



ANÁLISE DO *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE) PARA O EQUIPAMENTO CONVERTEDOR EM UMA EMPRESA DE SIDERURGIA

Recebido: 04/07/2018 Aprovado: 07/12/2018

Arthur Ventorim Ferrão¹
Bruno Plözner Toledo²
Marta Monteiro da Costa Cruz³

RESUMO

A globalização aumenta a pressão pela excelência nas organizações. Isso intensifica a concorrência entre elas, fazendo com que busquem constantemente uma maior eficiência do seu processo produtivo e uma melhor utilização de seus recursos de produção. Frente à esta realidade, são utilizados indicadores de desempenho para suportar decisões a serem tomadas e melhorar o planejamento da cadeia produtiva. Neste contexto, encontra-se a aplicação da Eficiência Global dos Equipamentos ou Instalações – *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), proposto pela metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM), que calcula a eficácia dos equipamentos e auxilia na análise do rendimento real dos recursos de produção, possibilitando o detalhamento das perdas que afetam diretamente a produtividade. Dessa forma, o objetivo do trabalho é a realização de uma análise sobre o cálculo do OEE por meio dos parâmetros que o afetam (disponibilidade, *performance* e qualidade) para avaliação no desempenho de um convertedor em uma indústria siderúrgica de grande porte do Estado do Espírito Santo. As etapas necessárias para o desenvolvimento do trabalho foram reuniões, visitas técnicas e entrevistas com colaboradores e coleta e análise dos dados referentes ao equipamento convertedor 3 da companhia no ano de 2018. O resultado do OEE calculado no ano foi de 61%. Com o desdobramento do indicador, os principais resultados encontrados foram em relação à *performance*, que obteve o menor valor entre os parâmetros, 78%. Assim, foram analisadas as principais causas que geraram esse resultado por meio da utilização de uma das ferramentas da qualidade. Além disso, foi realizada uma simulação de quanto a sua melhora impactaria no resultado final do OEE, e foi elaborada uma visão futura de como o indicador poderia ser melhor utilizado para auxiliar ainda mais na tomada de decisão eficaz e obtenção de maior ganho de produtividade operacional.

Palavras-chave: *Overall Equipment Effectiveness* (OEE); Indústria Siderúrgica; Produtividade Operacional.

¹ Graduação Engenharia Produção/ Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Vitória, Espírito Santo (Brasil)
E-mai: arthurventorim@gmail.com

² Graduado em Engenharia de Produção/ Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Vitória, Espírito Santo (Brasil).

³ Doutora Engenharia de Transportes, Professora Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Vitória, Espírito Santo (Brasil).

ANALYSIS OF OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) FOR CONVERTER EQUIPMENT IN A STEEL COMPANY

ABSTRACT

Globalization increases the pressure for excellence in organizations. This intensifies competition between them, making them constantly seek greater efficiency of their production process and a better use of their production resources. Faced with this reality, performance indicators are used to support decisions to be taken and to improve production chain planning. In this context, there is the application of Overall Equipment Effectiveness (OEE), proposed by the Total Productive Maintenance (TPM) methodology, which calculates the efficiency of the equipment and assists in the analysis of the real yield of the production resources, making it possible to detail the losses that directly affect productivity. Thus, the objective of the work is to perform an analysis on the calculation of OEE through the parameters that affect it (availability, performance and quality) to evaluate the performance of a converter in a large steel industry in the State of Espírito Santo. The necessary steps for the development of the work were meetings, technical visits and interviews with employees, and data collection and analysis for the company's converting equipment 3 in 2018. The result of the OEE calculated for the year was 61%. With the display of the indicator, the main results were in relation to the performance, which obtained the lowest value among the parameters, 78%. Thus, the main causes that generated this result were analyzed through the use of one of the quality tools. In addition, a simulation was made of how much its improvement would impact on the final OEE result, and a future vision was elaborated on how the indicator could be better used to further assist in effective decision making and gain greater operational productivity.

Keywords: Overall Equipment Effectiveness (OEE); Steel industry; Operational productivity.

INTRODUÇÃO

Com o processo de globalização e a rápida evolução tecnológica, as organizações estão vivendo sob a constante pressão. A intensificação da concorrência, consequência desse processo, tem exigido das empresas disponibilizem seus produtos com qualidade, confiabilidade no prazo de entrega e flexibilidade para suprir as necessidades específicas de cada cliente (BUSSO,2012).

As indústrias buscam constantemente uma maior eficiência do seu processo produtivo e de seus recursos de produção. Segundo Gagnon (1999), a eficiência global da indústria é afetada diretamente pelo desempenho dos equipamentos, pois estes estão envolvidos em decisões como a tecnologia a ser utilizada, a capacidade industrial, quantidade de mão de obra, tipo de produto a ser desenvolvido e entre outros.

Devido à grande importância de medir a produtividade com mais precisão, e obter maior controle sobre os processos produtivos, são utilizados indicadores de desempenho. Segundo Takashina e Flores (1996), os indicadores de desempenho precisam ter um índice associado (forma de cálculo) bem explícito, uma frequência de coleta, uma designação dos responsáveis pela coleta dos dados, uma divulgação ampla para melhoria e não para punição, uma integração com quadro de gestão à vista ou com sistema de informação gerencial.

Um indicador muito utilizado é o de Eficiência Global dos Equipamentos - *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Proposto pela metodologia da Manutenção Produtiva Total - *Total Productive Maintenance* (TPM), o indicador OEE calcula a eficácia global dos equipamentos e auxilia os gestores das empresas na análise do rendimento real dos recursos de produção, possibilitando o detalhamento das perdas que afetam diretamente a produtividade (NAKAJIMA, 1989).

A Eficiência Global dos Equipamentos (*Overall Equipment Effectiveness* - OEE) é um indicador proposto pela metodologia TPM. Segundo Nakajima (1989), tal metodologia tem como objetivo maximizar o rendimento operacional global da indústria por meio de um sistema de manutenção da produção que engloba a participação de todos os colaboradores, da alta direção até a operação, e que considera toda a vida útil dos equipamentos.

Para se atingir a maximização do custo do ciclo do equipamento, Nakajima (1989) afirma que é necessário eliminar seis grandes perdas que acarretam uma *performance* indesejada das máquinas. São elas: perda por parada acidental, perda durante a mudança de

linha, ociosidade/pequenas paradas, queda de velocidade de trabalho, defeito no processo e defeito no início da produção.

Busso (2012) afirma que as seis grandes perdas se enquadram e interferem em três categorias dos equipamentos: disponibilidade, *performance* e qualidade, conforme demonstram a Figura 1 e as Equações 1, 2 e 3.

