de forma igual e se existe indicadores capazes de envolver e integrar a todos que trabalham no posto de trabalho. O mesmo autor relata que buscar melhorias nas máquinas, principalmente nas restritivas necessita de uma ação conjunta da equipe, rompendo as rotinas de tratamento dos problemas na gestão dos postos de trabalho, que se faz melhorando a utilização dos ativos, aumentando a capacidade e a flexibilidade da produção.

Antunes *et al.* (2013), abordam o foco de implantação do método GPT, que resumidamente traz:

- a) Foco na melhoria dos pontos restritivos do sistema (gargalos);
- b) Utilizar medidor de eficiência global;
- c) Identificar principais causas de ineficiência dos equipamentos;
- d) Realizar planos de melhoria nos postos de trabalho condizentes com os resultados globais que a empresa objetiva.

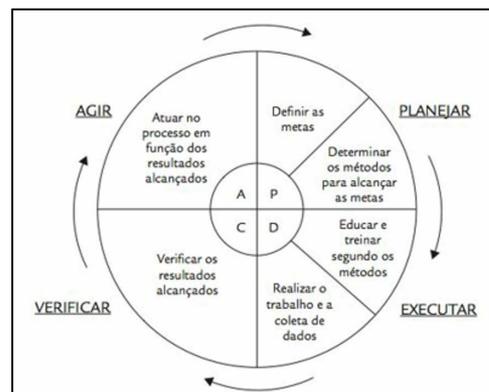
De acordo com os mesmos autores, o método se trata de um modelo que reordena e traz como reconceito as práticas de visão sistêmica, integração/ unificação e foco nos resultados. Para a implementação do método, os autores definiram 15 passos (ANTUNES *et al.*, 2013, p. 67-79):

- 1) Definir os colaboradores a serem envolvidos na implementação do método GPT: construir a matriz de responsabilidades;
- 2) Codificar uma tipologia padrão para registrar as causas de parada nos postos de trabalho;
- 3) Definir a forma de coleta de dados no chão de fábrica: diário de bordo (DB) ou *software*;
- 4) Definir a forma de registro dos dados: planilha eletrônica ou painel de gestão eletrônico;
- 5) Definir os postos de trabalho a serem monitorados;
- 6) Definir a rotina de coleta e substituição dos diários de bordo (DB);

- 7) Definir o método de gestão do posto de trabalho como método a ser utilizado nos postos de trabalho monitorados;
- 8) Treinar os operadores envolvidos com o método GPT;
- 9) Registrar todas as anotações do dia a dia da produção nos DBs ou coletores eletrônicos de dados;
- 10) Digitar os dados em planilha eletrônica ou painel de gestão eletrônico;
- 11) Obter e analisar os valores iniciais do Índice de Rendimento Operacional Global – IROG e demais índices de eficiência a partir da planilha eletrônica ou painel de gestão eletrônico;
- 12) Implementar a gestão visual;
- 13) Estabelecer metas para os valores da eficiência operacional;
- 14) Elaborar plano de ação (PA) de melhorias com objetivo de elevar os índices de Disponibilidade ($\mu 1$), Desempenho ($\mu 2$) e Qualidade ($\mu 3$);
- 15) Implementar as ações de melhoria propostas no plano de ação.

De acordo com Antunes *et al.* (2013), o método PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), é utilizado na implementação do GPT, no qual os 15 passos estão relacionados a etapa Planejar (P).

Figura 3 - Método PDCA para implementar o método GPT



Fonte: Antunes *et al.* (2013, p. 43), adaptado de Falconi (1994, p. 195).

Vieira Filho cita que “[...] o PDCA é um método que gerencia as tomadas de decisões de forma a melhorar atividades de uma organização sendo, também, muito explorado na busca da melhoria da performance.” (VIEIRA FILHO, 2010, p. 24).

Para Costa (2007), o PDCA organiza as melhorias sucessíveis em círculos, compostos pelas fases P (*Plan*), D (*Do*), C (*Check*) e A (*Act*) e consiste também na implantação das mudanças estratégicas.

Como plano de melhoria e manutenção dos resultados do método GPT, Antunes *et al.* (2013), citam o método SDCA, semelhante ao PDCA, substituindo a etapa Planejar (P) pela etapa Padronizar (S – *Standard*). O método de manutenção deve ser utilizado após ser atingido a meta definida de eficiência operacional (IROG). Contudo, os autores definem 5 passos que devem ser realizados (ANTUNES *et al.* 2013, p. 80-88):

- a) Padronizar os procedimentos operacionais e gerenciais com vistas à manutenção dos resultados obtidos com a implementação do método GPT;
- 16) Treinar os colaboradores;
- 17) Realizar as atividades de rotina para manutenção e melhoria dos resultados;
- 18) Realizar reuniões periódicas para manutenção e melhoria dos resultados;
- 19) Realização de melhoria contínua no método GPT.

Antunes *et al.* (2013) definem que reuniões periódicas devem ser realizadas a fim de analisar a manutenção e melhoria dos resultados, tendo como base os valores dos índices de eficiência (IROG). Os mesmos autores definem que as reuniões semanais devem ser utilizadas para análise de anomalias, revisão dos planos, incorporação de novas ações e devem ser realizadas em todos os turnos de trabalho e as reuniões mensais devem serem utilizadas para avaliarem os resultados globais, os planos de ações, as reincidências, evolução dos indicadores, entre outros, também com base no IROG.

3 METODOLOGIA

O presente artigo concentra-se em um estudo de caso em um processo de produção de pintura de peças plásticas de uma indústria multinacional. Yin (2001, p. 32) define como “Uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”. Para Rauen (2002, p. 210), “estudo de casos é uma análise profunda e exaustiva de um ou de poucos objetos de modo a permitir o seu amplo e detalhado conhecimento”.

Yin (2001), ainda trata que o estudo de caso busca através de fenômenos específicos uma compreensão e interpretação mais profunda, possibilitando através de seu resultado uma propagação do aprendizado, por meio de desenvolvimento de ideias teóricas que podem surgir. Segundo o mesmo autor, o estudo de caso “[...] reside em sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências, documentos, artefatos, entrevistas e observações.” (YIN, 2001, p. 27).

