

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ARTHUR VENTORIM FERRÃO
BRUNO PLOZNER TOLEDO

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

VITÓRIA
2019

ARTHUR VENTORIM FERRÃO
BRUNO PLOZNER TOLEDO

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

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Marta Monteiro da Costa Cruz.

VITÓRIA
2019

ARTHUR VENTORIM FERRÃO

BRUNO PLOZNER TOLEDO

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

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Marta Monteiro da Costa Cruz
Departamento de Engenharia de Produção
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Patrícia Alcântara Cardoso
Departamento de Engenharia de Produção
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora Interna

Eng. M. Eng. Paula Cipriano
Examinadora Externa

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente à Deus por sempre ser nosso amparo e nosso guia, nossa alegria nos dias felizes e consolo nos dias tristes, e por ter nos conduzido durante nossa graduação. Sem Ele nada somos.

Agradecemos também aos nossos familiares, em especial Romário, Liliâm, Luis Felipe, Guilherme, Angela e Ricardo, por sempre nos incentivarem e acreditarem em nós e por todo carinho, amor e valores ensinados. Nada nem ninguém tira isso de nós.

Aos nossos amigos, por todo companheirismo, apoio e amizade prestados ao longo da vida. Todos os momentos que vivemos juntos estão marcados para sempre em nossas memórias e corações.

À Universidade Federal do Espírito Santo pela oportunidade, por promover um ensino de qualidade e incentivar o desenvolvimento de seus alunos.

À nossa orientadora Prof^a. Dr^a. Marta Monteiro da Costa Cruz por toda ajuda prestada na elaboração deste trabalho e por nos ter passado conhecimento e sabedoria durante a jornada da graduação.

Aos profissionais da empresa siderúrgica tratada em questão que nos ensinaram e apoiaram, sendo essenciais para a elaboração do trabalho.

Aos membros da banca Prof^a. Dra^a. Patricia Alcântara Cardoso e Eng. M. Eng. Paula Cipriano por participarem contribuindo de maneira significativa neste momento tão marcante para nossas vidas.

A todos vocês, nosso muito obrigado!

RESUMO

Diante do processo de globalização e da rápida evolução tecnológica, as organizações vivem sob constante pressão de adaptação às mudanças necessárias. Isso intensifica a concorrência entre as empresas, fazendo com que elas sejam cada vez mais exigidas em termos de qualidade, confiabilidade no prazo de entrega e flexibilidade para atender seus clientes. Assim, as indústrias buscam constantemente uma maior eficiência do seu processo produtivo e uma melhor utilização de seus recursos de produção. A eficiência global da indústria é diretamente afetada pelo desempenho dos equipamentos, já que estes estão envolvidos em decisões como a definição da tecnologia a ser utilizada, a capacidade industrial, a quantidade de mão-de-obra necessária, o tipo de produto a ser desenvolvido, entre outros fatores. 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 os gestores das empresas na análise do rendimento real dos recursos de produção, possibilitando o detalhamento das perdas que afetam diretamente a produtividade. Dessa forma, o presente trabalho propõe a realização de uma análise sobre o cálculo do OEE através dos parâmetros que o afetam (disponibilidade, *performance* e qualidade) para avaliação no desempenho de um convertedor em uma indústria siderúrgica de grande porte. Com o desdobramento do indicador, os principais resultados encontrados foram em relação ao parâmetro *performance*, onde foram analisadas possíveis causas para seu resultado através da utilização de uma das ferramentas da qualidade, uma simulação de quanto sua melhora impactaria no resultado final do OEE e 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.

ABSTRACT

Facing the process of globalization and fast technological evolution, organizations are under constant pressure to adapt to the necessary changes. This intensifies competition between companies, making them more and more demanding in terms of quality, reliability on delivery and flexibility to serve their customers. Thus, industries constantly seek greater efficiency of their production process and a better use of their production resources. The overall efficiency of the industry is directly affected by equipment performance, since these are involved in decisions such as the definition of the technology to be used, the industrial capacity, the amount of labor required, the type of product to be developed, among other factors. 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 the managers of the companies in the analysis of the real yield of the production resources, making it possible to detail the losses that directly affect productivity. In this way, the present work proposes to perform an analysis on the OEE calculation through the parameters that affect it (availability, performance and quality) to evaluate the performance of a converter in a large steel industry. With the display of the indicator, the main results were in relation to the performance parameter, where possible causes for its result were analyzed through the use of one of the quality tools, a simulation of how much its improvement would impact the final OEE result and a vision of how the indicator could best be used to further assist in effective decision making and greater productivity gain.

Key-words: Overall Equipment Effectiveness (OEE), steel industry, operational productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Exemplo do Diagrama de Causa e Efeito.	21
Figura 2 - Definição das variáveis do OEE.....	23
Figura 3 - Fluxo simplificado de produção do aço.....	28
Figura 4 - Distribuição de aço no Brasil em 2017.....	31
Figura 5 - Fluxograma da metodologia da pesquisa utilizada.	34
Figura 6 - Planilha referente à base de dados das paradas.....	37
Figura 7 - Desagregação do indicador OEE.....	38
Figura 8 - Resultados do OEE mês a mês no Convertedor 3 em 2018.....	39
Figura 9 - Média final do OEE e seus componentes no Convertedor 3 em 2018.....	40
Figura 10 - Desdobramento do OEE e seus componentes no Convertedor 3 mês a mês em 2018.....	42
Figura 11 - Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em janeiro de 2018.	43
Figura 12 - Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em julho de 2018.	44
Figura 13 - Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em agosto de 2018.	45
Figura 14 - Diagrama de Causa e Efeito para possíveis causas da quebra de ritmo.	47
Figura 15 - Simulação do componente de <i>Performance</i> do OEE no Convertedor 3 em 2018.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores desejáveis para o índice OEE e seus atributos.....	24
Tabela 2 - Classificação da pesquisa.....	32
Tabela 3 - Valores desejáveis x valores obtidos para o índice OEE e seus atributos.	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	11
1.2. PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.3. JUSTIFICATIVA	13
1.4. OBJETIVOS	13
1.4.1. Objetivo Geral	14
1.4.2. Objetivos Específicos	14
1.5. ORGANIZAÇÃO DO TCC	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. <i>TOYOTA PRODUCTION SYSTEM</i> (TPS)	16
2.2. <i>TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE</i> (TPM)	17
2.3. <i>LEAN MANUFACTURING</i>	19
2.4. FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	20
2.4.1. Diagrama de Causa e Efeito	21
2.4.2. Fluxograma	22
2.5. OEE.....	22
2.6. INDÚSTRIA SIDERÚRGICA	25
2.6.1. Um Resumo da História do Aço	26
2.6.2. A Indústria Siderúrgica no Brasil	26
2.6.3. Processo de Fabricação	27
2.6.4. As Divisões do Aço	29
2.6.5. Aplicações do Aço	30
3. METODOLOGIA DE PESQUISA UTILIZADA	32
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	32
3.2. ETAPAS DA PESQUISA.....	33
4. ESTUDO DE CASO	36
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	36
4.2. EQUIPAMENTO ANALISADO ONDE FOI IMPLANTADO O OEE	36
4.3. COLETA DE DADOS	36
4.4. CÁLCULO DO OEE	37
4.5. ANÁLISE, INTERPRETAÇÃO E COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS.....	40
4.5.1. Detalhamento do Mês de janeiro	42

4.5.2.	Detalhamento do Mês de julho	44
4.5.3.	Detalhamento do Mês de agosto.....	44
4.6.	AUXÍLIO NA TOMADA DE DECISÃO ATRAVÉS DO INDICADOR OEE	45
4.7.	VISÃO FUTURA.....	48
5.	CONCLUSÃO.....	50
	REFERÊNCIAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

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 de manufatura que disponibilizem seus produtos com qualidade, confiabilidade no prazo de entrega e flexibilidade para suprir as necessidades específicas de cada cliente (BUSSO,2012).

Para atender esses objetivos, 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.

Xenos (2004) afirma que evitar a degradação dos equipamentos causada pelo desgaste natural e pelo uso, seja por aparência externa ruim até a perdas de desempenho, paradas de produção, fabricação de produtos de má qualidade e poluição ambiental, é função da manutenção. Todos esses tipos de degradação têm forte influência negativa na qualidade e na produtividade das empresas. Apesar da atividade de manutenção influenciar diretamente a área de produção, muitas organizações insistem em adotar formas de atuar ultrapassadas e tratam ambas áreas sem que haja a devida interação entre elas.

Neste cenário, é necessário que a atividade de manutenção se integre de maneira eficiente ao processo produtivo e seja vista como função estratégica, pois responde diretamente pela disponibilidade e confiabilidade dos ativos físicos e qualidade dos produtos finais, representando, portanto, grande importância na otimização dos processos e consequentemente nos resultados da empresa (KARDEC E NASCIF, 2012; XENOS,2004).

Filho (2006) afirma que para o planejamento estratégico de uma indústria ser definido é preciso que haja a medição de parâmetros e a presença de indicadores de desempenho nas máquinas. Estas medições dão suporte para que os gestores possam tomar as decisões corretas a respeito da produção e alocar os recursos em longo prazo de forma eficiente (TANGEN, 2003).

Devido à grande importância de medir precisamente a produtividade da planta fabril, surge o indicador 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).

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

O problema de pesquisa foi elaborado através 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. Além de identificar a existência de desperdícios nessa etapa de produção e quantificar alguns destes desperdícios através do uso de indicadores, é importante identificar também as causas e efeitos de cada desperdício, buscando utilizar as ferramentas necessárias para auxiliar na tomada de decisão em possíveis melhorias no que tange a produção. Portanto, a avaliação de desempenho não deve ser vista apenas como uma ferramenta de monitoramento e controle, mas sim como uma ferramenta de apoio à gerência da empresa que serve para embasar as decisões e auxiliar as ações de melhoria.

Diante da identificação do problema de pesquisa, busca-se, através 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.

1.3. JUSTIFICATIVA

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.

A empresa em estudo possui grande parcela de contribuição para o desenvolvimento do ramo siderúrgico e industrial do Espírito Santo e do Brasil, produzindo placas e bobinas de aço, atendendo ao mercado interno e externo. As constantes paradas (programadas ou não) e o alto índice de refugo existentes em todas as etapas comprometem a eficiência do processo produtivo. No entanto, a empresa pesquisada possui o OEE implementado de forma inicial, onde propomos uma análise detalhada do indicador em um equipamento específico integrante do processo para a identificação de oportunidades de melhoria neste setor da indústria.

A aplicação do indicador de eficiência global dos equipamentos permite à empresa uma análise mais detalhada dos equipamentos, bem como do processo de produção em geral. Além de ser uma importante ferramenta de gerenciamento, o OEE caracteriza-se também como um relevante fator que auxilia na tomada de decisão. A partir da identificação das perdas envolvidas que afetam a eficiência dos equipamentos, o cálculo da ferramenta busca auxiliar os gestores na análise dos problemas que causam altos índices de desperdícios, e, conseqüentemente, aumento nos custos.

1.4. OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho são divididos em geral e específicos, como podem ser vistos nos itens a seguir.

1.4.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar a eficiência de um conversor em uma indústria siderúrgica através 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.