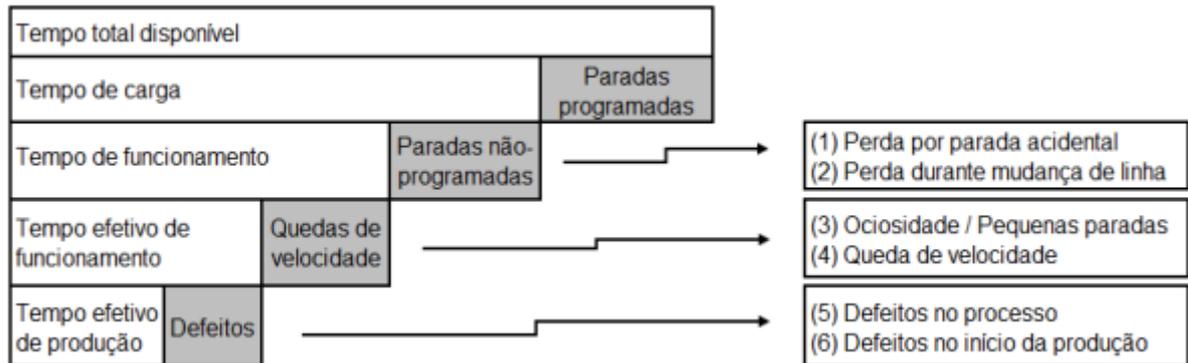


Figura 1. Definição das variáveis do OEE.

Fonte: Adaptado de Nakajima (1989).

$$\text{DISPONIBILIDADE} = \frac{\text{TEMPO DE FUNCIONAMENTO}}{\text{TEMPO DE CARGA}} \quad \text{Equação (1)}$$

$$\text{PERFORMANCE} = \frac{\text{TEMPO DE CICLO} \times \text{TOTAL DE ITENS}}{\text{TEMPO DE FUNCIONAMENTO}} \quad \text{Equação (2)}$$

$$\text{QUALIDADE} = \frac{\text{TOTAL DE ITENS} - \text{ITENS COM DEFEITO}}{\text{TOTAL DE ITENS}} \quad \text{Equação (3)}$$

O indicador de disponibilidade (1) do equipamento demonstra a porcentagem de tempo em que o equipamento operou em comparação com o tempo disponível para operação com o tempo das paradas programadas devidamente descontado. O indicador *performance* (2) é a relação percentual entre o tempo de ciclo real do equipamento e o tempo de ciclo teórico. A *performance* está diretamente ligada com a velocidade de funcionamento e ociosidade nos recursos analisados. Por fim, o indicador de qualidade (3) expressa a capacidade de fazer o produto de maneira correta na primeira vez, relacionando a quantidade de peças não conformes com a quantidade total de peças produzidas (MORAES, 2004).

Nakajima (1989) destaca a importância dos três índices individualmente, entretanto, afirma que somente o produto entre disponibilidade, *performance* e qualidade é capaz de fornecer o verdadeiro diagnóstico da situação das máquinas por meio do Índice de Eficiência Global (OEE) dos equipamentos, conforme mostra a Equação 4.

$$\text{OEE} = \text{DISPONIBILIDADE} \times \text{PERFORMANCE} \times \text{QUALIDADE} \quad \text{Equação (4)}$$

Segundo o *site* OEE (2018), o cálculo do OEE deve considerar apenas o tempo que é de responsabilidade da equipe de produção. Portanto, o tempo que o equipamento não produziu, por exemplo, pela falta de demanda, pela falta de matéria-prima ou por qualquer outra razão alheia à equipe de produção, não se insere no cálculo do OEE.

Conforme mostra a Tabela 1, Nakajima (1989) sugere os valores desejáveis para o índice OEE, bem como para os indicadores de disponibilidade, *performance* e qualidade. Tais valores foram sugeridos de acordo com resultados obtidos por empresas ganhadoras do TPM Award (1971).

Tabela 1. Valores desejáveis para o índice OEE e seus atributos.

Índices	Valor desejável
OEE	Superior a 85%
Disponibilidade	Superior a 90%
<i>Performance</i>	Superior a 95%
Qualidade	Superior a 99%

Fonte: Adaptado de Nakajima (1989).

Apesar de ter surgido para medir as melhorias implementadas pela metodologia TPM, o índice OEE passou a ser tratado como uma ferramenta autônoma para medir o real desempenho de um equipamento devido à sua grande importância nos diversos ramos da indústria (HANSEN, 2006).

Conforme Jeong e Phillips (2001), ao realizar a medição dessas perdas, o OEE permite a análise dos problemas e o tratamento dos distúrbios crônicos em equipamentos, orientando, assim, as ações de melhorias no processo e o aumento da capacidade dos ativos fixos de

produção. Ademais, o indicador OEE pode ser utilizado como medida de *benchmarking*, ou seja, processo de conhecimento de práticas excelentes de uma organização, pela comparação de resultados que ajudam a entender diferenças entre processos de produção (BAMBER et al. 2003).

No início da década de 1950, baseado em teorias e práticas existentes, o guru japonês da qualidade, Kaoru Ishikawa, propôs o uso de “sete ferramentas básicas”, as ferramentas da qualidade, que objetivavam uma coleta e interpretação mais simples e eficaz do uso de dados (MARTINELLI, 2009). O estudo contou com a utilização de duas delas. De acordo com Carvalho e Paladini (2012), ferramentas de qualidade podem ser definidas como técnicas eficientes de Gestão de Qualidade que são caracterizadas pela simplicidade de concepção e implantação que visam aumentar as melhorias nos processos de produção. Corroborando, Las Casas (2008) enfatiza que as ferramentas de análise auxiliam na identificação e solução de problemas. São representadas por meio de procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, dispositivos, esquemas de funcionamento, entre outros (CARVALHO; PALADINI, 2012).

O problema de pesquisa foi elaborado por meio da análise de dados de desempenho das etapas de produção do aço em um convertedor de uma empresa siderúrgica de grande porte, localizada no Estado do Espírito Santo, que possui grande parcela de contribuição para o desenvolvimento do ramo siderúrgico e industrial do Estado e do Brasil, produzindo placas e bobinas de aço, atendendo ao mercado interno e externo. Buscou-se identificar os desperdícios nessa etapa da produção e quantificá-los pelo uso de indicadores, bem como suas causas e efeitos, utilizando as ferramentas necessárias para auxiliar na tomada de decisão em possíveis melhorias no que tange a produção. Diante da identificação do problema de pesquisa, busca-se, por intermédio da análise do OEE, avaliar a eficiência do convertedor, com foco em quantificar o rendimento real deste equipamento e, em seguida, orientar ações de melhorias que permitam facilitar as tomadas de decisões estratégicas.

A motivação para realizar o estudo proposto é justificada pela importância de analisar as reais condições de utilização dos recursos produtivos, buscando sempre a melhoria contínua dos processos. No atual cenário de busca por aumento de produtividade e redução dos custos, a ausência de uma análise correta sobre a eficiência dos equipamentos impede a sua adequada utilização, que constitui de fundamental importância na melhoria e manutenção dos processos produtivos e asseguram a competitividade das empresas.

O trabalho tem como objetivo geral analisar a eficiência de um convertedor em uma indústria siderúrgica de grande porte do Estado do Espírito Santo por meio da utilização do

Índice de Eficiência Global (OEE), propor melhorias que contribuam para o aumento da eficiência do equipamento e identificar como o OEE pode ser utilizado para auxílio na tomada de decisão estratégica.

METODOLOGIA

Para a realização do trabalho foi utilizada a técnica de pesquisa bibliográfica e o estudo de caso no período de 2018 e 2019, em uma siderúrgica de grande porte do Estado do Espírito Santo. Conforme Gil (2002), Ferrão, R. e Ferrão, L. (2012), a classificação e as etapas da pesquisa encontram-se na Tabela 2 e na Figura 2, respectivamente, a seguir.