No presente artigo, o método utilizado foi de Observação Participativa, pois foram utilizadas análises do próprio autor, avaliando planilhas de controle, gráficos e o processo em um todo, além disso, ocorreu o acompanhamento das atividades desenvolvidas pelos técnicos responsáveis pela a área em estudo. Dessa maneira, Yin (2001, p. 116), considera essa forma como “[...] uma modalidade especial de observação na qual você não é apenas um observador passivo. Em vez disso, você pode assumir uma variedade de funções dentro do estudo de caso”.

Atualmente a empresa estudada atua em três turnos, divididos nas áreas de produção, administrativa, financeira, logística, entre outras. O objetivo do estudo foi, através do acompanhamento do processo, identificar como era realizado o controle dos gargalos ou restrições e de que forma eram tratados os problemas a fim de serem solucionados. Atualmente o processo possui a capacidade máxima de volume hora de oitenta e oito conjuntos (painel dianteiro somado ao painel traseiro), com o objetivo de volume atingido ao final da hora de sessenta e seis conjuntos.

A necessidade de atender a linha de montagem são de sessenta e três conjuntos hora, os setenta como objetivo de pintura por hora são para compensar possíveis rejeições de qualidade ou outros problemas durante o processo. Partindo disso, o problema se dá pela dificuldade de mensurar os possíveis gargalos e assim reduzir a diferença entre capacidade máxima e volume atingido, melhorando a eficiência hora a hora, pois o controle existente não possibilita a identificação clara.

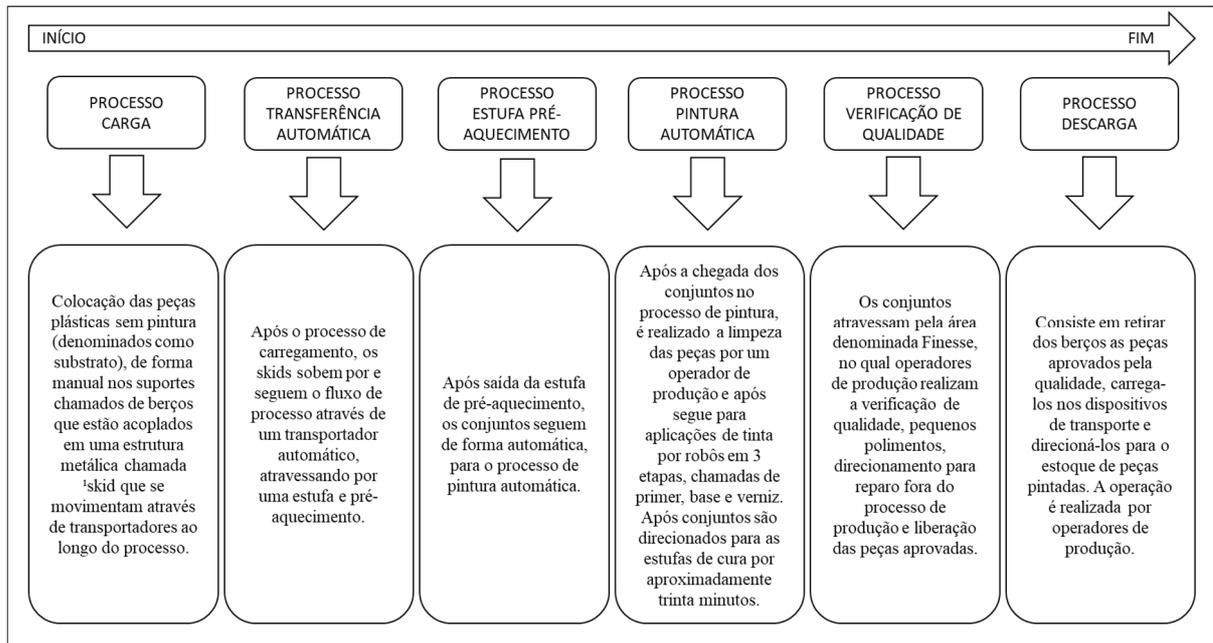
Para o desenvolvimento do estudo de caso, foi utilizado o levantamento de dados ocorridos através do acompanhamento de cada etapa do processo, sendo avaliados todos os controles existentes que o envolvem, além disso, participou-se na prática do processo de tomada de tempo, comparação de resultados, confirmando dessa maneira a dificuldade de identificar os gargalos e através do método GPT, o desenvolvimento das ações para melhoria do processo.

O acompanhamento de todo esse processo através da metodologia utilizada, contribuiu nos resultados obtidos para a avaliação dos pontos considerados como gargalos e na implantação da ferramenta OEE para obtenção de melhores resultados.

4 ESTUDO DE CASO

Conforme já mencionado, o estudo de caso concentra-se na aplicação da ferramenta OEE em um processo de fluxo contínuo no setor de pintura de peças plásticas de uma indústria do setor automotivo. Para melhor visualização e análise do estudo, a figura 4 apresenta o mapa de processo desenvolvido que representa o fluxo contínuo utilizado pela organização:

Figura 4 - Fluxo contínuo do processo de pintura de peças plásticas



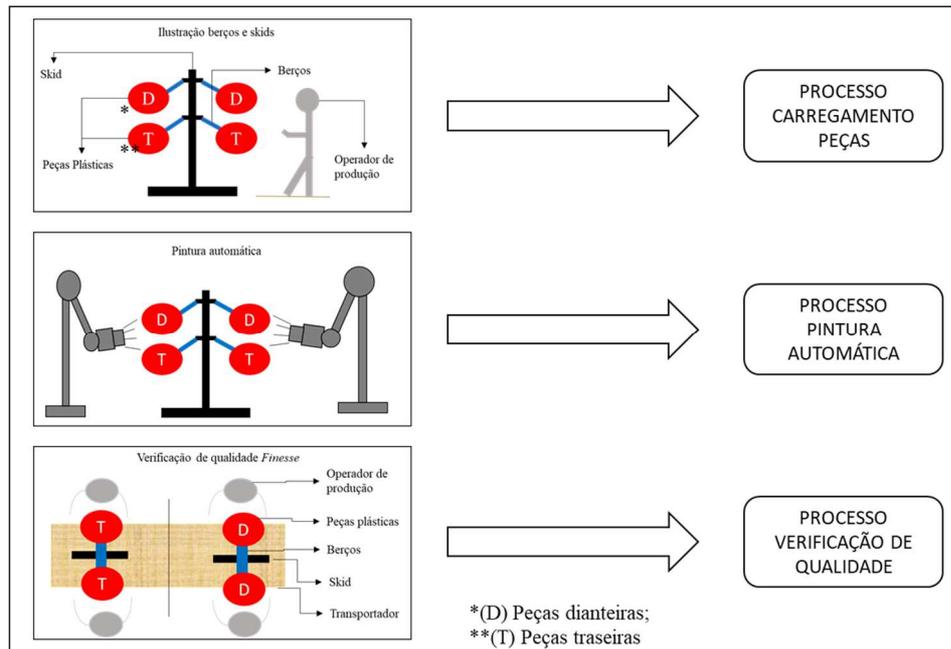
Fonte: Elaborado pelo autor, com base no trabalho realizado.