1.4.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são definidos como:

- Identificar, por meio de pesquisa de literatura, as variáveis relevantes para análise de eficiência através da aplicação do OEE em processos siderúrgicos;
- Apresentar como a utilização do OEE auxilia na tomada de decisão de uma empresa siderúrgica de grande porte;
- Obter o cenário atual do conversor através do OEE, analisar as causas impactantes nos resultados obtidos e utilizar as ferramentas da qualidade como auxílio na proposta de melhoria para o indicador.

1.5. ORGANIZAÇÃO DO TCC

Além deste primeiro capítulo introdutório, que contém a proposta a ser desenvolvida, os objetivos do trabalho, o método e a justificativa da pesquisa, o trabalho contém outros quatro capítulos que foram estruturados da seguinte forma:

O Capítulo 2, Revisão Bibliográfica, refere-se à exposição de orientações teóricas sobre as metodologias TPM, *Toyota Production System* (TPS), Lean Manufacturing e sobre os conceitos que definem o indicador OEE. Ademais, o capítulo também abrange o processo de produção de uma siderúrgica e o conceito, aplicação e os tipos das ferramentas da qualidade utilizadas.

No capítulo 3, Metodologia da Pesquisa, é definida a classificação da pesquisa e a metodologia utilizada. Além disso, são apresentadas as atividades necessárias para a realização de cada etapa do trabalho.

No capítulo 4, Estudo de Caso, é realizada a apresentação dos dados, o cálculo do índice OEE e a análise dos resultados obtidos utilizando uma das ferramentas da qualidade.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões, onde verifica-se o cumprimento dos objetivos geral e específicos, finalizando a pesquisa.

Por fim, seguem as referências bibliográficas citadas no trabalho e os anexos e apêndices complementares.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresenta-se o conteúdo teórico necessário para o desenvolvimento da pesquisa, cujo objetivo é apresentar conceitos e características sobre o tema através da visão de diferentes autores sobre o problema de pesquisa, bem como as principais referências utilizadas acerca do tema em questão. Primeiramente, apresentaremos os fundamentos teóricos necessários para o entendimento do OEE e em seguida serão apresentados os principais conceitos sobre o processo de produção siderúrgico.

2.1. *TOYOTA PRODUCTION SYSTEM (TPS)*

Para entender o surgimento do indicador principal utilizado pelo estudo em questão, o OEE, é necessário voltar para os anos de aproximadamente 1950, onde Eiji Toyoda juntamente com seu engenheiro de confiança Taiichi Ohno fizeram uma visita pelas indústrias americanas, principalmente a fábrica da Ford, e deram início a construção do modelo que hoje é conhecido como Toyota Production System, o TPS.

O TPS surgiu de um estudo realizado sobre outro modelo já existente aplicado na fábrica da Ford, até então a unidade mais eficiente e complexa do mundo. Durante as visitas nas fábricas da Ford para estudar o modelo de produção em massa, Toyoda e Ohno perceberam os seguintes problemas na produção em massa: trabalhadores subutilizados; tarefas repetitivas, além de não agregarem valor; forte divisão do trabalho (projeto e execução); qualidade negligenciada ao longo do processo de fabricação; e, grandes estoques intermediários (GHINATO, 2000). Tais constatações mostram que a produção em massa é incompatível com o ambiente de baixo crescimento e de reduzida demanda em que vivia o Japão.

Portanto, para sobreviver, os gerentes perceberam que era necessário fazer uma adaptação ao mercado japonês, isto é, um contraste a filosofia Ford da época, eram necessários baixos volumes e com diferentes modelos usando a mesma linha de montagem. A necessidade do mercado japonês exigia qualidade, custo baixo, lead-time curto e flexibilidade (OHNO, 1997).

Ainda nas visitas de estudo as fábricas americanas, em 1950, os gerentes da Toyota observaram muitos equipamentos produzindo grandes quantidades e formando estoques que seriam transferidos para outro processo e assim por diante. Esse tipo de processo causava o acúmulo de estoques intermediários decorrente do excesso de produção e defeitos escondidos em grandes lotes acumulados por semanas (OHNO, 1997).

Assim, por meio das visitas e estudos realizados na Ford, a Toyota aproveitou a linha de montagem contínua da Ford, porém, implementando algumas melhorias de redução dos desperdícios. Estabeleceu-se também a produção puxada conforme a necessidade do cliente, inspirado nos supermercados que abasteciam as prateleiras somente após a necessidade do produto na mesma, e o fluxo contínuo com o *one-piece-flow* – fluxo puxado um a um. Com o sistema Just in Time, pode-se reduzir drasticamente os estoques vistos nas fábricas da Ford.

Dessa forma, construiu-se o modelo TPS com a premissa de que qualquer desperdício é igual à perda de esforços, de materiais e de tempo. Logo, a lógica do sistema é que tudo o que gerar custo e não agregar valor deve ser eliminado. Por todos estes motivos Taiichi Ohno sistematiza o TPS e elege “dois pilares principais”, a saber: o *just-in-time* e a *autonomação*, que seria uma “automação com um toque humano” (OHNO, 1997), além de diversas outras técnicas como o *kanban* (controle visual/gerenciamento pela visão), *andon* (luz indicadora de problema), o *kaizen* (melhoria contínua), o *poka-yoke* (à prova de defeitos), troca rápida de ferramentas, pequenos lotes, ilhas de produção, dentre outras, que foram disseminadas pelo mundo. Os conhecimentos desenvolvidos pelo TPS foram aperfeiçoados e detalhados no conceito seguinte de *Total Productive Maintenance* (TPM).

2.2. TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)

Segundo Wicher et. al (2012), o monitoramento dos processos fundamenta-se em coletar, acompanhar e analisar os dados da produção. Reno et al (2010) complementa que o monitoramento da produção revela perdas escondidas nos processos e possibilita melhorias e ganhos nos mesmos.

A Manutenção Produtiva Total ou *Total Productive Maintenance* (TPM) surgiu no Japão na década de 70 (Xenos, 2004). Foi criado e desenvolvido a partir do conceito do *Toyota Production System* (TPS) com a filosofia de reduzir e eliminar os desperdícios, gerando valor para o cliente e tornando a organização mais competitiva no mercado.

O TPM é definido em um de seus primeiros conceitos por Nakajima (1989) como sendo a “Manutenção conduzida com a participação de todos”. Para Slack et al (2009) as atividades de manutenção preventiva, quando realizadas de maneira integrada, através de pequenos grupos de operadores, que tomam para si a responsabilidade por suas máquinas e executam atividades rotineiras de manutenção e reparo simples, recebe a denominação de Manutenção Produtiva Total, ou TPM.

Sampaio (1993) afirma que o TPM é “a busca de maior eficiência da manutenção produtiva, por meio de um sistema compreensivo baseado no respeito individual e na total participação dos empregados”. O programa de TPM está estruturado sobre oito pilares estratégicos, no qual envolve toda a empresa, levando-a à definição de metas para redução de falhas, quebras e defeitos zero:

- 1- Manutenção Planejada;
- 2- Manutenção Autônoma;
- 3- Melhoria Específica;
- 4- Educação e treinamento;
- 5- Controle Inicial;
- 6- Manutenção da Qualidade;
- 7- TPM nas Áreas Administrativas;
- 8- Segurança, Higiene e Meio ambiente.

Sendo uma das bases do *Lean Manufacturing*, o TPM é um programa de gestão que visa atingir a máxima eficiência do sistema produtivo, através da busca constante pela perda zero, potencialização da utilização dos recursos físicos e humanos existentes, elevando o conhecimento e a autoestima dos colaboradores (PINTO e LIMA, 2007). O TPM visa, portanto, o aumento do rendimento global.

A implantação do TPM dentro da organização e sua correta utilização proporcionam a realização de melhorias significativas que se renovam continuamente à medida que as metas são alcançadas e de acordo com o avanço do programa.

2.3. LEAN MANUFACTURING

O termo *Lean*, que é traduzido como “enxuto” no idioma português, foi citado originalmente no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (*The Machine that Changed the World*), de Womack, Jones e Roos, publicado nos EUA em 1990.

O termo “produção enxuta” foi disseminado por Womack, Jones e Roos (1992), após relatarem os resultados de um amplo estudo na indústria automobilística mundial (*International Motor Vehicle Program - IMVP*) que identificou diferenças significativas de produtividade entre as empresas japonesas e as empresas ocidentais. Os autores observaram que, na verdade, essas diferenças não eram resultantes apenas de uma técnica específica de gestão de operações, mas de um sistema integrado de princípios e técnicas que vieram receber a importante denominação de Produção Enxuta.

O pensamento enxuto é definido por Womack e Jones (2004) como uma forma de especificar valor, alinhá-lo na melhor sequência das ações que o criam, realizar as atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e de forma cada vez mais eficaz. O grande desafio da Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*) é reduzir ao máximo as perdas, realizando um esforço contínuo para o alcance de um estado caracterizado por desperdício mínimo e fluxo máximo (TAPPING e SHUKER, 2010).

Para explicar melhor o pensamento *lean* e como a produção enxuta pode impactar no resultado dos processos produtivos, Ohno (1997) identificou sete tipos de desperdícios que impactam negativamente um sistema produtivo, de modo que suas práticas resultam em uma produção contrária ao ideal implicada pelo pensamento *Lean*.

Os sete principais desperdícios são:

i) Superprodução (produzir excessivamente ou cedo demais, resultando em fluxo pobre de peças e informações, ou excesso de inventário);

- ii) Espera (longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informações, resultando em um fluxo pobre, bem como em lead times longos);
- iii) Transporte excessivo (movimento excessivo de pessoas, informação ou peças, resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia);
- iv) Processos inadequados (utilização do jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos, geralmente quando uma aproximação mais simples pode ser mais efetiva);
- v) Inventário desnecessário (armazenamento excessivo e falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos e baixa *performance* do serviço prestado ao cliente);
- vi) movimentação desnecessária (desorganização do ambiente de trabalho, resultando baixa *performance* dos aspectos ergonômicos e perda frequente de itens);
- vii) produtos defeituosos (problemas frequentes nas cartas de processos, problemas de qualidade do produto ou baixa *performance* na entrega).

Estes desperdícios podem ser reduzidos e eliminados por meio das práticas e ferramentas desenvolvidos pelo Lean Manufacturing, que serão melhor explicadas nos próximos tópicos.

2.4. FERRAMENTAS DA QUALIDADE

De acordo com Carvalho *et al.* (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 viabilizar a implantação de melhorias nos processos de produção. Corroborando, Las Casas (2008) enfatiza que as ferramentas de análise auxiliam na identificação e solução de problemas.

Por não possuir grande alcance, as ferramentas de qualidade, em geral, **enfatizam** a operação de um equipamento ou um setor produtivo. São representadas através de procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, dispositivos, esquemas de funcionamento, entre outros (CARVALHO *et al.*, 2012).

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”, que

objetivavam uma coleta e interpretação mais simples e eficaz do uso de dados (MARTINELLI, 2009). A seguir são apresentadas duas das sete ferramentas da qualidade, que puderam ser utilizadas no presente trabalho.

2.4.1. Diagrama de Causa e Efeito

Também conhecido como diagrama de Ishikawa ou gráfico de espinha de peixe, esta ferramenta 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 6 componentes: mão de obra; métodos; materiais; máquinas; medições e meio ambiente. A cada um dos componentes atribuem-se possíveis causas para o efeito analisado, conforme demonstra a Figura 1.