As formas mais comuns de classificar a pesquisa são: quanto à natureza, quanto aos objetivos, quanto aos procedimentos e quanto à forma de abordagem do problema. Essa pesquisa é classificada de acordo com suas peculiaridades seguindo as definições de Gil (2002), contida na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação da pesquisa.

Classificação		Justificativa
Natureza	Pesquisa aplicada	Pois objetiva gerar conhecimentos para a solução de problemas específicos.
Objetivos	Pesquisa exploratória	Pois objetiva proporcionar maior familiaridade com a problemática visando torná-la mais explícita.
Procedimentos	Estudo de caso	Pois consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento e não é acompanhado de ações.
Forma de abordagem do problema	Quantitativa	Pois tanto na coleta de informações quanto no tratamento dos dados foram utilizadas técnicas quantitativas.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A metodologia da pesquisa adotada para realização do trabalho foi dividida em etapas, representadas na Figura 2.

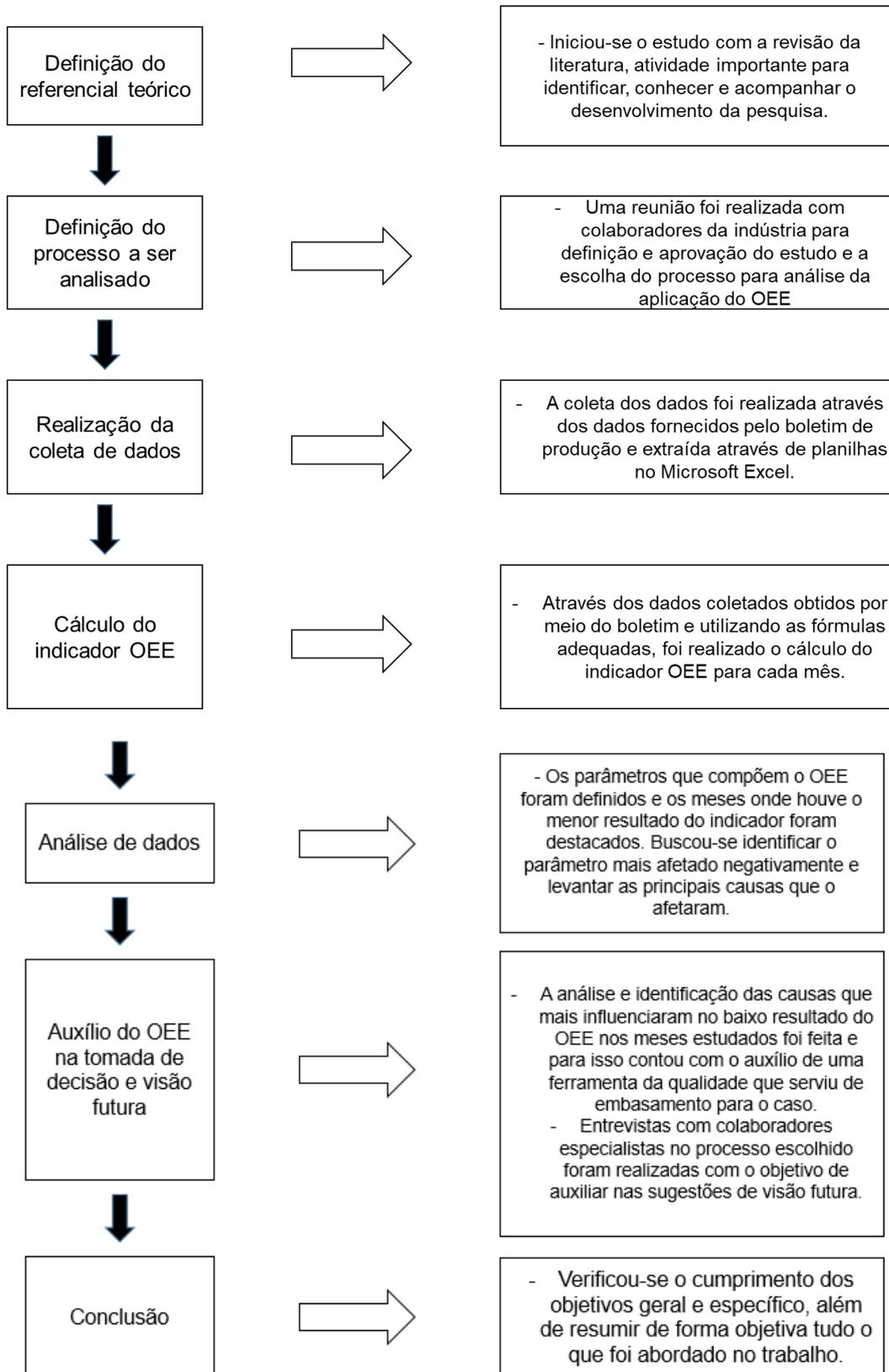


Figura 2. Fluxograma da metodologia da pesquisa utilizada.

Fonte: Elaborada pelos autores.

O fluxograma (Figura 2) mostra que a pesquisa iniciou pela revisão de literatura, etapa que trouxe a descrição de conceitos que visaram auxiliar a análise do indicador OEE nos processos utilizados nas etapas de produção do aço. Em seguida, realizou-se reuniões e entrevistas com os colaboradores da siderúrgica, para definição de onde e em quais processos e equipamentos analisar para a implantação do OEE, e das possíveis melhorias adquiridas por meio da utilização do indicador, visando definição da coleta de dados.

As reuniões e entrevistas foram realizadas durante o período de março a maio de 2019 e foram divididas em três etapas, da seguinte forma: a primeira reunião foi realizada com engenheiros da área de melhoria contínua, que foram os responsáveis por implantar o OEE nos processos da empresa. Buscou-se primeiramente obter um panorama geral da utilização do indicador em cada área, para assim escolher uma específica na qual poderia ser realizado o estudo de caso. A segunda reunião foi com os gestores responsáveis pelo processo escolhido (convertedor), onde foi realizada uma entrevista com o objetivo de coletar dados de pesquisa, entender como a utilização do OEE auxilia nos resultados dos processos e tirar dúvidas sobre sua implementação. A terceira fase foi uma entrevista de alinhamento, a fim de validar o resultado obtido e a análise realizada. Além dessas entrevistas, também foram realizadas visitas técnicas no processo produtivo para entendê-lo melhor como um todo.

Os dados foram coletados durante o período de 01 de janeiro de 2018 a 31 de dezembro de 2018, e utilizados na realização do cálculo do indicador OEE com o auxílio da ferramenta *Microsoft Excel*. O cálculo baseou-se nas equações 1, 2, 3 e 4 do presente trabalho. Após o cálculo, foram feitas as análises dos dados referentes ao equipamento, buscando a identificação dos pontos com maiores potenciais de melhorias e redução de desperdícios para a tomada de decisão estratégica eficaz.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A decisão final da escolha do maquinário para acompanhamento do indicador OEE foi no convertedor 3, máquina que realiza etapas consideradas importantes do processo nas quais o indicador é acompanhado e utilizado pela equipe. O convertedor é parte integrante da aciaria, onde acontece o refino primário do aço, isto é, onde o ferro gusa adicionado à sucata é transformado em aço e são removidos o carbono e as impurezas.

O OEE é calculado mensalmente na própria empresa em diferentes áreas, e o resultado é divulgado por meio de um boletim mensal.