O processo inicia pelo carregamento de forma manual das peças nos skids¹, seguindo pelas etapas automáticas de transferência, estufa de pré-aquecimento e pintura que neste caso, é realizada por robôs. A movimentação é realizada por transportadores, sendo que o tempo de atravessamento dessas etapas é de 90 minutos. Na sequência existem as etapas manuais de verificação de qualidade e descarga de peças, contudo, o atravessamento também é automático, dessa forma, o processo se caracteriza como uma linha de produção contínua.

A figura 5, ilustra para uma melhor compreensão, as estruturas metálicas denominadas de berços e skids, a pintura automática e a etapa de verificação da qualidade:

¹ Skid é uma estrutura metálica que é movimentada ao longo do processo de pintura sobre o transportador automático e possui a finalidade de transportar duas peças dianteiras e duas peças traseiras, sendo um distinto de cada lado, sendo as peças dianteiras na parte superior e as peças traseiras na parte inferior.

Figura 5 - Etapas do processo de pintura de peças plásticas



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no trabalho realizado.

4.1 Processo Anterior para Análise de Rendimento

Por se tratar de um processo de produção contínuo, não existia no setor uma forma robusta de medir o rendimento de produção, a área praticava alguns controles e cálculos baseado somente na disponibilidade que direcionavam para um resultado, porém não conseguiam efetivar ações a fim de melhorar o mesmo e com isso, geravam dificuldades de interpretações por parte dos gestores, pois tratavam do indicador somente no fechamento dele ao final de cada mês. Essa dificuldade direcionava para o apontamento de uma área específica do processo como sendo gargalo. Por essa razão e com o objetivo de identificar de maneira concreta a existência de gargalos para trata-los e assim melhorar o rendimento de produção do setor, utilizando-se do método GPT (Gestão Posto de Trabalho), conforme referenciado por Antunes *et al.* (2013), partiu-se para implantação da ferramenta OEE, considerando o conjunto das etapas de produção contínua como um posto de trabalho.

O quadro a seguir, apresenta o resultado de como era feito a medição do rendimento do setor antes da implantação do OEE e os erros identificados:

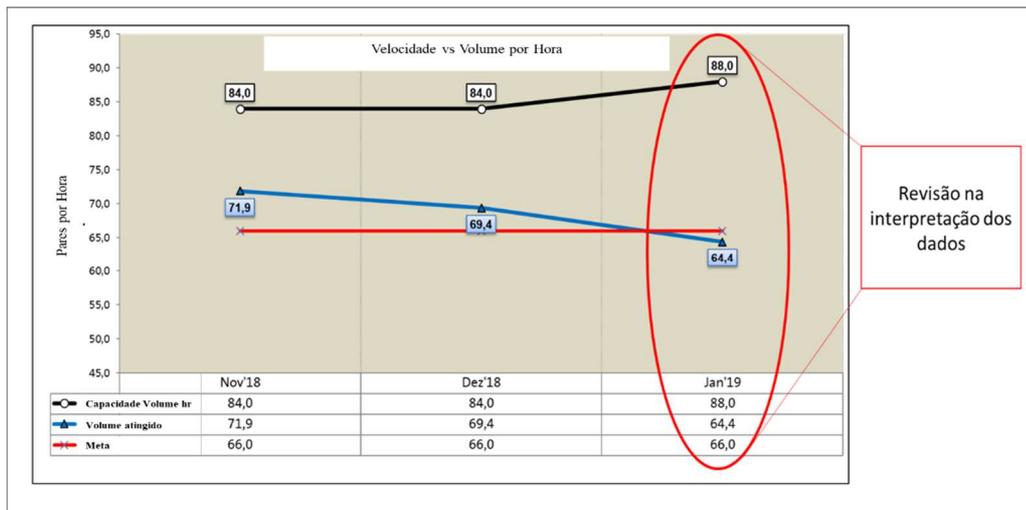
Quadro 1 - Resultado do método de medição de rendimento

Medição antes da Implantação OEE	Etapas de leitura do sistema eletrônico	Forma de medição	Resultado	Erros
Leitura de sistema eletrônico que apresenta automaticamente a quantidade para-choques processados	Processo de carregamento de para-choques	Total de skids processados (cada skid transporta 2 para-choques dianteiros e dois para-choques traseiros (dois conjuntos))	Contagem de skids considerando todos com conjuntos completos	Skids com conjuntos incompletos e/ ou vazios (ocorre isso para nivelar estoque), eram contados como completos
	Processo verificação da Qualidade (Finesse)	Capacidade de processamento de skids por hora	Capacidade de 42 skids por hora (84 conjuntos)	A tomada de tempo não foi medida de forma correta e na realidade a capacidade é de 44 skids por hora (88 conjuntos)

Fonte: Elaborado pelo autor, com base no trabalho realizado.

Com base na análise da tabela, antes da implantação do OEE, definiu-se realizar uma nova medição dos dados do processo de produção, eliminando os erros encontrados e comparando com dois meses anteriores no qual as medições apresentavam os problemas. O resultado é apresentado no gráfico 1:

Gráfico 1 - Gráfico de análise de eficiência



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no trabalho realizado.