Figura 1 - Exemplo do Diagrama de Causa e Efeito.



Fonte: Adaptada de Abrantes (2009).

Uma técnica que contribui para a construção do diagrama de causa e efeito na identificação das possíveis causas é o *brainstorming*. De acordo com Martinelli (2009),

o *brainstorming*, também conhecido como “tempestade de ideias” é uma técnica simples de dinâmica de grupo que tem como objetivo incentivar a participação das pessoas em reuniões ou trabalhos em grupos, onde o foco é obter ideias de forma livre, ou seja, explorar a potencialidade criativa do indivíduo.

2.4.2. Fluxograma

Segundo Paladini (2012), os fluxogramas são representações gráficas das fases que compõem um processo que possibilitam uma visão global desse processo, bem como das características de cada uma das etapas e de como elas se relacionam entre si. Através da ferramenta é possível identificar operações críticas ou situações que ocorrem cruzamento de fluxos, caracterizando-se gargalos. Os fluxogramas são compostos por símbolos que identificam cada operação básica ou secundária e oferecem mecanismos para, se for necessário, a realização de esquemas alternativos.

2.5. OEE

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 através 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.

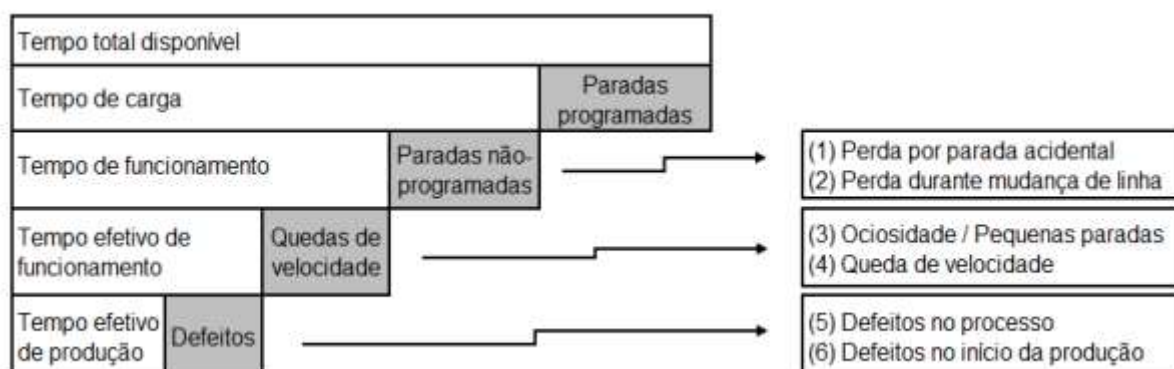
Para se atingir a maximização do custo do ciclo do equipamento, Nakajima (1989) afirma que é necessário eliminar seis grandes perdas que acarretam uma *performance* indesejada das máquinas. São elas:

- 1) Perda por parada acidental;
- 2) Perda durante a mudança de linha;
- 3) Ociosidade/pequenas paradas;
- 4) Queda de velocidade de trabalho;

- 5) Defeito no processo;
- 6) 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 2 e as Equações 1, 2 e 3.

Figura 2 - Definição das variáveis do OEE.



Fonte: Adaptado de Nakajima (1989).

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

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

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

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 através do Índice de Eficiência Global (OEE) dos equipamentos, conforme mostra a Equação 4.

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

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).

Hansen (2006) enfatiza que através do indicador de eficiência global dos equipamentos é possível identificar a existência da “fábrica oculta” dentro das organizações e quantificar sua eficiência. Este conceito de tesouros escondidos, citado por Nakajima (1989), é responsável pelos baixos índices de eficiência advindos das perdas no processo de produção que causam diminuição dos lucros da empresa.

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).

Todas as vantagens que o indicador de eficiência global oferece proporcionam a criação de melhores planos de manutenção e produção para cada equipamento analisado. Para conduzir as ações de melhorias, Nakajima (1989) propõe que a análise do indicador OEE esteja interligada com ferramentas de gestão da qualidade para tratar as causas raízes dos problemas.

2.6. INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

O aço é um produto de extrema importância na existência da sociedade e que se faz muito presente nas atividades humanas. Assume um papel determinante no funcionamento e da economia, sendo um forte indicador do seu desenvolvimento. Seu consumo cresce proporcionalmente à construção de edifícios, execução de obras públicas, instalação de meios de comunicação e produção de equipamentos. De acordo com o Instituto Brasileiro de Siderurgia – IBS, no atual estágio de desenvolvimento da sociedade, é impossível imaginar o mundo sem o uso de ferro fundido e aço. A siderurgia é setor no qual ocorre a fabricação do aço em forma de

produtos semi-acabados, laminados, trefilados, entre outros (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2015).

2.6.1. Um Resumo da História do Aço

A fronteira entre o ferro e o aço foi definida na Revolução Industrial, com a invenção de fornos que permitiam não só corrigir as impurezas do ferro, como adicionar-lhes propriedades como resistência ao desgaste, ao impacto, à corrosão, etc. Por causa dessas propriedades e do seu baixo custo o aço passou a representar cerca de 90 % de todos os metais consumidos pela civilização industrial.

No atual estágio de desenvolvimento da sociedade, é impossível imaginar o mundo sem o uso do aço. A produção de aço é um forte indicador do estágio de desenvolvimento econômico de um país. Seu consumo cresce proporcionalmente à construção de edifícios, execução de obras públicas, instalação de meios de comunicação e produção de equipamentos. Esses materiais já se tornaram corriqueiros no cotidiano, mas fabricá-los exige técnica que deve ser renovada de forma cíclica, por isso o investimento constante das siderúrgicas em pesquisa. O início e o processo de aperfeiçoamento do uso do ferro representaram grandes desafios e conquistas para a humanidade (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2015).

2.6.2. A Indústria Siderúrgica no Brasil

Segundo o Instituto de Aço Brasil, o setor siderúrgico é representado por 14 empresas privadas, controladas por onze grupos empresariais e operando 29 usinas distribuídas por 10 estados brasileiros. A indústria do aço no Brasil foi responsável pela produção, em 2009, de 26,5 milhões de toneladas de aço bruto, levando o país a ocupar a 9ª posição no ranking da produção mundial (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2015).

A privatização das empresas, finalizada em 1993, trouxe ao setor expressivo afluxo de capitais, em composições acionárias da maior diversidade. Assim, muitas empresas produtoras passaram a integrar grupos industriais e/ou financeiros cujos interesses na siderurgia se desdobraram para atividades correlatas, ou de apoio logístico, com o objetivo de alcançar economia de escala e competitividade.

O parque produtor está apto a entregar ao mercado qualquer tipo de produto siderúrgico, desde que sua produção se justifique economicamente (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2015).

O consumo “per capita” de aço no Brasil, que vem se mantendo na ordem dos 100 kg/hab/ano desde 1980, está muito aquém dos valores observados nas economias desenvolvidas, superiores a 400 kg/hab/ano (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2015). O baixo consumo “per capita” mostra que, além da evolução normal decorrente da regular atividade econômica, há elevado potencial de crescimento que pode ser realizado através da promoção do uso do aço, a exemplo do que é normalmente feito nas economias desenvolvidas. No atual estágio da economia brasileira, a evolução do consumo de aço apresenta elasticidade de renda elevada e forte correlação com as evoluções do PIB e do produto industrial. Cinco grandes setores - construção civil, automotivo, bens de capital, utilidades domésticas e comerciais, embalagens e recipientes representam mais de 80 % do consumo de aço no Brasil.

A siderurgia brasileira produz a quase totalidade dos produtos demandados pelo mercado e atende competitivamente a mais de 95 % do consumo interno. Empenha-se também em promover a ampliação do mercado através de parcerias com setores consumidores para maior competitividade das cadeias e o desenvolvimento de novos usos para os produtos siderúrgicos. Estima-se que a metade dos aços usados atualmente não existia até o início dos anos 90. Essa tendência permanecerá e novos aços continuarão a ser desenvolvidos, atendendo às necessidades do mercado e mantendo a essencialidade do produto “aço” (SIDERURGIA BRASILEIRA: PRINCÍPIOS E POLÍTICAS, 2007).

2.6.3. Processo de Fabricação

O aço é produzido, basicamente, a partir de minério de ferro, carvão e cal. A fabricação do aço pode ser dividida em quatro etapas: preparação da carga, redução, refino e laminação.

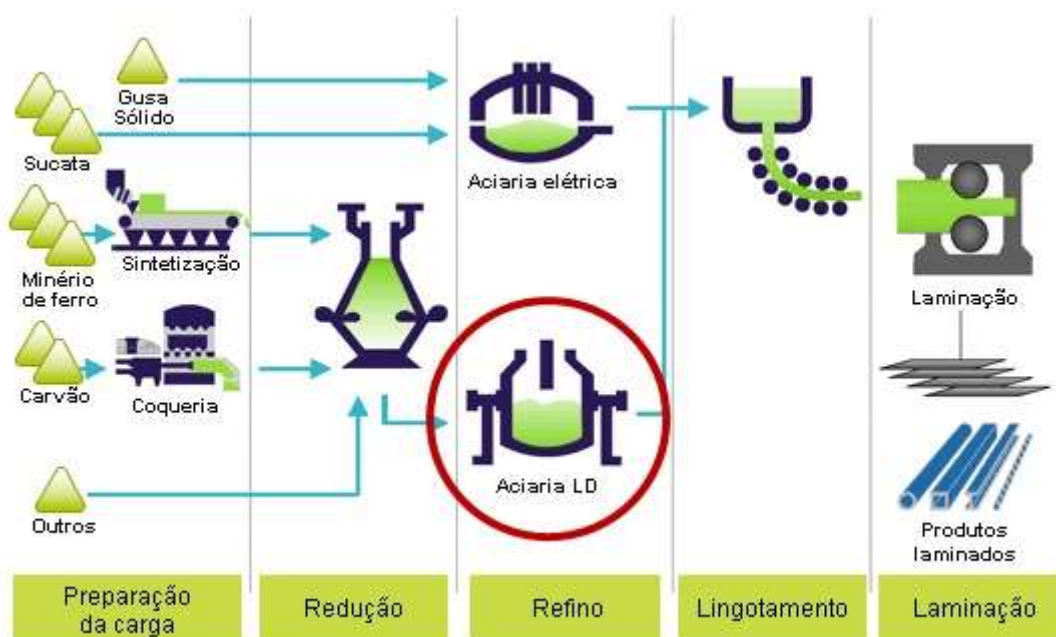
Em uma usina integrada de fabricação de aço, na primeira etapa, que é a preparação da carga, o minério e o carvão são previamente preparados para melhoria do rendimento e economia do processo. Grande parte do minério de ferro (finos) é aglomerada utilizando-se cal e finos de coque e o produto resultante é chamado de sinter. O carvão é processado e destilado na coqueria e transforma-se em coque.

Na redução, as matérias-primas, agora preparadas, são carregadas no alto forno. A redução é o processo de remoção do oxigênio do ferro para ligar-se ao carbono e ocorre dentro de um equipamento chamado alto forno. O oxigênio aquecido a uma temperatura de 1000°C é soprado pela parte de baixo do alto forno. O carvão, em contato com o oxigênio, produz calor que funde a carga metálica e dá início ao processo de redução do minério de ferro em um metal líquido: o ferro-gusa, que é uma liga de ferro e carbono com um teor de carbono muito elevado.