Para a realização dos cálculos do OEE no processo do Convertedor 3, foi necessário obter os dados referentes ao processo escolhido. Esses dados foram fornecidos por meio do boletim de paradas da empresa, que possui a série histórica de todas as perdas e paradas, sendo possível extraí-los de planilhas no *Microsoft Excel*, como mostrado na Figura 3:

	A	B	C	E	G	I	J	K
1	concat	Área macro	Sub-Área	Equipamento/Sisten	Desc Parada	Desc Tipo Parada 3	CLASS 1	CLASS 2
3397	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PP-TRAT ⁹ . AÇO CTPA DO LD - FALHA EQUIPAMENTO	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo	
3398	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PP-TRAT ⁹ . AÇO CTPA DO LD - FALHA OPERACIONAL	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo	
3399	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PP-TRAT ⁹ . AÇO CTPA DO LD - ROTA DIRETA	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo	
3402	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PP-TROCA DE PEDIDO - ERRO DE FIM DE SOPRO	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo	
3405	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PP-TROCA IMPREVISTA DO CONJUNTO REFRA?RIO DE	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo	
3408	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PP-TROCA IMPREVISTA DO CONJUNTO REFRA?RIO V?L	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo	
3412	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PP-TROCA PEDIDO POR S ALTO NO F.S.	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo	
3417	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PROBLEMAS NO IRUT	FALTA DE DEMANDA	0-Fatores Externos	1-Falta de Demanda	
3420	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PROBLEMAS NO RH1	FALTA DE DEMANDA	0-Fatores Externos	1-Falta de Demanda	
3423	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PROBLEMAS NO RH2	FALTA DE DEMANDA	0-Fatores Externos	1-Falta de Demanda	
3426	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PROGRAMAÇÃO - ERRO	NÃO PROGRAMADA	2-Performance	1-Parada não Programada OP	
3428	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PROGRAMAÇÃO - FALTA DE PEDIDO NO BOF	NÃO PROGRAMADA	2-Performance	1-Parada não Programada OP	
3435	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PROJEÇÃO / APLICAÇÃO MASSA REFRA?RIA	NÃO PROGRAMADA	1-Disponibilidade	2-Parada não Programada	
3448	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PROLONGAMENTO MANUTENÇÃO - INSTRUMENTAÇÃO	NÃO PROGRAMADA	1-Disponibilidade	2-Parada não Programada	
3452	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PROLONGAMENTO MANUTENÇÃO - MECÂNICA	NÃO PROGRAMADA	1-Disponibilidade	2-Parada não Programada	
3454	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PROLONGAMENTO MANUTENÇÃO - OPERACIONAL	NÃO PROGRAMADA	1-Disponibilidade	2-Parada não Programada	
3457	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	QUEBRA / FALTA DEMOLIDORA	NÃO PROGRAMADA	1-Disponibilidade	2-Parada não Programada	
3465	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	REPARO DO FURO CORRIDAS - TUBO	NÃO PROGRAMADA	1-Disponibilidade	2-Parada não Programada	
3470	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	REPROGRAMAÇÃO POR PROBLEMA NO LC	FALTA DE DEMANDA	0-Fatores Externos	1-Falta de Demanda	
3472	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	RETORNO DE AÇO - CORRIDA FF_LD'S	NÃO PROGRAMADA	2-Performance	1-Parada não Programada OP	
3478	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	SINCRONISMO - LD DISPONÍVEL E OCIOSO	SEM PROGRAMAÇÃO	0-Fatores Externos	1-Falta de Demanda	

Figura 3. Planilha referente à base de dados das paradas.

Fonte: Extração do boletim de paradas da empresa.

O boletim de paradas alimenta a planilha informando a área, equipamento e a descrição de cada parada ocorrida. A partir disso, é necessário classificar a parada de acordo com o seu tipo e com o motivo que a originou e também seguindo os atributos do indicador OEE (disponibilidade, *performance* ou qualidade). Além desses três parâmetros levados em conta no cálculo do OEE, a empresa em questão também adiciona um parâmetro a mais à fórmula (fatores externos), que interfere no resultado final do cálculo do indicador.

As perdas do OEE que são levadas em consideração no cálculo do indicador seguem uma classificação específica da empresa, como apresentadas na Figura 4:



Figura 4. Desagregação do indicador OEE.
Fonte: Dados da empresa.

As Figuras 5 e 6 mostram o resultado mês a mês do OEE no Convertedor 3 e de seus componentes, referente ao ano de 2018:

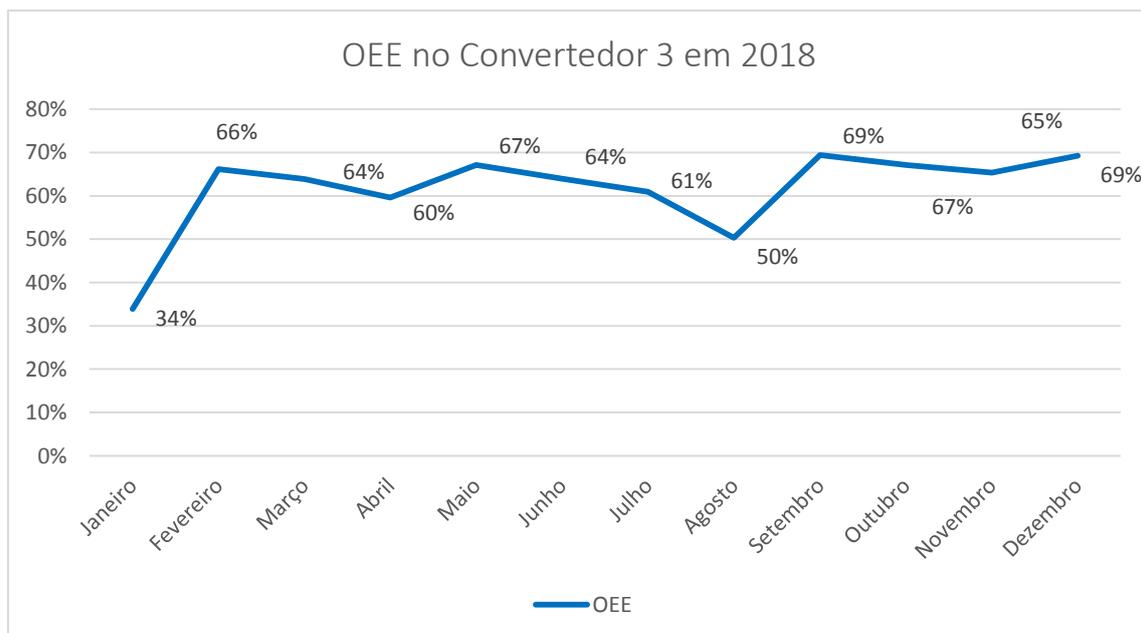


Figura 5. Resultado do OEE mês a mês no Convertedor 3 em 2018.
Fonte: Elaborada pelos autores.