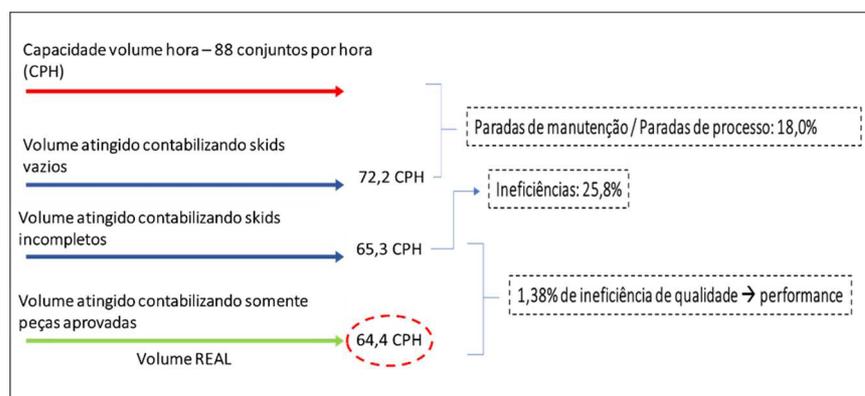
Através do gráfico que compara os meses de novembro e dezembro de 2018, que refletem como eram interpretados os dados através do sistema eletrônico, com o mês de janeiro de 2019, que apresenta o resultado com a mudança na interpretação deles, observa-se uma diferença significativa no que é considerado como capacidade de volume hora e volume atingido. Em relação a meta de volume, só era atingida através de revezamentos de operação durante os horários de intervalos, o que até então não aparecia nos cálculos.

A figura 6 mostra a análise realizada que comprovou que a interpretação até então utilizada gerava informações errôneas do rendimento do processo. Foram resgatados os dados

registrados no mês de novembro como volume atingido e descontado os *skids* processados vazios e com conjuntos incompletos (antes considerados como completos), o que gerou o volume real atingido de 64,4 conjuntos por hora (igual volume atingido no mês de janeiro), insuficiente para atingir a meta de 66 CPH (conjuntos por hora), o que explica as estratégias de revezamento de intervalos realizadas neste mês pelo setor para atingir a meta de volume.

Para a análise, foi incluído a capacidade de volume hora real e calculado os percentuais de ineficiências.

Figura 6 - Resumo da interpretação dos dados



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no trabalho realizado.

As paradas de manutenção possuem relação a intervenções para corrigir problemas em transportadores e robôs, e as paradas consideradas como de processo estavam relacionadas a temperatura de estufa e da própria operação de pintura. A ineficiência estava na maioria dos casos relacionada a processar *skids* incompletos a fim de equalizar a diferença de estoque existente entre peças dianteiras e traseiras, relacionada a ineficiência de qualidade, provocada por sujeiras no processo, que agravam rejeições maiores de um modelo em relação ao outro.

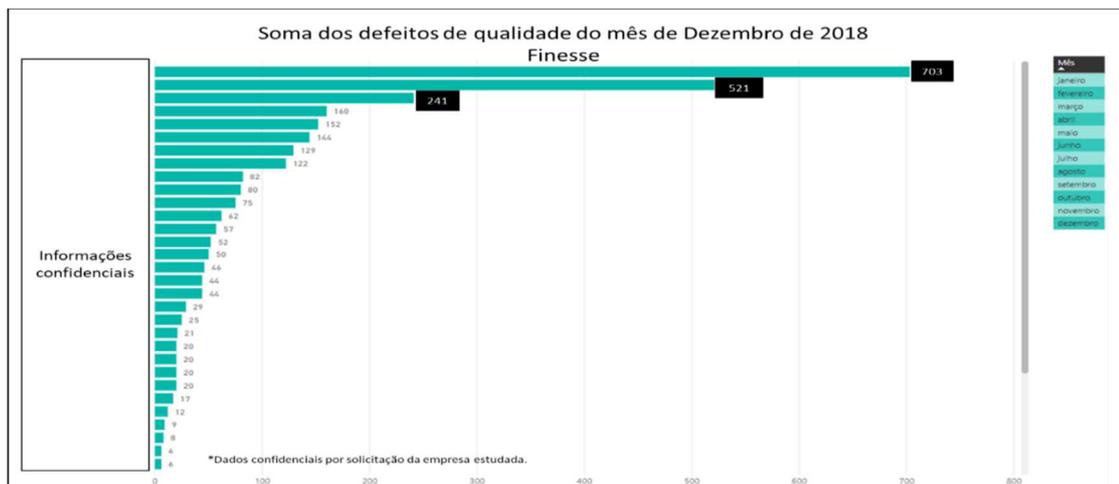
4.2 Identificação dos Gargalos

Através da forma até então que os dados eram coletados e interpretados, presumia-se que o gargalo do processo estava localizado na etapa de verificação de qualidade, operação denominada como *Finesse*, indicado no fluxo contínuo do processo apresentado na figura 5.

O *Finesse* são duas estações de operações manuais de reparo, que utiliza o sistema denominado *stop and go*, ou seja, os *skids* paravam nas estações de operações e ao finalizar ambas, eram liberadas pelos operadores de produção através de acionamento eletrônico sem impactar no tempo de ciclo, pois o tempo dessas paradas eram compensadas pela velocidade maior nos transportadores de transferência.

A interpretação desta área do processo como gargalo estava baseada no número de defeitos reparados pela operação de verificação e reparo, conforme exemplo indicado no gráfico 2, de dezembro de 2018. Na interpretação (por vezes correta devido a flutuação dos gargalos ao longo do processo), esses defeitos a serem reparados prorrogavam o tempo para liberação das peças, ultrapassando o ciclo da operação e com isso restringindo a etapa anterior, gerando falta de *skids* para a etapa posterior. Entretanto, por vezes faltavam peças para serem processadas nesta mesma área por restrições ocorridas em etapas anteriores e que não eram analisadas por falta de dados, gerando erros na análise.

Gráfico 2 - Soma dos defeitos de qualidade do mês de dezembro de 2018



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no trabalho realizado.

4.3 Implantação da Ferramenta OEE

Após a constatação através das comparações dos dados apresentados até aqui, no qual comprovou-se que os mesmos até então controlados eram baseados somente na disponibilidade e não estavam fornecendo as informações necessárias para que fosse possível gerar ações consistentes a fim de melhorar o desempenho de produção da área, definiu-se parar o processo utilizado e iniciar o estudo para implantação do OEE. Optou-se pela utilização como base de cálculo de eficiência o OEE ao invés do TEEP (*Total Effective Equipment Productivity*) por entender que o processo estudado não se utiliza do tempo calendário conforme referenciado por Antunes *et al.* (2013). Além disso, segundo os mesmos autores, quando o posto de trabalho é o restritivo (gargalo), o conceito a ser utilizado é o de TEEP. Baseando-se nisso, entendeu-se que a utilização do OEE foi a melhor escolha, por se tratar de um processo que não possuía a definição correta dos pontos de restrições (gargalos), contudo, o desafio para implantação foi

trabalhar de uma forma a interpretar o método para aplica-lo em uma linha contínua de produção a fim de extrair o melhor resultado.