A etapa seguinte do processo é o refino. No refino, a aciaria é utilizada para transformar o gusa e a sucata de ferro e aço em aço líquido. Nessa etapa, parte do carbono contido no gusa é removido juntamente com impurezas. A maior parte do aço líquido é solidificada em equipamentos de lingotamento contínuo para produzir semiacabados, lingotes e blocos.

Na última etapa, laminação, o aço, em estado sólido e reaquecido para permitir sua transformação física, é deformado mecanicamente e processado por equipamentos chamados laminadores, sendo transformados em uma grande variedade de produtos siderúrgicos utilizados pela indústria de transformação, como chapas grossas e finas, bobinas, vergalhões, arames, perfilados, barras, etc. (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2015). A Figura 3 mostra o fluxo simplificado do processo de produção do aço, onde o equipamento convertedor, objeto deste estudo, está inserido na etapa de refino.

Figura 3 - Fluxo simplificado de produção do aço.



Fonte: INSTITUTO DE AÇO BRASIL, 2015.

2.6.4. As Divisões do Aço

Há um número muito grande de formas e tipos de produtos de aço. A grande variedade dos aços disponíveis no mercado deve-se ao fato de cada uma de suas aplicações demandarem alterações na composição e forma.

2.6.4.1. Pelo Tipo do Aço

Em relação à composição química do aço, ao processamento, controles e ensaios (visando atender especificações dos clientes), além de sua utilização final, os aços podem ser classificados da seguinte forma:

- Aços Carbono: São aços ao carbono, ou com baixo teor de liga, de composição química definida em faixas amplas.
- Aços Ligados / Especiais: São aços ligados ou de alto carbono, de composição química definida em estreitas faixas para todos os elementos e especificações rígidas.
- Aços construção mecânica: são aços ao carbono e de baixa liga para forjaria, rolamentos, molas, eixos, peças usinadas, etc.
- Aços ferramenta: são aços de alto carbono ou de alta liga, destinados à fabricação de ferramentas e matrizes, para trabalho a quente e a frio, inclusive aços rápidos.

2.6.4.2. Por Forma Geométrica

Outra forma de classificação adicional ao aço é quanto à forma geométrica. As principais categorias são:

Semiacabados: Produtos oriundos de processo de lingotamento contínuo ou de laminação de desbaste, destinados a posterior processamento de laminação ou forjamento a quente.

- Placas;
- Blocos;

- Tarugos;

Produtos Planos: Produtos siderúrgicos, resultado de processo de laminação, cuja largura é extremamente superior a espessura, e são comercializados na forma de chapas e bobinas de aços carbono e especiais.

Produtos Longos: Produtos siderúrgicos, resultado de processo de laminação, cujas seções transversais têm formato poligonal e seu comprimento é extremamente superior à maior dimensão da seção, sendo ofertados em aços carbono e especiais. (INSTITUTO AÇO BRASIL,2015).

2.6.5. Aplicações do Aço

O aço está presente no dia a dia de todas as pessoas e pode ser encontrado nos mais variados lugares, possuindo diversas utilidades e aplicações.

Empregado nos restaurantes, cozinhas industriais, hospitais, laboratórios, empresas em geral e nas casas das pessoas, tem a resistência necessária para os mais variados usos em forma de utensílios domésticos. Entre as propriedades do aço estão a resistência a baixas e altas temperaturas, superfície que evita o acúmulo de resíduos, composição química que o impede descascar, longa durabilidade e baixo custo de manutenção.

Também está presente em carros, caminhões, ônibus, trens, metrô, navios, bicicletas e motocicletas. Transporta a população, interliga cidades e conduz as cargas, distribuindo riquezas e espalhando progresso.

As embalagens de aço são usadas pela indústria em geral, sendo importantes na conservação e transporte de alimentos, produtos químicos, agrícolas, tintas, gases de cozinha e industriais. Especialmente em relação aos alimentos, o aço evita a contaminação, assegurando a sua qualidade.

Além disso, é usado em usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares, torres de transmissão, transformadores, cabos elétricos, plataformas, tubulações, equipamentos de prospecção e extração de petróleo, assim como em perfuratrizes, esteiras e caçambas das minas de carvão. É, portanto, fundamental na produção e distribuição de energia no País.

Amplamente utilizado na construção civil, o aço pode estar presente como parte das obras ou como material principal. O sistema construtivo em aço permite liberdade no

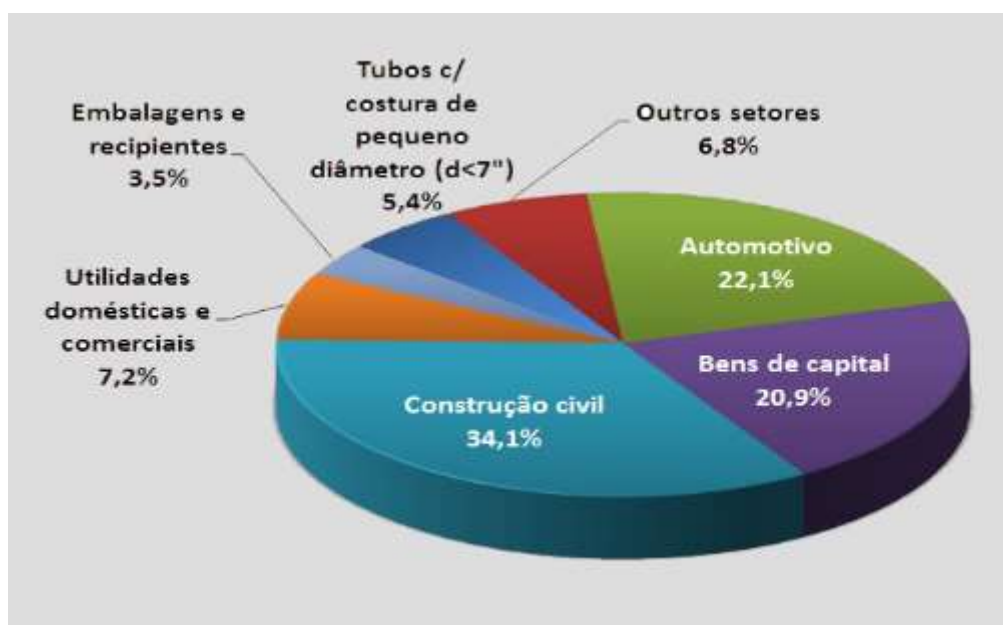
projeto de arquitetura, maior área útil, flexibilidade, compatibilidade com outros materiais, menor prazo de execução, racionalização de materiais e mão-de-obra, alívio de carga nas fundações, garantia de qualidade, maior organização nos canteiros de obras e precisão construtiva.

O aço começa a ser utilizado ainda no início das cadeias produtivas, quando dá forma a máquinas que servirão para fazer produtos necessários ao bem-estar da população. São os bens de capital. Alimentos, eletrodomésticos, material de higiene e limpeza, automóveis, etc., todos os produtos industrializados dependem de bens de capital para existir e o aço é uma de suas matérias primas básicas.

A eficiência do setor agrícola está diretamente ligada ao consumo de aço. A terra é preparada com arados, semeada e cercada usando equipamentos fabricados com aço. Na hora da colheita, com as ceifadeiras e colheitadeiras, assim como na armazenagem em silos e graneleiros, o aço também está presente, permitindo que os alimentos cheguem ao mercado (INSTITUTO AÇO BRASIL,2015).

A divisão do aço no Brasil pode ser exemplificada na Figura 4:

Figura 4 - Distribuição de aço no Brasil em 2017.



Fonte: INSTITUTO DE AÇO BRASIL, 2017.

Com uma grande capacidade de produção instalada e com um parque produtor entre os mais modernos do mundo, as siderúrgicas necessitam utilizar indicadores como o OEE para aprimorarem o monitoramento de seus processos e buscarem sempre a melhoria contínua.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA UTILIZADA

Este trabalho foi realizado em uma empresa siderúrgica de grande porte localizada na grande Vitória, no Espírito Santo, e que possui operações em outros estados e países. A proposta do trabalho foi descrever e utilizar o OEE como ferramenta para identificação e solução de perdas no processo de refino primário do aço, realizado em convertedores (tipo LD), e auxílio na tomada de decisão estratégica. A empresa tem seu portfólio de produção composto por chapas e bobinas de aço com variedade de medidas e itens.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Conforme Gil (2002), as formas mais comuns de classificar a pesquisa são: quanto à natureza, quanto aos objetivos, quanto aos procedimentos e quanto a forma de abordagem do problema. Na Tabela 2, o presente estudo é classificado de acordo com suas peculiaridades, conforme as definições de Gil (2002).

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.

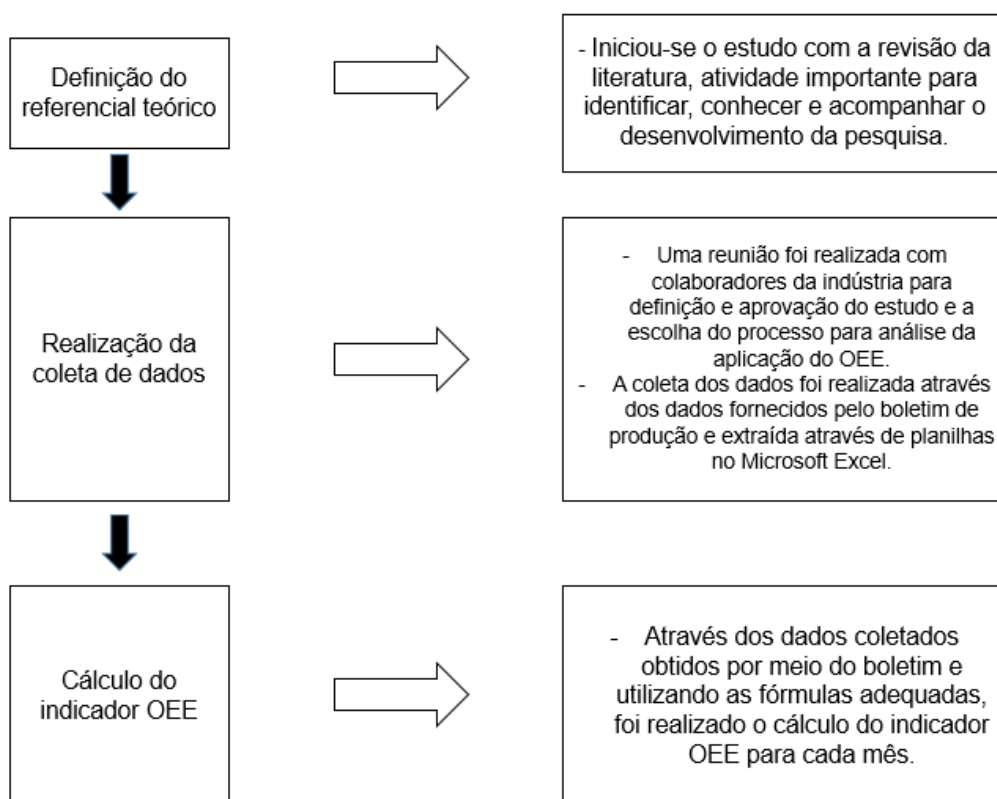
Forma de abordagem do problema	Quantitativa	Pois tanto na coleta de informações quanto no tratamento dos dados foram utilizadas técnicas quantitativas.
--------------------------------	---------------------	---