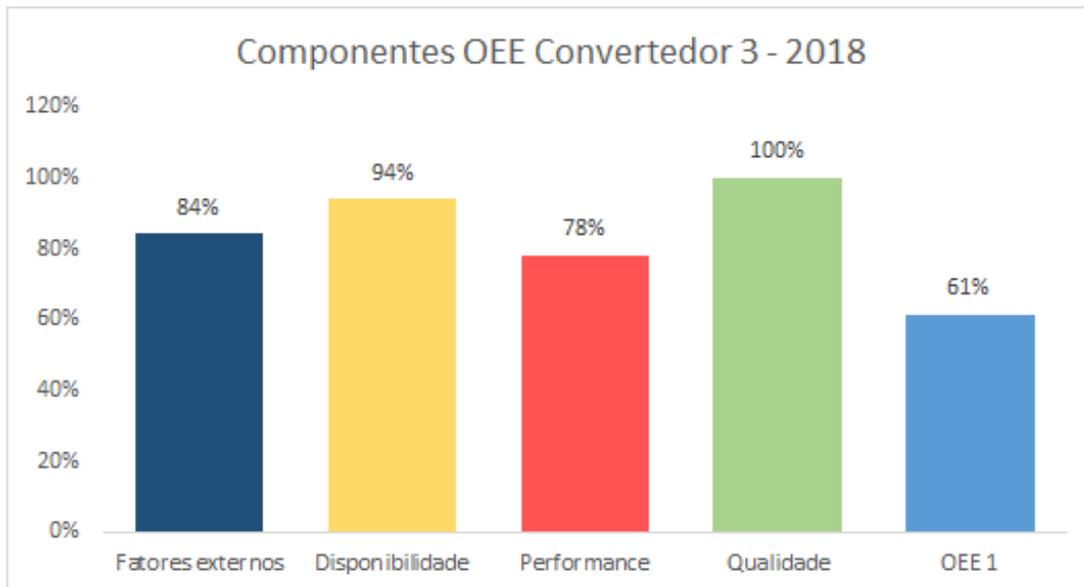


Figura 6. Média final do OEE e seus componentes no Convertedor 3 em 2018.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme mostrado nas Figuras 5 e 6, o cálculo do OEE e seus componentes para o Convertedor 3 no ano de 2018 apresentaram uma média final de 84% para Fatores Externos, 94% para Disponibilidade, 100% para Qualidade, 78% para Performance e 61% no total para o OEE. Vale ressaltar que todo e qualquer processo apresenta algum defeito de qualidade, porém, este atributo é registrado como 100% no caso do convertedor pela própria organização, pois é considerado como boa qualidade todo o material consumido no processo seguinte. Os meses em que o OEE atingiu seu maior valor foram em setembro e dezembro, com 69%, enquanto o mês onde houve o menor valor registrado foi em janeiro, 34%.

Tabela 3. Valores desejáveis x valores obtidos para o índice OEE e seus atributos.

Índices	Valor desejável	Valor obtido
Disponibilidade	Superior a 90%	94%
<i>Performance</i>	Superior a 95%	78%
Qualidade	Superior a 99%	100%
Fatores Externos	-	84%
OEE	Superior a 85%	61%

Fonte: Adaptado de Nakajima (1989).

A Tabela 3 mostra a comparação dos valores desejáveis versus valores obtidos para o índice OEE e seus atributos no ano de 2018 para o convertedor 3, fazendo alusão à tabela 2, que mostra os valores desejáveis para o indicador propostos por Nakajima, conforme mostrado na introdução. Podemos observar que o componente “Fatores Externos”, como já explicado, foi adicionado como uma alteração da metodologia feita pela própria empresa que expressa melhor a realidade, já que as causas das perdas são relacionadas por fatores externos que independem do processo do convertedor. Por isso, esse atributo não possui classificação de acordo com a revisão bibliográfica (NAKAJIMA, 1989). Se fosse seguido o modelo tradicional do OEE, este componente estaria inserido em disponibilidade. Se o OEE fosse calculado sem o componente fatores externos, o resultado seria de 73%, valor também abaixo do desejável.

Por fim, o componente que obteve o resultado mais baixo foi o de *Performance*. Com 78%, é possível concluir esse atributo foi o que mais afetou negativamente o resultado global do convertedor 3. Assim sendo, é o componente o qual deve ser melhorado para, conseqüentemente, aumentar o valor final do OEE.

Diante do resultado mostrado e realizando um aprofundamento dos cálculos, é possível realizar um desdobramento de cada componente mês a mês no ano de 2018, como mostra a Figura 7.

A Figura 7 mostra que o componente *Performance* obteve um resultado abaixo da média anual de 78% em três meses, que foram janeiro (38%), julho (77%) e agosto (59%). Por isso, foi realizado um detalhamento das perdas durante esses três meses, com o objetivo de identificar os principais motivos desses resultados, conforme mostram as figuras abaixo:

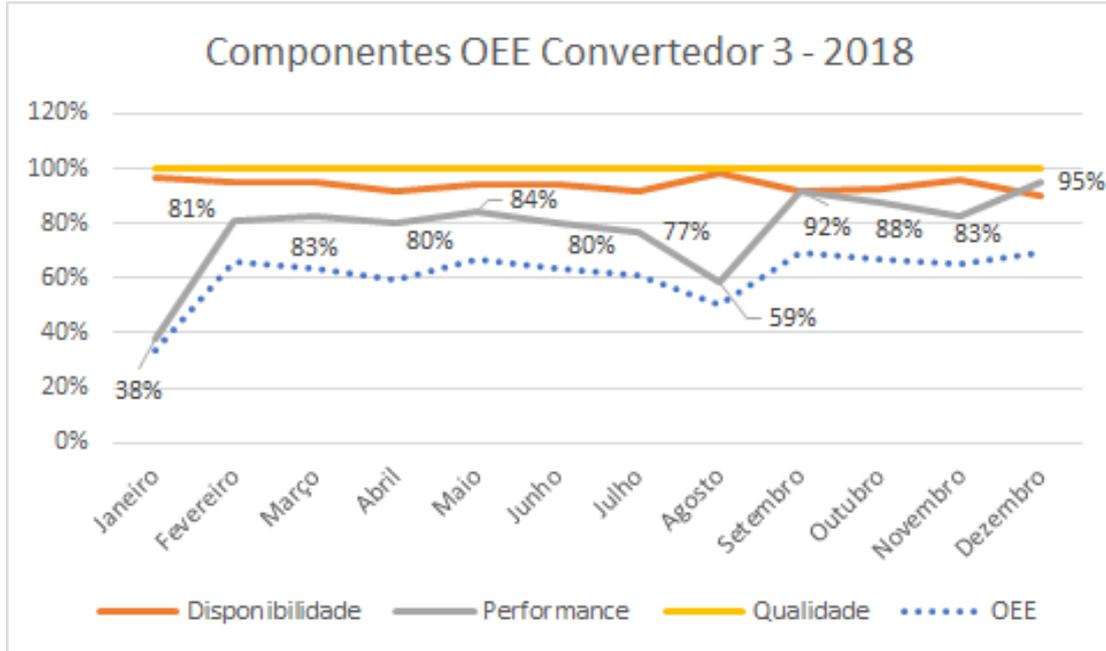


Figura 7. Desdobramento do OEE e seus componentes no Convertedor 3, 2018.
Fonte: Elaborada pelos autores.