Com essa definição, para implantação do OEE foi utilizado o método GPT, através dos 15 passos conforme apresentado no quadro 2:

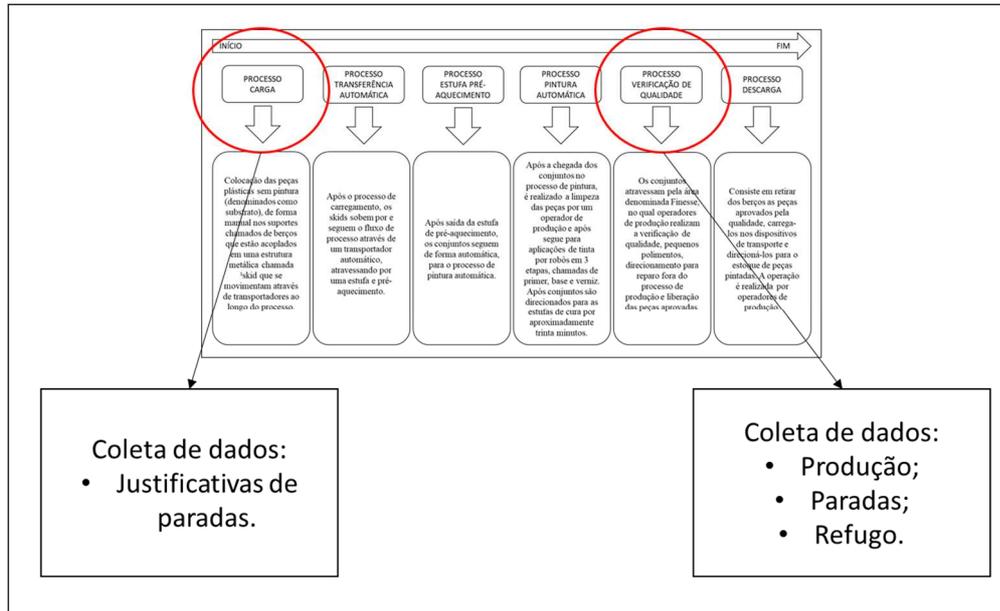
Quadro 2 – 15 Passos de implantação do método GPT

Nº	15 passos da implantação GPT	Definição
1	Definir os colaboradores a serem envolvidos na implementação do método GPT: construir a matriz de responsabilidades	Gerente da área, superintendentes de engenharia e produção, técnicos de processo, supervisores de manutenção, supervisores e encarregados de equipes de produção.
2	Codificar uma tipologia padrão para registrar as causas de parada nos postos de trabalho	Desenvolvido legenda indicativa do tipo de parada. Ex.: MA (manutenção), PR (processo), QA (qualidade), etc.
3	Definir a forma de coleta de dados no chão de fábrica: diário de bordo (DB) ou software	Para processo utilização de diário de bordo preenchido manualmente e para manutenção utilização de software de gerenciamento de paradas acompanhado via sala de controle.
4	Definir a forma de registro dos dados: planilha eletrônica ou painel de gestão eletrônico	Utilização de planilhas eletrônicas no software Excel.
5	Definir os postos de trabalho a serem monitorados	Processo de carga e processo de verificação de qualidade.
6	Definir a rotina de coleta e substituição dos diários de bordo (DB)	Diariamente.
7	Definir o método de gestão do posto de trabalho como método a ser utilizado nos postos de trabalho monitorados	Definido e tratado nas reuniões semanais.
8	Treinar os operadores envolvidos com o método GPT	Realizado o treinamento com a equipe envolvida.
9	Registrar todas as anotações do dia a dia da produção nos DBs ou coletores eletrônicos de dados	Encarregados de equipe registram os dados nos diários de bordo e técnico de processo recolhe os dados diariamente, incluindo os dados de manutenção.
10	Digitar os dados em planilha eletrônica ou painel de gestão eletrônico	Técnico de processo realiza a digitação e geração dos gráficos e informa os resultados diariamente para a equipe.
11	Obter e analisar os valores iniciais do Índice de Rendimento Operacional Global – IROG e demais índices de eficiência a partir da planilha eletrônica ou painel de gestão eletrônico	Geração dos resultados e análise diária e tratamento das ações nas reuniões semanais com os gestores.
12	Implementar a gestão visual	PDCA já utilizado como forma de gestão visual.
13	Estabelecer metas para os valores da eficiência operacional	Meta inicial definida foi atingir 75%, mínimo para atingir os volumes de produção sem a necessidade de revezamento nos intervalos.
14	Elaborar plano de ação (PA) de melhorias com objetivo de elevar os índices de Disponibilidade ($\mu 1$), Desempenho ($\mu 2$) e Qualidade ($\mu 3$)	Desenvolvido planilha denominada <i>logbook</i> para registro dos planos de ações e responsáveis.
15	Implementar as ações de melhoria propostas no plano de ação	Ações definidas diariamente e progresso avaliado nas reuniões semanais com os gestores.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base no trabalho realizado.

Com o método definido, foram analisados a entrada e saída do sistema (carga e descarga do processo), que serviram como decisão dos pontos de coleta de dados, conforme figura 7. Foi realizado o treinamento da equipe no qual foi abordado o uso da ferramenta OEE, forma de coleta de dados e a partir disso, foi realizado a medição de tempo de processo em cada trecho da linha de produção, mapeamento diário das paradas de manutenção e processo, monitoramento dos lançamentos dos dados nos controles eletrônicos. Durante o processo, foi trabalhado os resultados através de *feedbacks* constantes e reuniões que inicialmente foram diárias e na medida da implantação, passaram a ser semanais.