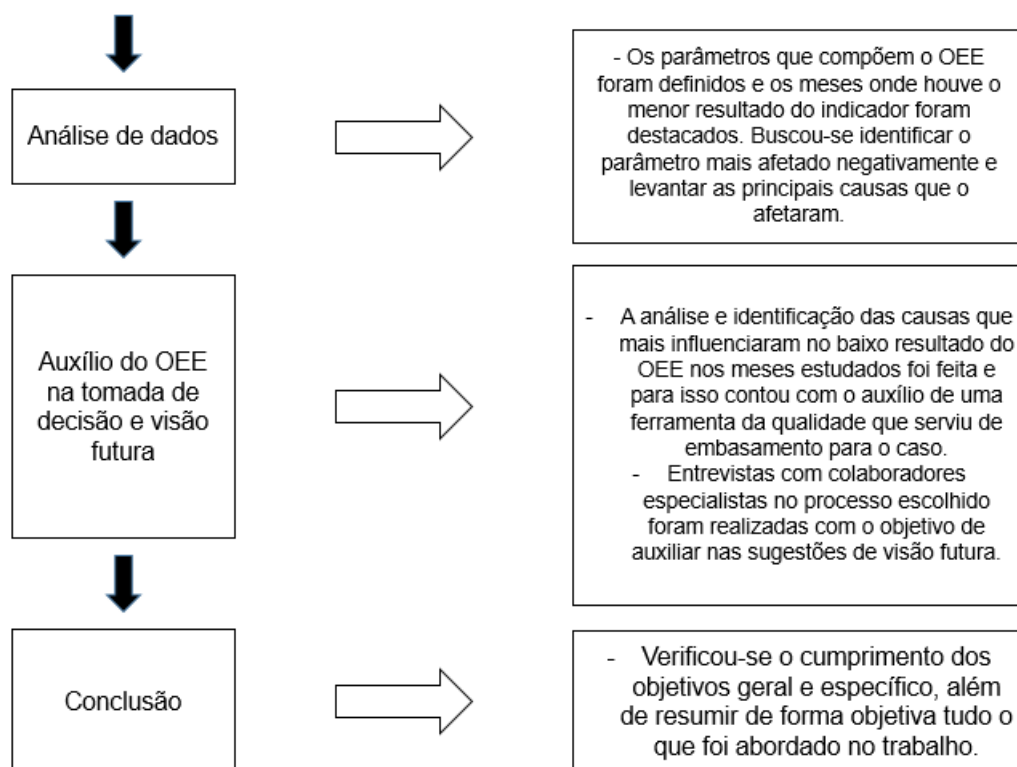
Fonte: Elaborada pelos autores.

3.2. ETAPAS DA PESQUISA

A metodologia da pesquisa adotada no presente trabalho foi dividida em etapas, sendo cada uma destas representadas na Figura 5 - Fluxograma da metodologia da pesquisa utilizada..

Figura 5 - Fluxograma da metodologia da pesquisa utilizada.





Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme mostrado no fluxograma (Figura 5 - Fluxograma da metodologia da pesquisa utilizada.), a pesquisa foi iniciada com a 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. O passo seguinte foi realizar uma definição dos dados a serem coletados após reuniões e entrevistas com colaboradores da indústria para definição de onde e em quais processos e equipamentos analisar a implantação do OEE e das possíveis melhorias adquiridas através da utilização do indicador.

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 afim de validar o resultado obtido e a análise realizada. Além dessas entrevistas, foram realizadas também 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, que foram apresentadas no Capítulo 2. Após o cálculo, as análises dos dados referentes ao processo em questão tiveram o auxílio do uso de uma das ferramentas da qualidade, visto que esta colabora na identificação dos pontos com maiores potenciais de melhorias e redução de desperdícios para a tomada de decisão estratégica eficaz. A partir disso, buscou-se verificar se o objetivo geral e o específico foram cumpridos de acordo com o estudo proposto.

4. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos a partir dos dados analisados. O capítulo foi dividido nas seguintes seções: caracterização da empresa, equipamentos analisados onde foram implantados o OEE, coleta de dados, cálculo do OEE, análise, interpretação e comparação dos resultados e sugestões de melhorias.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa localiza-se no município da Serra, região metropolitana da Grande Vitória, no Espírito Santo e é considerada referência no setor siderúrgico do Brasil, consolidada no mercado, devido à produção de bobinas a quente e placas de aço em larga escala. Surgida no ano de 1974, a empresa atende as demandas tanto do mercado interno quanto externo e possui uma capacidade de produção de 7,5 milhões de toneladas por ano aproximadamente, sendo a 3ª maior produtora brasileira de aços laminados.

4.2. EQUIPAMENTO ANALISADO ONDE FOI IMPLANTADO O OEE

Após uma reunião com colaboradores da empresa, foi necessário realizar a escolha do maquinário para aplicação do indicador OEE. A decisão final ficou entre as máquinas que realizam etapas consideradas importantes do processo nas quais o indicador está sendo bem acompanhado e utilizado pela equipe. Assim sendo, optou-se pela análise no convertedor 3. 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.

4.3. COLETA DE DADOS

A coleta de dados envolveu a participação de colaboradores: foi preciso de reuniões e entrevistas para entender o funcionamento dos equipamentos e compreender como o indicador é analisado e utilizado na área. Através da ferramenta *Microsoft Excel*

foram alimentados os dados fornecidos necessários para realização do cálculo do OEE.

Para o presente trabalho foram utilizados os dados coletados durante o período do dia 01 de janeiro de 2018 a 31 de dezembro de 2018.

4.4. CÁLCULO DO OEE

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 através do boletim de paradas da empresa, que possui a série histórica de todas as perdas e paradas, sendo possível extraí-los através de planilhas no *Microsoft Excel*, como mostrado na Figura 6 - Planilha referente à base de dados das paradas. abaixo:

Figura 6 - Planilha referente à base de dados das paradas.

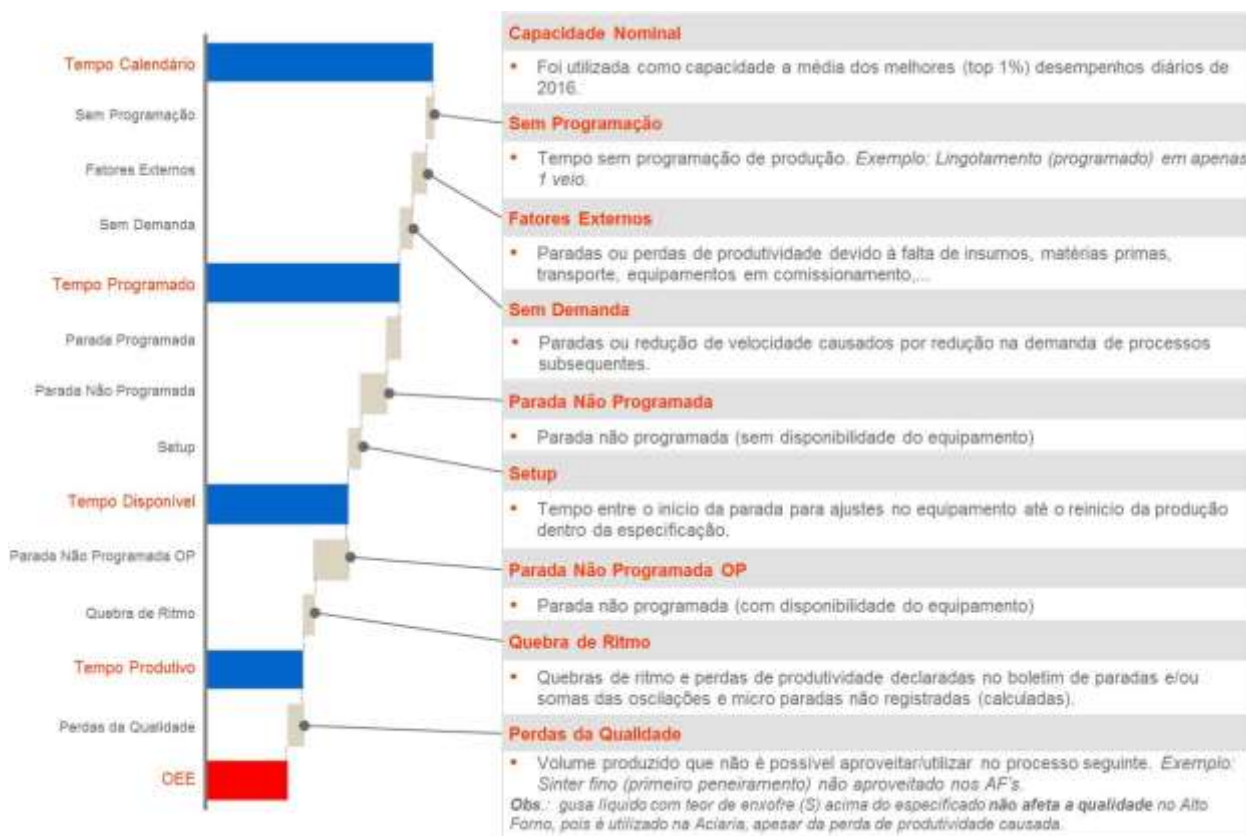
I	A	B	C	E	G	I	J	K
1	Unicat	Área macro	Sub-Área	Equipamento/Sistem	Desc Parada	Desc Tipo Parada 3	CLASS 1	CLASS 2
3397	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PP-TRAT ^o AÇO CTPA DO LD - FALHA EQUIPAMENTO	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo	
3398	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PP-TRAT ^o AÇO CTPA DO LD - FALHA OPERACIONAL	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo	
3399	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PP-TRAT ^o 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 REFRAFRIO DE I	RITMO REDUZIDO	2-Performance	2-Quebra de Ritmo	
3408	REFINOSR REFINOS	REF. PRIMARIO	Aciaria - Convertedor 03	PP-TROCA IMPREVISTA DO CONJUNTO REFRAFRIO V7L	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 REFRAFRÁRIA	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	RETRORNO 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	

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).

As perdas do OEE que são levadas em consideração no cálculo do indicador, estão apresentadas na Figura 7 - Desagregação do indicador OEE. abaixo, onde cada perda segue de acordo com uma classificação específica da empresa:

Figura 7 - Desagregação do indicador OEE.