De uma forma geral, as perdas que por quaisquer motivos ocorreram independente da área ou processo em questão (perdas de produtividade devido à falta de insumos, matérias primas, transporte, equipamentos e paradas ou redução de velocidade causados por redução na demanda de processos subsequentes) são relacionadas ao componente de Fatores Externos. As paradas programadas, não programadas (sem disponibilidade do equipamento) e tempo de *set-up* (tempo entre o início da parada para ajustes no equipamento até o reinício da produção) se relacionam diretamente ao componente de Disponibilidade do OEE. As paradas não programadas OP (com disponibilidade do equipamento) e as quebras de ritmo se referem ao atributo de *Performance*, objeto de estudo do presente trabalho. Por fim, as perdas de qualidade (volume produzido que não é possível aproveitar ou utilizar no processo seguinte) são quantificadas no componente Qualidade do OEE.

A Figura 8 mostra que o principal motivo pelo baixo resultado de 34% do OEE no mês de janeiro de 2018 e sobretudo no componente *Performance* se deve principalmente ao elevado índice gerado pela quebra de ritmo, que foi responsável por 54,7% das perdas do mês em questão.

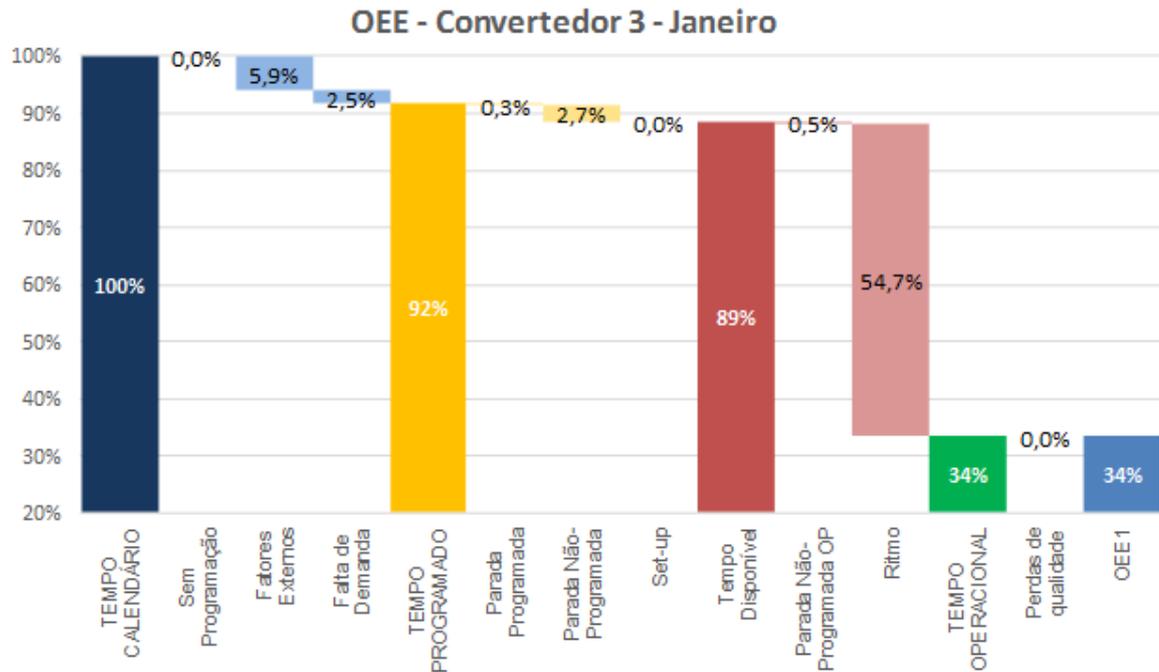


Figura 8. Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em janeiro de 2018.
Fonte: Dados da empresa.

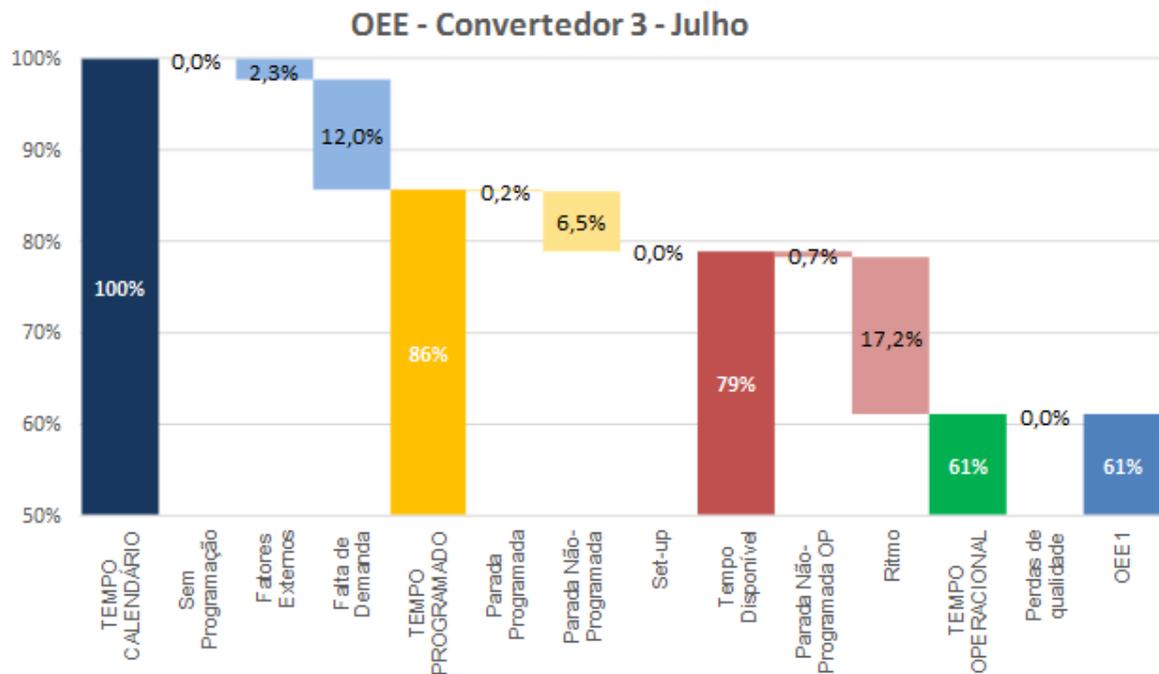


Figura 9. Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em julho de 2018.
Fonte: Dados da empresa.

A Figura 9 mostra que o principal motivo pelo baixo resultado de 61% do OEE no mês de julho de 2018 e sobretudo no componente *Performance* se deve principalmente ao elevado índice gerado pela quebra de ritmo, que foi responsável por 17,2% das perdas do mês em questão.