Figura 7 - Pontos fixos para coleta de dados



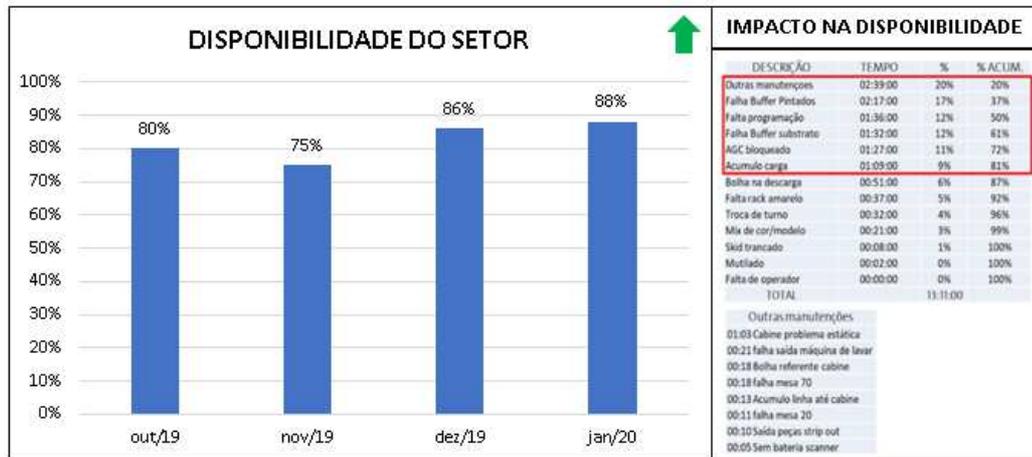
Fonte: Elaborado pelo autor, com base no trabalho realizado.

Definiu-se esses pontos para coleta de dados por se tratarem da entrada do processo de pintura (carga) e do processo de verificação da qualidade, no qual a quantidade hora recebida de peças deve ser igual à quantidade enviada pela carga na hora anterior e com isso, é possível identificar ineficiência ao longo do processo de produção, pois cada etapa funciona de forma independente, podendo ter velocidades distintas. Além disso, a coleta de dados pode ser realizada manualmente, sendo preenchidos em diário de bordo e ocorre também uma facilidade na leitura deles.

A leitura diária dos dados, a definição da forma de coleta e os testes foram realizados ao longo dos meses de janeiro e fevereiro de 2019. De março a setembro de 2019 devido a introdução de uma nova família de produtos que necessitou estratégias de produção diferentes a cada dia, ocorreu uma distorção nos cálculos e devido a isso não foram considerados. A partir de outubro, com a nova família de produtos já sendo produzida, os números ficaram confiáveis e dessa forma foram retomados o controle de eficiência através do OEE, no qual pode ser observado os primeiros resultados.

4.3.1 Índice de Disponibilidade

Gráfico 3 - Dados: Disponibilidade OEE do setor



Fonte: Elaborado pela equipe responsável pela implantação.

O cálculo do índice de disponibilidade apresentado a seguir, foi realizado utilizando os dados de janeiro de 2020, onde:

- Tempo disponível: 27654 minutos mês;
- Tempo de paradas não programadas: 3318 minutos mês.

Equação 5 - Índice de Disponibilidade do setor

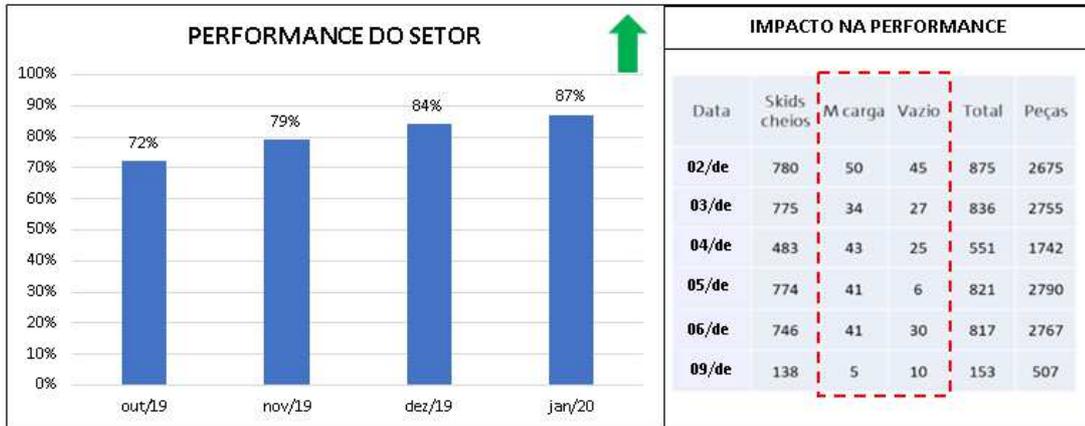
$$\mu_1 = \frac{\text{Tempo Disponível} - \sum \text{Tempo Paradas}}{\text{Tempo Disponível}} \quad \left. \vphantom{\mu_1} \right\} \mu_1 = \frac{27654 - 3318}{27654} = 0,88 \times 100 = 88\%$$

Fonte: Calculado pelo autor com base no trabalho realizado.

Ao analisar o indicador Disponibilidade, observa-se um melhor detalhamento dos motivos e tempos de cada parada relacionadas a qualidade, manutenção e processo, avaliada por turno gerando uma média de Disponibilidade de 83% de acordo com o gráfico 2.

4.3.2 Índice de Performance

Gráfico 4 - Performance OEE do setor



Fonte: Elaborado pela equipe responsável pela implantação.

O cálculo do índice de performance apresentado a seguir, foi realizado utilizando os dados de janeiro de 2020, onde:

- a) Tempo real de operação mês: 27.720 min;
- 6) Tempo de produção total mês: 24.117 min.

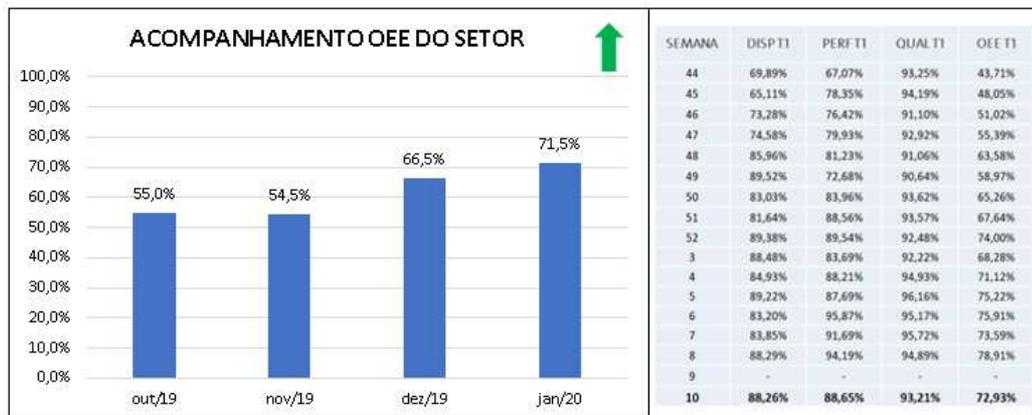
Equação 6 - Índice de Performance do setor

$$\mu_2 = \frac{\text{Tempo de Produção Total}}{\text{Tempo Real de Operação}} \quad \left. \vphantom{\mu_2} \right\} \quad \mu_2 = \frac{24.117}{27.720} = 0,87 \times 100 = 87\%$$

Fonte: Calculado pelo autor com base no trabalho realizado.