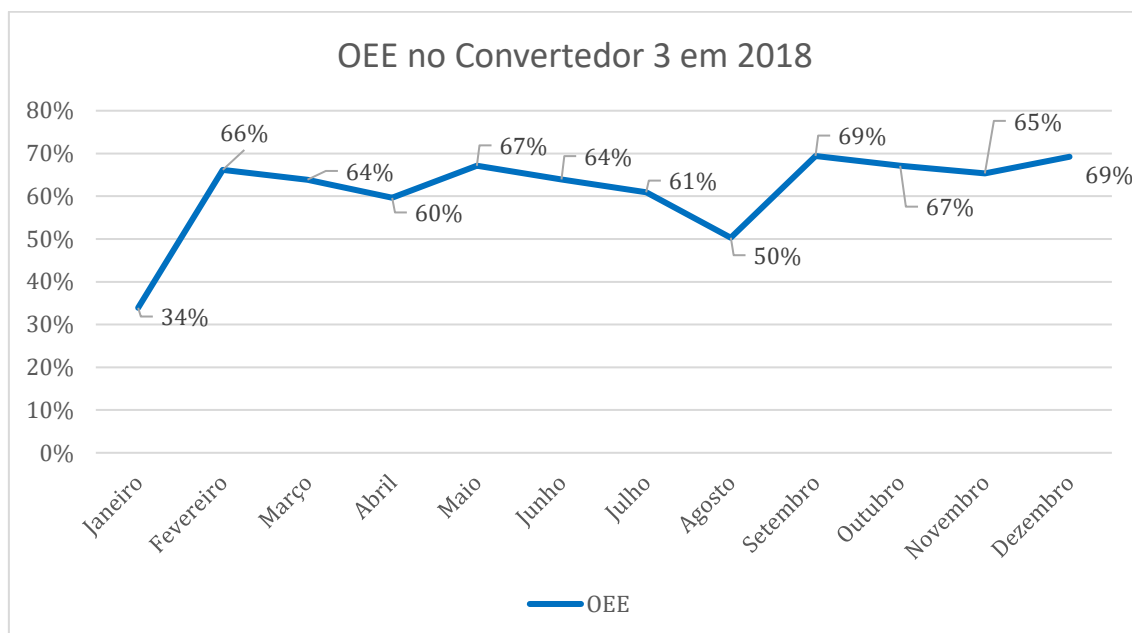


Fonte: Dados da empresa.

O resultado mês a mês do OEE do Convertedor 3, referente ao ano de 2018 é apresentado a seguir, de acordo com a

Figura 8 - Resultados do OEE mês a mês no Convertedor 3 em 2018.:

Figura 8 - Resultados do OEE mês a mês no Convertedor 3 em 2018.

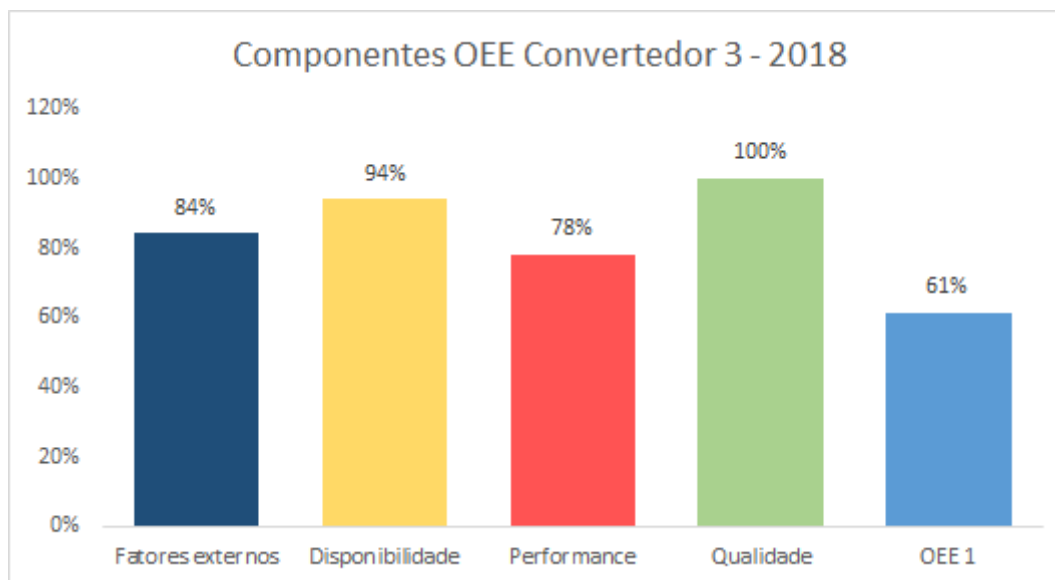


Fonte: Elaborada pelos autores.

Além dos três parâmetros levados em conta no cálculo do OEE (disponibilidade, *performance* e qualidade), a empresa em questão também adiciona um parâmetro a mais à fórmula (fatores externos), que também é levado em conta e interfere no resultado final do cálculo do indicador. Este componente foi adicionado ao cálculo para estratificar paradas não-planejadas e quebras de ritmo de produção devido à estratégia e mercado, já que as paradas causadas por fatores externos independem da atuação da área, como falta de demanda, insumo, energia, entre outros. Essa foi uma adaptação da empresa julgada necessária pois esses tipos de perda estão sujeitos a qualquer organização, não sendo exclusividade de uma área específica e também impedem que os equipamentos atinjam sua efetividade máxima.

Considerando os quatro principais atributos levados em conta no cálculo do OEE, a média final do indicador é mostrada no gráfico da Figura 9 - Média final do OEE e seus componentes no Convertedor 3 em 2018.:

Figura 9 - Média final do OEE e seus componentes no Convertedor 3 em 2018.



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.5. ANÁLISE, INTERPRETAÇÃO E COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Analisando os resultados do cálculo do OEE no processo do Convertedor 3, é possível perceber que o valor final do índice de rendimento global para o ano de 2018 foi de 61%. Os meses em que o indicador atingiu seu maior valor foram em setembro e dezembro, com 69%, enquanto o mês onde houve o menor valor registrado foi em janeiro, 34%.

Quanto aos atributos que compõem o OEE (fatores externos, disponibilidade, *performance* e qualidade), a qualidade foi o que obteve o maior valor. 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. O componente de Disponibilidade, que obteve um resultado de 94%, também pode ser considerado como um ótimo resultado operacional. Esses dois componentes ficaram acima dos valores desejáveis sugeridos por Nakajima (1989), conforme mostra a Tabela 3:

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

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

Fonte: Adaptado de Nakajima (1989).

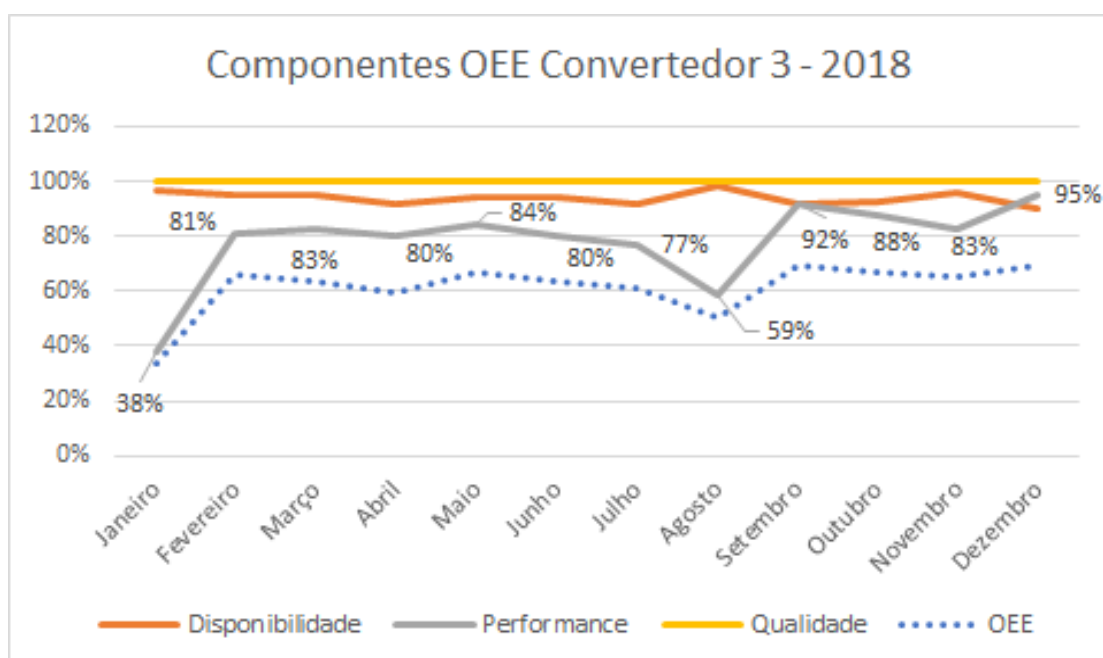
Podemos observar na Tabela 3 que o componente “Fatores Externos”, como já explicado, foi adicionado como uma alteração da metodologia feita pela própria empresa que expressa melhor a realidade, já que as causas das perdas são relacionadas por fatores externos que independem do processo do Convertedor. Por isso, esse atributo não possui classificação de acordo com a revisão bibliográfica. 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 que esse atributo foi o que mais afetou negativamente o resultado global do convertedor 3 e que as perdas relacionadas à *performance* foram as maiores responsáveis pela queda do valor final do OEE. 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 o seguinte gráfico da

Figura 10 - Desdobramento do OEE e seus componentes no Convertedor 3 mês a mês em 2018.:

Figura 10 - Desdobramento do OEE e seus componentes no Convertedor 3 mês a mês em 2018.



Fonte: Elaborada pelos autores.

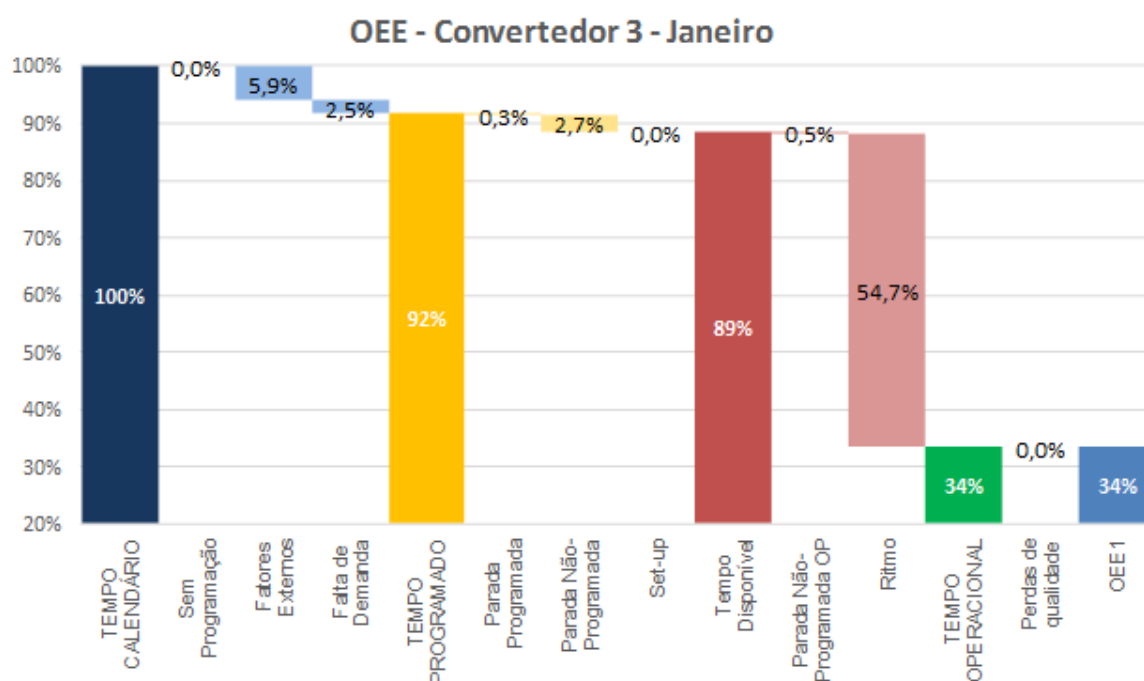
De acordo com o gráfico acima, é possível concluir que o resultado do atributo de *Performance* obteve, durante praticamente o ano inteiro, um valor abaixo dos demais. Somente em um mês (dezembro) o componente *performance* esteve entre os valores desejáveis propostos por Nakajima (1989). Além disso, é visível também que esse componente obteve um resultado abaixo da média anual de 78% em três meses, que foram janeiro, julho e agosto.