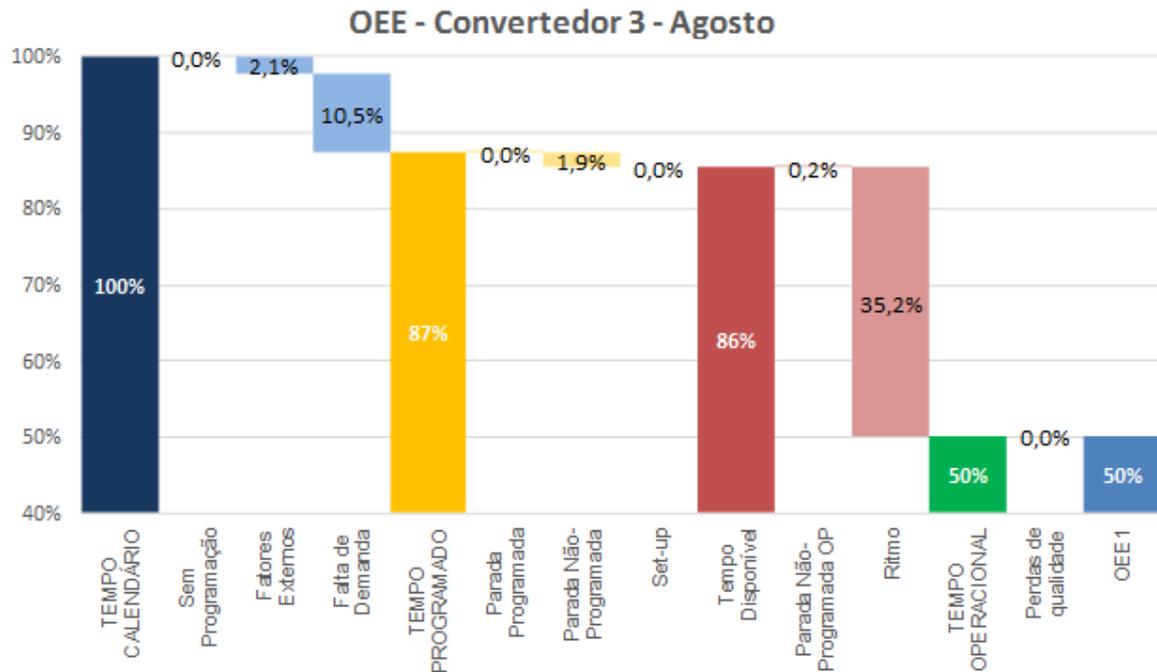


Figura 10. Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em agosto de 2018.
Fonte: Dados da empresa.

Utilizando o mesmo raciocínio dos meses anteriores, é possível observar pela Figura 10 que o principal motivo pelo baixo resultado de 50% do OEE no mês de agosto de 2018 e do componente *Performance* se deve principalmente ao elevado índice gerado pela quebra de ritmo, que foi responsável por 35,2% das perdas do mês em questão. Portanto, conclui-se que nos três meses analisados o principal fator que interferiu no baixo índice do OEE foram as quebras de ritmo.

Para diminuir as perdas geradas por essas quebras, foi feito um levantamento dos fatores responsáveis pela alta quebra de ritmo no convertedor 3 e estes foram demonstrados por meio de um diagrama de causa e efeito. Também conhecido como diagrama de Ishikawa ou gráfico de espinha de peixe, essa ferramenta da qualidade (conforme citado na introdução) investiga com clareza a relação entre causas e efeito do processo produtivo e auxilia na descoberta das raízes dos problemas (ABRANTES, 2009; SLACK, 2009). De acordo com Paladini (2012), a construção do diagrama de causa e efeito começa com a identificação do

efeito que será analisado, colocando-o no lado direito do diagrama. As causas são divididas em seis componentes: mão de obra; métodos; materiais; máquinas; medições e meio ambiente. A cada um dos componentes atribui-se as principais causas para o efeito analisado. O diagrama de causa e efeito para os principais fatores responsáveis pela quebra de ritmo é mostrado na Figura 11 a seguir:

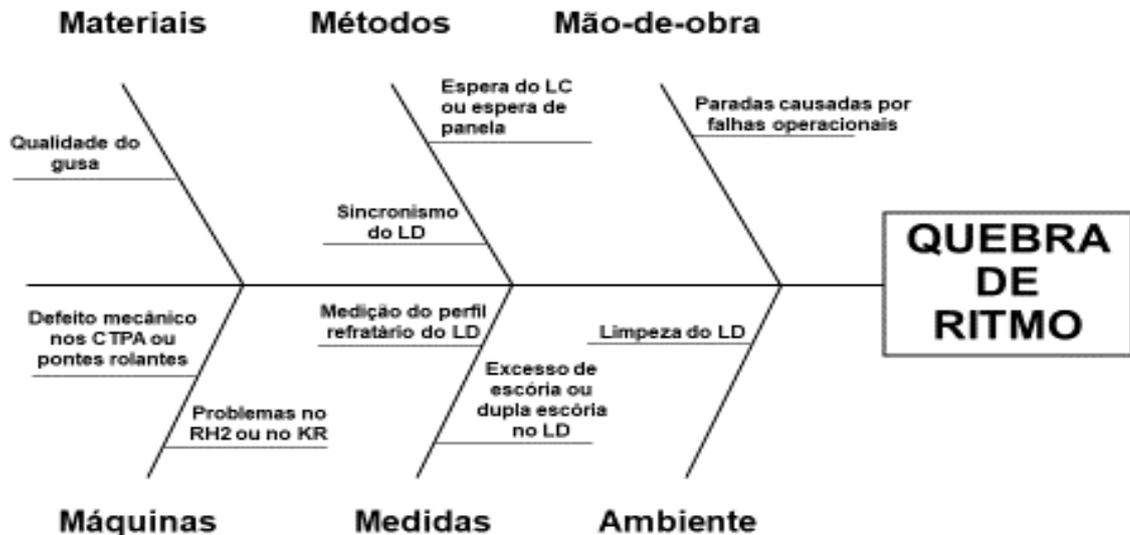


Figura 11. Diagrama de Causa e Efeito para as principais causas da quebra de ritmo.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Simulando quanto o OEE melhoraria percentualmente caso o atributo de *performance* fosse aumentado, se forem desconsiderados os três meses onde o OEE foi mais baixo em 2018, impactado pela *performance*, como já citado, e fazendo a média dos nove meses restantes, o resultado para *performance* seria de 85%. Elevando a *performance* para essa média, o OEE seria de 67%, ao invés de 61%.

A Figura 12 demonstra a simulação mencionada acima:

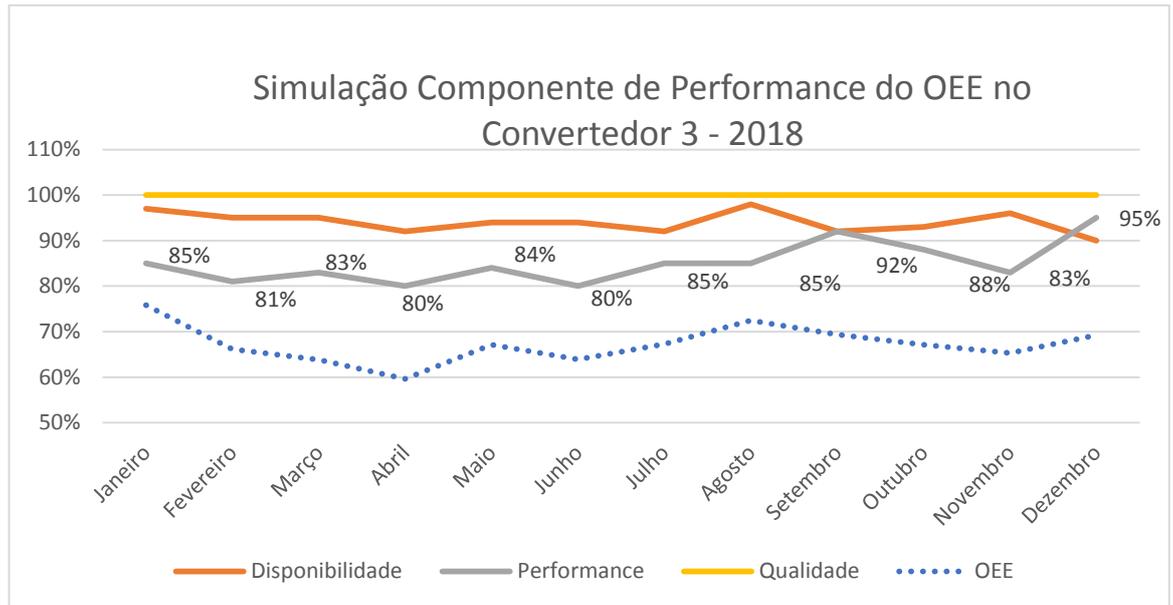


Figura 12. Simulação do componente *Performance* do OEE no Convertedor 3, 2018.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Além do aumento de produtividade gerado pelo OEE, cada variação de 1% no valor do indicador pode representar um valor aumento de 3,5% a 7% no lucro líquido da organização (HANSEN, 2006). Portanto, a simulação acima demonstra que, dentre as diversas variáveis que influem no resultado do indicador, o foco na melhora da quebra de ritmo aumenta potencialmente o valor do OEE, garantindo efetividade e também resultados financeiros interessantes para a empresa.

Após análise dos cálculos, pode-se perceber que o OEE é um importante indicador que auxilia na tomada de decisão na área, já que é possível perceber onde estão localizadas as principais perdas de cada processo para desta forma identificá-las e buscar mitigá-las. Apesar disso, o OEE é um indicador que começou a ser implantado recentemente na empresa (dois anos aproximadamente) e com frequência mensal. Além disso, por ser um indicador mensal, o OEE sempre mostra os resultados referentes ao mês anterior ao atual, uma vez que é necessário esperar finalizar o mês inteiro para se obter uma base de dados completa definida para apresentar os cálculos e resultados daquele mês em questão.

Diante disso, surge como possibilidades futuras adaptar o OEE para ser um indicador atualizado semanalmente ao invés de mensalmente por exemplo. Assim, a gestão passaria a ser semanal e haveria um maior controle das perdas e paradas sobre aquela semana em um determinado processo ou equipamento. Outra ideia seria tornar o indicador parte de um sistema de gestão à vista, conforme proposto por Takashina e Flores (1996), onde ele poderia

ser acompanhado em uma tela de televisão que ficasse disponível para todos os empregados que circulassem pela área, por exemplo, de forma que todos poderiam ter uma ideia maior sobre como as variáveis que compõem o indicador estão sendo afetadas simultaneamente e possibilitasse a eles tomar ações ou ficarem alertas a respeito disso. Outra possibilidade é promover a utilização de algumas ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Ishikawa, conforme citado no trabalho, para potencializar o uso do indicador OEE, de forma a facilitar a identificação e atuação nas causas que geram as paradas e perdas nos processos e assim obter maior ganho de produtividade.

CONCLUSÃO

O resultado do cálculo do indicador de eficiência global no convertedor 3 mostrou que o valor médio do OEE no ano de 2018 foi de 61%. Constatou-se, também, que o parâmetro qualidade foi o de maior valor dentre aqueles que compõem o produtório que origina o valor do OEE, com média anual de 100%, seguido pelo de disponibilidade com 94%. O parâmetro *performance* foi o que obteve o menor valor, 78%. Portanto, buscamos focar nas causas que levaram esse atributo a apresentar o menor valor entre eles, detalhando as perdas dos três meses (janeiro, julho e agosto) que obtiveram resultados abaixo da média anual.

O resultado do OEE por si só já é considerado uma importante ferramenta para os gestores da empresa, pois ele apresenta uma visão mais macro e estratégica do atual cenário produtivo da indústria. Porém, a fim de que o indicador se torne uma ferramenta que auxilia na tomada de decisão de forma mais precisa e eficaz, deve-se realizar uma análise e um desdobramento dos resultados alcançados, como foi realizado neste trabalho. A partir desse estudo, é possível identificar as causas específicas de cada resultado, de forma a buscar ações de melhorias para o processo, e proporcionar a elaboração de planos de ação.

A partir das visitas técnicas e entrevistas realizadas no desenvolvimento deste trabalho, foi possível identificar que a utilização do OEE na empresa encontra-se em um estágio inicial de desenvolvimento. Isto é, apesar de apresentarem alguns aspectos consideravelmente avançados, como as bases tecnológicas e de dados para a realização do cálculo do OEE de forma rápida, o indicador poderia apresentar um *status* mais evoluído em outros aspectos, principalmente no que diz respeito à gestão da rotina de algumas áreas.

Em alguns processos, embora o OEE seja calculado, não é utilizado como o principal indicador a ser acompanhado e gerenciado, o que pode ocasionar faltas de análises e

desdobramentos táticos como feito no presente trabalho no processo do convertedor. Porém, esse cenário é totalmente aceitável e compreensível no caso da empresa em questão, já que a complexidade da metodologia e as mudanças necessárias para sua aplicação, sejam elas tecnológicas ou culturais, demandam tempo e investimento.

Diante do exposto, constatou-se a importância do acompanhamento da eficiência dos equipamentos para o cumprimento dos objetivos da organização. Ademais, sugere-se para trabalhos futuros a implementação das melhorias propostas, sendo possível, portanto, melhorar de maneira geral o controle e gerenciamento do indicador na empresa em questão.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, J. *Gestão da qualidade*. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.
- BAMBER, C. J; CASTKA, P; SHARP, J. M; MOTARA, Y. Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v.9, n.3, p. 223-238, 2003.
- BUSSO, C. M. *Aplicação do indicador de Overall Equipment Effectiveness (OEE) e suas derivações como indicadores de desempenho global da utilização da capacidade da produção*. 2012. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Produção. 2012.
- CARVALHO, M. M; PALADINI, E. P. *Gestão da qualidade: teorias e casos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- FERRÃO, R. G.; FERRÃO, L. M. V. *Metodologia de pesquisa para iniciantes em pesquisa*. 4. ed. Vitória, ES: Incaper, 2012. 254p.
- GAGNON, S. Resource-based competition and the new operations strategy. *International Journal of Operations & Production Management*, v.19, n.2, p. 125-138, 1999.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2002.
- HANSEN, R. *Overall equipment effectiveness: a powerful production/ maintenance tool for increased profits*. New York: Industrial Press Inc, 2006.
- JEONG, K.Y; PHILLIPS, D.T. Operational efficiency and effectiveness measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, v.21, n.11, p. 1404-1416, 2001.
- LAS CASAS, A. L. *Qualidade total em serviços*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MARTINELLI, F. B. *Gestão da qualidade total*. Curitiba: Iesde, 2009.

MORAES, P. H. A. *Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística*. 2004. Dissertação de Mestrado – Universidade de Taubaté, Departamento de Economia, Contabilidade e Administração. 2004.

NAKAJIMA, S. *Introdução ao TPM total productive maintenance*. São Paulo: IMC, 1989.

OEE. *Como calcular o OEE*. Disponível em: <https://www.oeec.com.br/como-calculer-o-oeec/>. Acesso em: 20 maio 2019

PALADINI, E. P. et al. *Gestão da qualidade – Teoria e Casos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

SLACK, N; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TAKASHINA, N. T; FLORES, M. C. X. *Indicadores da qualidade e do desempenho – como estabelecer e medir resultados*. Rio de Janeiro: QualityMark, 1996.