No indicador Performance, é possível identificar um melhor detalhamento dos volumes de produção e uma melhora gradativa conforme apresentado no gráfico 4. A média de Performance é de 82,5% com tendência de alta.

Gráfico 6 - Dados: Resultado OEE do setor



Fonte: Elaborado pela equipe responsável pela implantação.

Gráfico 7 - Dados: Resultado OEE por turno



Fonte: Elaborado pela equipe responsável pela implantação.

O cálculo do indicador OEE apresentado a seguir, foi realizado utilizando os cálculos dos índices de janeiro de 2020:

Equação 8 - Resultado OEE do setor

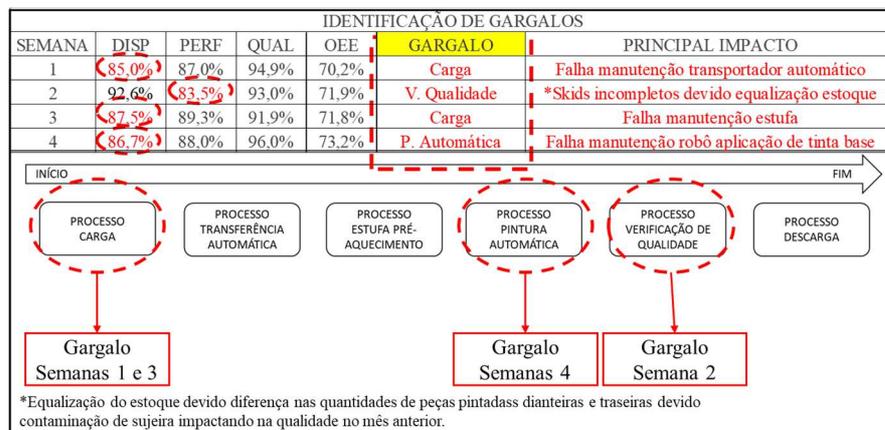
$$\mu_{\text{global}} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3 \quad \left. \vphantom{\mu_{\text{global}}} \right\} \mu_{\text{global}} = 88\% \times 87\% \times 94\% = 71,5\%$$

Fonte: Calculado pelo autor com base no trabalho realizado.

O Gráfico 6 apresenta a evolução no indicador do OEE a partir de sua implantação, pois através dessa ferramenta foi possível observar de maneira conjunta o processo como um todo, detalhando cada impacto, inclusive possibilitando comparar os resultados entre os turnos conforme apresentado no gráfico 7, permitindo direcionar os planos de ações de acordo com a gravidade e necessidade, além da divisão de boas práticas obtendo um melhor resultado.

Apesar da média de 71,5% no indicador, observa-se uma evolução gradativa a cada mês, além de possibilitar identificar que a estação de verificação da qualidade antes considerada sempre como o gargalo, não é mais e sim o mesmo flutua ao longo do processo de produção. A figura 8, apresenta exemplos dessa flutuação que ocorreram em janeiro de 2020, nas quais, falhas em equipamentos ao longo do processo afetando a disponibilidade e a variação que ocorreram na quantidade de skids completos e incompletos processados, impactando em performance, geraram gargalos diferentes em cada semana.

Figura 8 – Flutuação gargalo janeiro 2020



Fonte: Elaborado pelo autor com base no estudo realizado

Com base nos primeiros resultados alcançados, utilizando-se do método GPT, no qual ocorre a análise dos dados em reuniões semanais com a equipe envolvida, foram gerados planos de ações apresentados no quadro 2:

Quadro 3 - Planos de ações para melhora do índice OEE

Nº	Planos de ações	Responsável	Função	Data	Resultado
1	Instalação de contadores automáticos nas etapas do processo que não possuem	██████████	Líder Manutenção	██████████	●
2	Implementação do diário de bordo modelo para inclusão das informações por parte dos encarregados do setor	██████████	Técnico de Processo	██████████	●
3	Aferição das velocidades de linha de produção pelos encarregados do setor	██████████	Analista de Processo	██████████	●
4	Atualização do controle diário com os dados coletados dos contadores automáticos e diários de bordo	██████████	Técnico de Processo	██████████	●
5	Separação diária no controle dos motivos de paradas de linha de cada trecho e do resultado de qualidade	██████████	Técnico de Processo	██████████	●
6	Geração gráfica para análise	██████████	Técnico de Processo	██████████	●
7	Agendamento fixo semanal de reunião entre a equipe envolvida e o gerente do setor	██████████	Superintendente Melhoria Contínua	██████████	●
8	Geração de planos de ações com datas efetivas para conclusão de acordo com as anomalias identificadas semanalmente	██████████	Gerente	██████████	●
9	Realizar projeto <i>six sigma</i> (DMAIC), para redução de sujeiras no processo, melhorando qualidade e performance	██████████	Superintendente Melhoria Contínua	██████████	●

Fonte: Elaborado pelo autor com base no estudo realizado

Os planos de ações 1 a 7 estão relacionados a nova forma de aferir os dados, análise e exploração das informações a fim de, conforme o plano de ação 8, conduzir através das reuniões semanais ações corretivas e preventivas nas áreas de manutenção, produção e melhoria contínua, de acordo com a flutuação do gargalo. Como exemplo de ação em relação ao mês de janeiro de 2020, ocorreu a regulação de velocidade nas áreas de transferência entre transportadores automáticos, melhorando o indicador de disponibilidade. O plano de ação 9, foi através do método DMAIC², realizar um projeto com objetivo de reduzir sujeiras no processo e dessa forma minimizando o tempo excedido para polimento de peças nos postos de verificação de qualidade e assim melhorando o indicador de performance.