Por isso, foi realizado um detalhamento das perdas durante esses três meses, com o objetivo de identificar os principais motivos desses resultados obtidos, sobretudo relacionado ao atributo de *Performance*.

4.5.1. Detalhamento do Mês de Janeiro

Especificando o motivo de cada ou perda no mês de janeiro, assim como a porcentagem de cada uma, foi desenvolvido o gráfico a seguir, conforme a Figura 11 - Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em janeiro de 2018.:

Figura 11 - Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em janeiro de 2018.



Fonte: Dados da empresa.

De uma forma geral, as perdas sem programação (tempo sem programação da produção), fatores externos (paradas ou perdas de produtividade devido à falta de insumos, matérias primas, transporte, equipamentos, etc.) e falta de demanda (paradas ou redução de velocidade causados por redução na demanda de processos subsequentes) são relacionadas ao componente de Fatores Externos, ou seja, aquelas perdas que por quaisquer motivos ocorreram independente da área ou processo em questão. 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

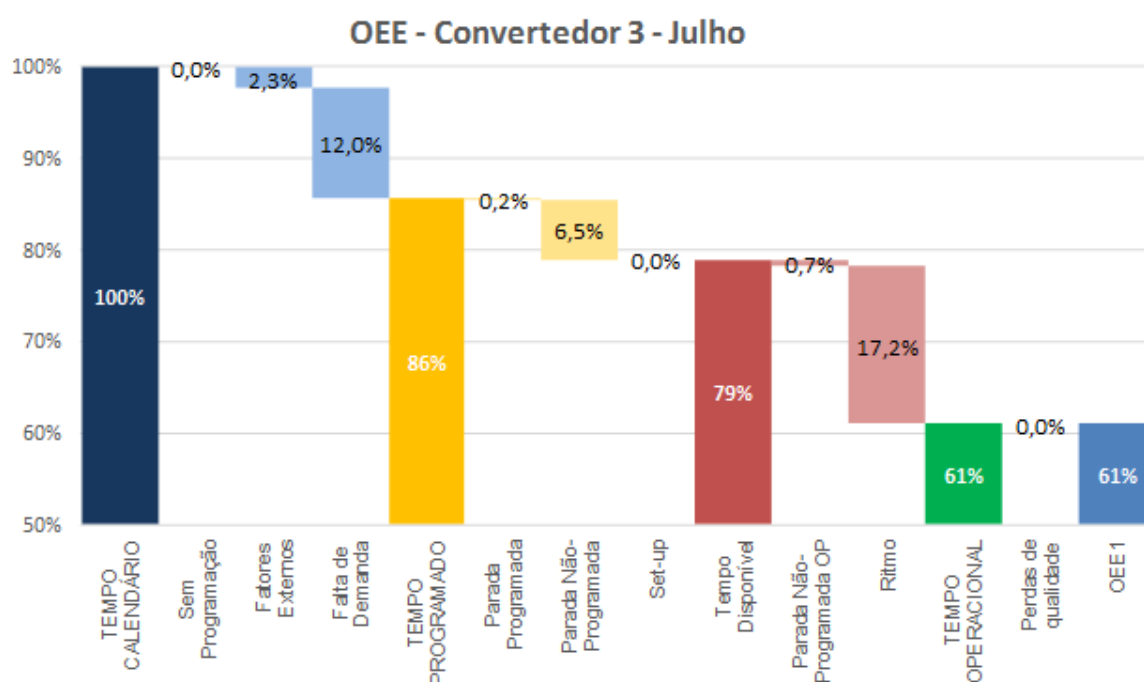
ao componente de Disponibilidade do OEE. As paradas não programadas OP (com disponibilidade do equipamento) e as quebras de ritmo (quebras de ritmo e perdas de produtividade declaradas no boletim de paradas e/ou somas das oscilações e micro paradas não registradas) se referem ao atributo de *Performance*, 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.

O gráfico da Figura 11 - Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em janeiro de 2018, 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.

4.5.2. Detalhamento do Mês de julho

Especificando o motivo de cada perda no mês de julho, assim como a porcentagem de cada uma, foi desenvolvido o gráfico a seguir, conforme a Figura 12 - Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em julho de 2018.:

Figura 12 - Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em julho de 2018.



Fonte: Dados da empresa.

O gráfico da

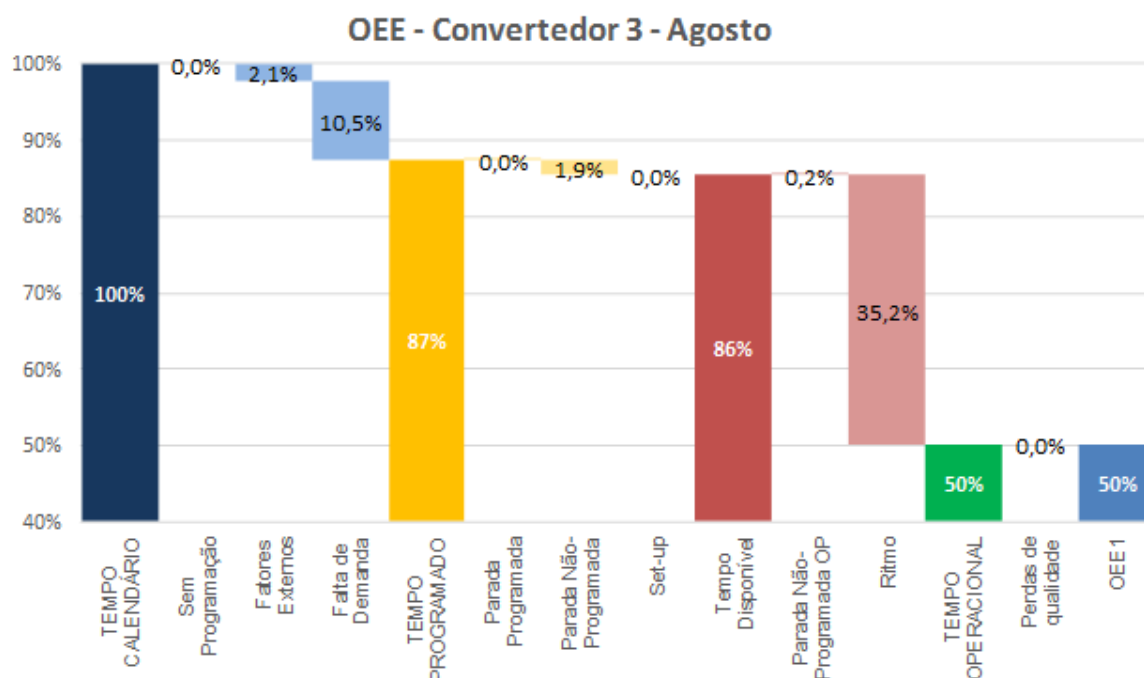
Figura 12 - Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em julho de 2018. mostra que o principal motivo pelo baixo resultado de 61% do OEE no mês de julho de 2018 e sobretudo no componente *Performance*, se deve principalmente ao elevado índice gerado pela quebra de ritmo, que foi responsável por 17,2% das perdas do mês em questão.

4.5.3. Detalhamento do Mês de agosto

Especificando o motivo de cada perda no mês de agosto, assim como a porcentagem de cada uma, foi desenvolvido o gráfico a seguir, conforme a

Figura 13 - Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em agosto de 2018.:

Figura 13 - 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 pelo gráfico da

Figura 13 - Detalhamento das perdas do OEE no Convertedor 3 em agosto de 2018. 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.

Então, conclui-se que nos 3 meses analisados o principal fator que interferiu no baixo índice do OEE foram as quebras de ritmo. Assim, busca-se soluções para diminuir essa taxa.

4.6. AUXÍLIO NA TOMADA DE DECISÃO ATRAVÉS DO INDICADOR OEE

De acordo com os resultados obtidos nos gráficos dos meses analisados, o parâmetro *performance* foi o que obteve o menor valor dentre aqueles que compõem o OEE e a quebra de ritmo foi o principal fator causador da baixa *performance*. Portanto, as soluções devem ser voltadas para a quebra de ritmo, a fim de buscar aumentar o índice de eficiência global das máquinas.

Buscando achar as razões para a elevada quebra de ritmo nos meses estudados, encontrou-se dificuldade nesta etapa devido principalmente a dois fatores: o primeiro pelo fato do ritmo englobar diferentes tipos de perdas, muito específicos e podendo variar muito de um mês para outro. O segundo devido à confidencialidade dos dados. Apesar disso, é possível listar alguns dos motivos, de forma geral, que podem ser responsáveis pela alta quebra de ritmo no convertedor, por exemplo:

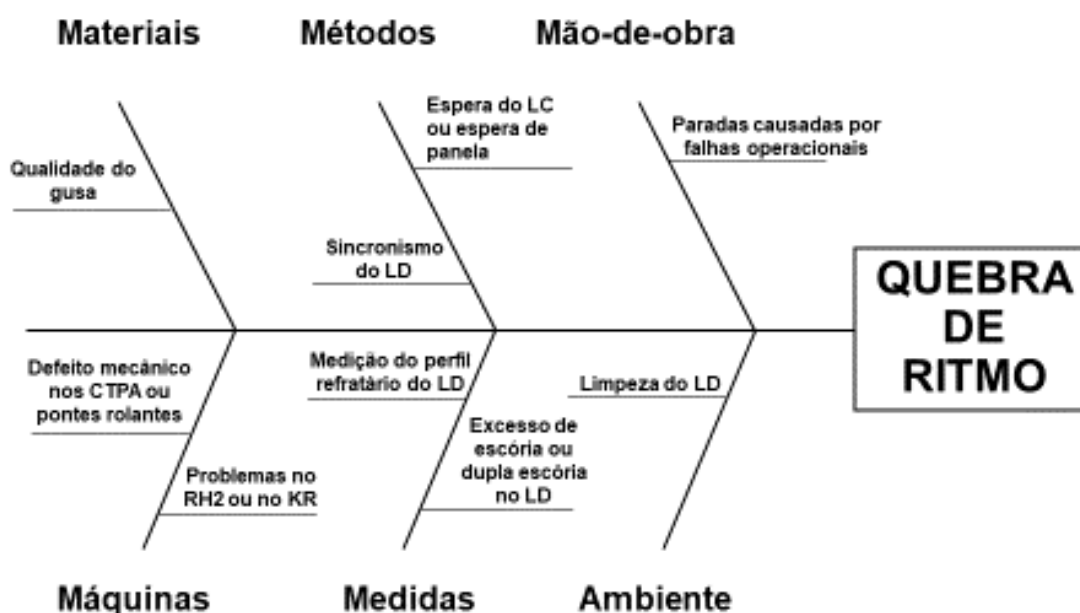
- Convertedor (LD) disponível, porém ocioso;
- Defeito mecânico nos carros transportadores de panela de aço (CTPA);
- Medição perfil refratário do convertedor;
- Espera de lingotamento contínuo (LC) por defeito instrumental, mecânico, operacional ou break out;
- Baixa qualidade do gusa;
- Excesso de escória ou dupla escória no convertedor (LD);
- Espera de panela por falha nos viradores, por falta de panela no ciclo, pelo fato das panelas estarem cheias, pelo acúmulo de troca de válvulas superiores ou devido à panela apresentar falha no sistema válvula gaveta;