Os planos de ações definidos a partir da análise dos dados realizados através das reuniões semanais, refletiram na melhora do índice do OEE, apresentado na figura 10. É importante ressaltar, que o objetivo inicial de 75% apresentado no passo 13 do quadro 2, ficou próximo de ser alcançado, o que demonstra a importância da ferramenta na melhoria do processo.

Figura 9 - Comparação OEE antes e depois da implantação



Fonte: Elaborado pelo autor com base no estudo realizado.

² DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar, Controlar), metodologia de projeto utilizando como base controle estatístico a partir do *Six Sigma*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo descreveu através de um estudo de caso a implantação do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), como indicador global de produção do setor de pintura de peças plásticas de uma indústria multinacional. A utilização do OEE foi definida com o objetivo de verificar possíveis deficiências do processo produtivo, passando pela análise de disponibilidade, performance e qualidade, além de ajudar na identificação de possíveis restrições (gargalos). Anteriormente o setor realizava a medição somente através dos resultados de disponibilidade, o que gerava uma falsa interpretação dos gestores e consequentemente ineficiência nas tomadas de decisões.

Como a ferramenta OEE é geralmente utilizada para medir postos de trabalhos específicos, o desafio de aplica-la em um processo contínuo de produção, necessitou de um método no qual o escolhido foi o GPT (Gestão do Posto de Trabalho). A utilização do método através dos seus 15 passos de implantação, permitiu uma visão geral do processo e dessa maneira, considerou-se o fluxo contínuo de produção como um posto de trabalho específico, permitindo definir formas de medições e com isso a implantação da ferramenta OEE.

Após a definição do método, foi realizado o treinamento da equipe, testes ao longo de dois meses que confirmaram os pontos de coleta dos dados e através de reuniões inicialmente diárias foram tratados a melhor maneira de apresentação dos resultados. Com a efetivação do modelo, foi possível identificar que os gargalos do processo “flutuam”, dependendo muito da variação da disponibilidade e performance, diferente do resultado anterior, no qual apresentava somente a etapa de verificação de qualidade como gargalo. A clareza dos dados, permitiu aos gestores tomadas de decisões concretas, direcionando planos de ações específicos para redução dos gargalos e melhoria da produtividade e com a maturidade nos dados adquiridos após a implantação do modelo, as reuniões passaram a ser semanais.

Dentre os achados práticos, destacam-se a importância do mapeamento de cada etapa do processo, a participação da equipe de engenharia e do gestor da área que perceberam que a forma de medição dos gargalos até então utilizada não trazia uma base de dados confiáveis e assim estudaram o IROG (Índice de Rendimento Operacional Global), no qual direcionou o uso do OEE por motivo de subtrair as paradas programadas do tempo calendário, e com essa base trabalharam diretamente no desafio de implanta-la em uma linha de produção contínua e seguem tratando-a semanalmente.

Para trabalhos futuros, sugere-se investir em controle eletrônico nas etapas do processo que ainda não possuem, pois irá contribuir por uma assertividade maior nos dados e reduzirá o

tempo para coleta deles. Sugere-se também, manter a rotina de reuniões como uma forma de gestão do posto de trabalho, a fim de evitar com que ocorra a perda do interesse no indicador e assim aumente o número de gargalos gerando uma queda na performance da área.

REFERÊNCIAS

ALEIXO, A. C.; SEGRETI, J. B. Teoria das Restrições. Aplicação de seus conceitos na gestão empresarial da indústria de calçados. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS*, 11., 2004, Porto Seguro. **Anais [...]**. Porto Seguro: Associação Brasileira de Custos, 2004. p. 1-17.

AMARAL, A. A. C. *et al.* Análise da Capacidade Produtiva de uma Lavanderia no Município de Natal/ RN. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 25., 2015, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: ABEPRO, 2015.

ANTUNES, J. A. V. **Sistemas de produção**: conceito e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ANTUNES, J. A. V. *et al.* **Uma revolução na produtividade**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

CHIARADIA, A. J. P. **Utilização do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos**: um estudo de caso na indústria automobilística. 2004. 133 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) – Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

COSTA, E. A. **Gestão estratégica**: da empresa que temos da empresa que queremos. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

COX, J. F.; SCHLEIER JR, J. G. **Theory of Constraints: Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2010.

COX, J. F.; SCHLEIER JR., J. G. **Handbook da teoria das restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FALCONI, V. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do dia-a-dia**. Bhoch Editores S.A., Rio de Janeiro - RJ, 1994;

FERREIRA, A. H. **Aspectos importantes na implantação da teoria das restrições na gestão da produção**: um estudo multicaso. 2007. 166 f. Tese (Doutorado em Administração das Organizações) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade Federal de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A meta**: um processo de aprimoramento contínuo. 7. ed. São Paulo: Educator, 1993.

HANSEN, R. C. **Eficiência global dos equipamentos**: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre: Bookman. 2006.

LAWRENCE, S. R.; BUSS, A. H. Shifting Production Bottlenecks: Causes, Cures, and Conundrums. **Journal of Production and Operation Management**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 21-37, 1994.

LOZADA, G. **Planejamento e Controle da Produção Avançada**. Porto Alegre: Sagah Educação S.A., 2017.

MARINO, L. H. F. C. Gestão da qualidade e gestão do conhecimento: fatores-chave para produtividade e competitividade empresarial. *In*: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – SIMPEP, 13., 2006, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: UNESP, 2006.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: Total Productive Maintenance**. Cambridge: Productivity Press, 1984.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM: Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC, 1989.

PORTER, M. **Vantagem Competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

PORTER, M. E., & MONTGOMERY, C. A. **Estratégia: a busca da vantagem competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

RAUEN, F. J. **Roteiros de investigação científica**. Tubarão: Editora Unisul, 2002.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

VIEIRA FILHO, G. **Gestão da Qualidade Total: Uma abordagem prática**. 3. ed. Campinas: Alínea, 2010.

WILLIAMSON, R. M. Using overall equipment effectiveness: the metric and the measures. *In*: STRATEGIC Work Systems. Columbus, 26 jan. 2018. Disponível em: <http://www.swspitcrew.com/using-overall-equipment-effectiveness-the-metric-and-the-measures>. Acesso em: 11 jul. 2020.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.