- Limpeza sob convertedor;
- Problemas no RH2;
- Defeito elétrico no sistema de adições, na 41-PR02 (ponte rolante) ou no sistema de lanças de O2;
- Defeito mecânico na 41-PR02 (ponte rolante) ou no sistema LDG (gás do convertedor);
- Outras reduções de ritmo por causas elétricas, mecânicas, operacionais, de refratário, de matérias-primas, ou do lingotamento contínuo;

Essas possíveis causas que originam a elevada quebra de ritmo estão melhor demonstrados de acordo com o Diagrama de Ishikawa apresentado na

Figura 14 - Diagrama de Causa e Efeito para possíveis causas da quebra de ritmo. abaixo, que facilita a visualização do efeito e das causas que podem contribuir para sua ocorrência:

Figura 14 - Diagrama de Causa e Efeito para possíveis causas da quebra de ritmo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

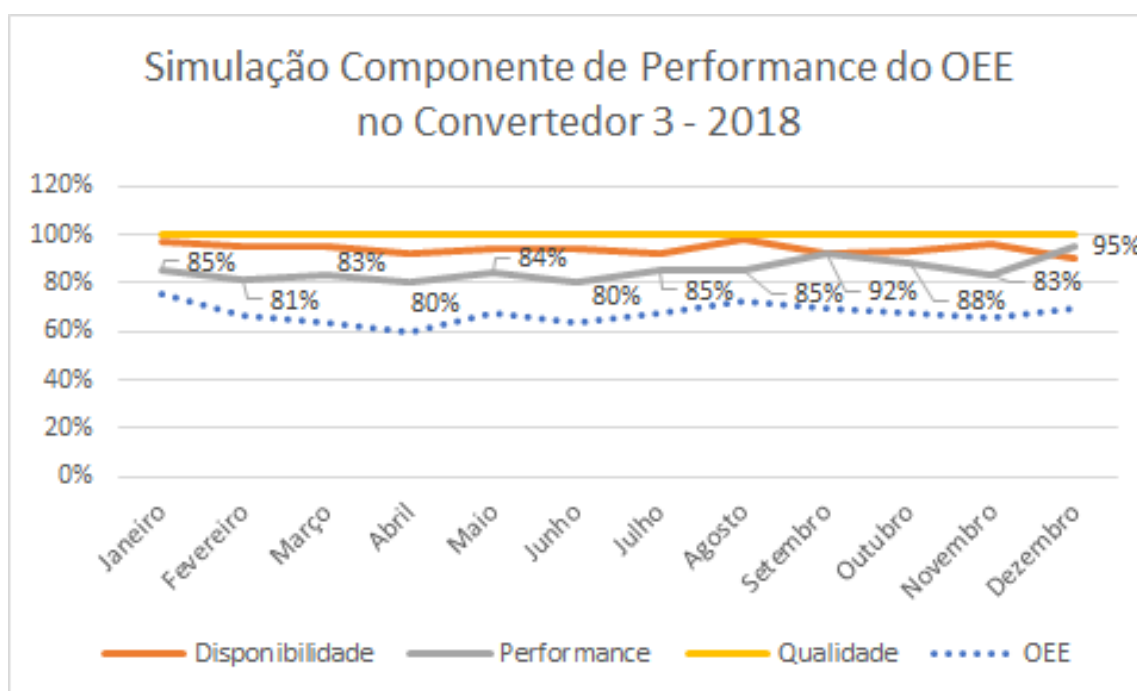
Dessa forma, o OEE demonstra para a empresa, uma visão macro e mais estratégica da atividade do Convertedor 3. Como a utilização do OEE está em fase inicial neste equipamento, a equipe está em fase de adaptação para tornar o OEE parte integrante da gestão da rotina. Atualmente, eles contam com outros indicadores para analisar o desempenho do processo.

No entanto, apesar de ainda se apresentar em fase inicial e de adaptação do processo, o OEE mostrou-se como uma ótima ferramenta no auxílio da tomada de decisão. Através da utilização do indicador, mostramos acima um exemplo onde o desdobramento dos resultados nos levou a encontrar os fatores principais que causaram a diminuição do valor do OEE, neste caso a quebra de ritmo. Feito isso, foram apontadas algumas das principais causas que geraram a quebra de ritmo.

O ideal seria que, de acordo com as principais causas levantadas, o próximo passo fosse apresentar um plano de ação que indicasse algumas soluções e oportunidades de melhorias para o processo, o que não pôde ser apresentado devido à confidencialidade dos dados. Porém, é possível realizar uma simulação de quanto o

OEE melhoraria percentualmente caso o atributo de *performance* fosse aumentado. Desconsiderando-se os 3 meses onde o OEE foi mais baixo em 2018, impactado pela *performance*, como já citado, e fazendo a média dos 9 meses restantes, o resultado para *performance* seria de 85%. Elevando a *performance* para essa média, o OEE seria de 67%, ao invés de 61%, o que geraria um aumento de aproximadamente 9% no indicador, conseguindo dessa forma alcançar a meta interna da empresa para esse processo. Os gráficos apresentados a seguir na Figura 15 - Simulação do componente de *Performance* do OEE no Convertedor 3 em 2018. demonstram esses cálculos.

Figura 15 - Simulação do componente de *Performance* do OEE no Convertedor 3 em 2018.



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.7. VISÃO FUTURA

Após análise dos cálculos e das propostas de melhoria elaboradas, pode-se perceber que o OEE é um importante indicador que auxilia na tomada de decisão na área e através do qual é possível perceber onde estão localizadas as principais perdas de cada processo para desta forma identificá-las e buscar mitigá-las. Apesar disso, é um indicador que começou a ser implantado recentemente na empresa (2 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, 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 exemplificado e 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.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como principal objetivo apresentar um estudo de caso de uma aplicação prática da utilização do indicador OEE em um processo (convertedor) de uma empresa de siderurgia de grande porte. Para atingir o objetivo, foi necessário apresentar como a empresa aplica a metodologia envolvida para o cálculo do OEE, através das coletas de dados exigidos para o seu cálculo, da realização do cálculo em si, das análises, interpretação dos resultados e possíveis desdobramentos táticos, operacionais e estratégicos.

Após a realização do cálculo do indicador de eficiência global no convertedor 3, constatou-se que em três meses analisados (janeiro, julho e agosto), o parâmetro qualidade foi o de maior valor dentre aqueles que compõem o produtório que origina o valor do OEE. Entretanto, o parâmetro *performance* foi o que obteve o menor valor. Portanto, buscamos focar nas causas que levaram esse atributo a apresentar o menor valor entre eles.

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 conversor. 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, é possível concluir que o presente trabalho alcançou todos os objetivos propostos. 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, sobretudo no subitem “Visão Futura”, sendo possível, portanto, melhorar de maneira geral o controle e gerenciamento do indicador na empresa em questão.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, J. **Gestão da Qualidade**. 1. Ed. – 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.

CHIRARADIA, 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**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia. Porto Alegre, RS. 2004.

DA JUSTA, M. A. O; BARREIROS, N. R. **Técnicas de Gestão do Sistema Toyota de Produção**. Paraná: Revista Gestão Industrial, 2009.

EVANGELISTA, C.S.; GROSSI, F.M; BAGNO, R, B. **Lean Office – escritório enxuto: estudo da aplicabilidade do conceito em uma empresa de transporte**. Revista Eletrônica Produção & Engenharia, v 5, n. 1, p. 462-471, Jan./Jun. 2013.

FILHO, G.B. **Indicadores e índices de manutenção**. 1. Ed – Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

GAGNON, S. Resource-based competition and the new operations strategy. **International Journal of Operations & Production Management**, v.19, n.2, p. 125-138, 1999.

GHINATO, P. (2000) - **Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção**. In: Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações. Ed.: Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife.

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**. 1 Ed – New York: Industrial Press Inc, 2006.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Site do Instituto Aço Brasil**. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/oaco.asp>>

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.

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 4. Ed. – Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

LAS CASAS, A.L. **Qualidade total em serviços**. 6. Ed. – São Paulo: Atlas, 2008.

MARTINELLI, F.B. **Gestão da Qualidade Total**. 1. Ed – 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**. 1. Ed. – São Paulo: IMC, 1989.

OEE. **Como calcular o OEE**. Disponível em: <https://www.oee.com.br/como-calcular-o-oe/>

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

PACHECO, D. A. J. **Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração**. Production, UFRGS.

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

PEREIRA, Felipe George Gomes (EBEI); ROBLES, Leo Tadeu (UFMA) e CUTRIM, Sergio Sampaio (UFMA). **A Ferramenta Overall Equipment Effectiveness (Oee) na Gestão de Produtividade de Máquinas de Pátio: Estudo de Caso no Terminal Portuário Ponta da Madeira (Tppm)**, Enegep. 2013.

PINTO, R. G; LIMA, C. R. C. **A Integração entre o TPM e o RCM na Manutenção**. 27º Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais. Foz do Iguaçu, 2007.

RENO, G.; SEVEGNANI, G.; MARTINS, A.; BERKENBROCK, T.; FISCHER, D. **Sistema de Monitoramento de Paradas de Máquina em uma Linha de Usinagem – Um Estudo de Caso.** In: ENEGEP, 30, 2010, São Carlos, SP, Brasil, Anais..., São Carlos: Abepro, 2010.

SAMPAIO, A. **TPM/MTP – Manutenção Produtiva Total.** 1993.

SANTOS, L.C; GOHR, C.F; DOS SANTOS, E.J. **Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor para a Implantação da Produção Enxuta na Fabricação de Fios de Cobre.** Revista Gestão Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. ISSN 1808-0448 / v. 07, n.04: p. 118-139, 2011

SIDERURGIA BRASILEIRA: PRINCÍPIOS E POLÍTICAS. INSTITUTO AÇO BRASIL. Brasília, 2007. Disponível em:
<<http://www.acobrasil.org.br/site2015/publicacoes.asp>>.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 3 Ed. – São Paulo: Atlas, 2009.

TANGEN, S. **An overview of frequently used performance measures.** Work Study 7.pp.347-354, MCB-UP Limited, Emerald, 2003.

TAPPING, D.; SHUKER, T. Lean Office: **Gerenciamento do fluxo de valor para áreas administrativas – 8 passos para planejar, mapear e sustentar melhorias lean nas áreas administrativas.** São Paulo: Editora Leopardo, 2010.
WICHER, E.; HERMOSILLA, J.; SILVA, E.; PIRATELLI, C. **Medição do desempenho organizacional: o caso de um sistema integrado baseado no BSC implantado no setor sucroalcooleiro.** In: ENEGEP, 32, 2012, Bento Gonçalves, RS, Brasil, Anais..., Bento Gonçalves: ABEPRO, 2012.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** 5 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo.** Rio de Janeiro: Campus, 1992.

XENOS, H.G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade.** 1. Ed. – Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.