

OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS: UMA REVISÃO TEÓRICA

BERALDO, Júlio Cesar¹
MADUREIRA, Eduardo Miguel Prata²

RESUMO

O OEE (Overall Equipment Effectiveness), ou Eficiência Global dos Equipamentos, é uma metodologia desenvolvida no Japão em 1988 por Seiichi Nakajima na Toyota, com o objetivo de identificar gargalos operacionais e otimizar a produtividade. Ele permite aos gestores uma visão detalhada do desempenho dos ativos da empresa, fornecendo dados sobre qualidade, performance e disponibilidade, auxiliando na tomada de decisões estratégicas para manutenção e substituição de equipamentos. A metodologia do OEE é baseada em três indicadores principais. O primeiro, "Qualidade", avalia o impacto da manutenção na operação, verificando a quantidade de falhas ocorridas durante um período específico. O segundo, "Performance", mensura a eficiência operacional ao comparar o tempo real de execução de um serviço com o tempo planejado. O terceiro, "Disponibilidade", analisa o tempo em que o equipamento está efetivamente disponível para uso, desconsiderando períodos improdutivo e manutenções. A aplicação do OEE possibilita a identificação de perdas no processo produtivo, contribuindo para a otimização de recursos, aumento da competitividade e redução de desperdícios. Além disso, a ferramenta está relacionada à manutenção produtiva total (TPM), que busca maximizar a disponibilidade dos equipamentos e minimizar falhas, envolvendo toda a equipe na melhoria contínua. Para que o OEE seja eficaz, é essencial uma coleta de dados precisa e confiável, permitindo ações corretivas baseadas em informações concretas. A produtividade e a eficiência são fatores cruciais para a competitividade das empresas, e a adoção do OEE ajuda a identificar e reduzir perdas, aprimorar processos e otimizar a capacidade produtiva. Assim, ele se torna um instrumento fundamental para a gestão eficiente dos recursos industriais e a busca por excelência operacional.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência operacional, Produtividade, Capacidade produtiva.

OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS: A THEORETICAL REVIEW

ABSTRACT

OEE (Overall Equipment Effectiveness) is a methodology developed in Japan in 1988 by Seiichi Nakajima at Toyota, aimed at identifying operational bottlenecks and optimizing productivity. It provides managers with a detailed view of the performance of company assets, offering data on quality, performance, and availability, thereby assisting in strategic decision-making for equipment maintenance and replacement. The OEE methodology is based on three main indicators. The first, "Quality," assesses the impact of maintenance on operations by measuring the number of failures occurring within a specific period. The second, "Performance," evaluates operational efficiency by comparing the actual execution time of a service with the planned time. The third, "Availability," analyzes the time equipment is effectively available for use, excluding unproductive periods and maintenance downtime. Applying OEE enables the identification of losses in the production process, contributing to resource optimization, increased competitiveness, and waste reduction. Additionally, the tool is related to Total Productive Maintenance (TPM), which aims to maximize equipment availability and minimize failures by involving the entire team in continuous improvement efforts. For OEE to be effective, precise and reliable data collection is essential, allowing for corrective actions based on concrete information. Productivity and efficiency are crucial factors for business competitiveness, and adopting OEE helps identify and reduce losses, improve processes, and optimize production capacity. Thus, it becomes a fundamental tool for efficient industrial resource management and the pursuit of operational excellence.

KEYWORDS: Operational efficiency, Productivity, Production capacity.

1 Administrador graduado pelo Centro Universitário FAG. E-mail: julioberaldo30@outlook.com

2 Mestre em Desenvolvimento Regional e Agronegócio. Professor do Centro Universitário FAG. E-mail: eduardo@fag.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O OEE (*Overall Effectiveness Equipment*), ou Eficiência Global dos Equipamentos, tem o objetivo central de mostrar ao gestor onde seus gargalos de operação estão e quais equipamentos são mais ou menos produtivos trazendo à tona a proposta de produzir mais com menos. A metodologia OEE foi criada no Japão em 1988 dentro da planta da empresa Toyota, por um de seus engenheiros chamado Seiichi Nakajima, que teve um papel importante para o estabelecimento da qualidade hoje entregue pela Toyota a seus clientes (MUCHIRI; PINTELON, 2008; BUSSO; MIYAKE, 2013).

O OEE provê ao gestor uma visualização mais ampliada da situação dos ativos da empresa, fornecendo dados como qualidade, performance e disponibilidade de todos os ativos da empresa que estão em operação. Isso traz um maior poder de tomada de decisão e gera ações por parte da manutenção para melhoria da eficiência operacional da frota, uma vez que todo ativo da empresa passa a ser analisado por esta metodologia, que mostra os pontos de fraqueza ou vulnerabilidade e são encaminhados pela manutenção para fins de correção dos problemas (KÜGER, 2015; BAMBER *et al.*, 2003).

O primeiro indicador que compõe a metodologia do OEE é o de “Qualidade”, que se refere a como está a qualidade da operação, ou seja, do total de viagens que a empresa produziu durante determinado período – quantas delas não foram concluídas por alguma falha de percurso, sejam elas falhas elétricas ou mecânicas de quaisquer naturezas. Este indicador refletirá o impacto que a manutenção causa na operação no viés da avaliação periódica de seus processos e procedimentos produtivos (KÜGER, 2015; SOUZA; CARTAXO, 2016).

O segundo indicador que compõe a metodologia do OEE é o de “Performance”, que responde à seguinte pergunta: “Qual o tempo que a máquina leva para produzir um determinado produto?”. Em outras palavras, dentro do modal de transporte pode-se adaptar isso como mensuração da pontualidade dos veículos, como por exemplo, correlacionar o tempo gasto por um veículo que opera dentro de um ciclo de serviço de operação que do ponto A, que é sua origem, até ao ponto B, que é seu destino, ao tempo gasto entre os dois pontos comparados ao tempo planejado pela empresa. Chama-se isso de performance, o que demonstra o nível de eficiência esperado pelo veículo dentro da operação (KÜGER, 2015; SOUZA; CARTAXO, 2016).

O terceiro indicador que compõe a metodologia do OEE é o de “Disponibilidade” que responde à pergunta: “Quanto tempo a máquina fica disponível para a produção?”, ou seja, desconsiderando os tempos improdutivos e paradas para manutenção de quaisquer naturezas, o indicador revela aos gestores quais as máquinas têm um maior índice de disponibilidade para operar mesmo em situações severas (KÜGER, 2015; SOUZA; CARTAXO, 2016).

A implantação da metodologia OEE visa a possibilitar aos gestores uma forma mais clara e objetiva de visualizar e interpretar as informações dos relatórios gerados, garantindo assim tomadas de decisão mais assertivas dentro da área. Este estudo auxiliará e proporcionará aos gestores uma visão mais ampla dessa metodologia evidenciando quanto os processos internos produzidos pela manutenção impactam positivamente ou negativamente dentro dos processos produtivos gerais da empresa, gerando maior competitividade no mercado e reduzindo desperdícios de recursos, sejam eles tangíveis ou intangíveis (KÜGER, 2015; RAPOSO, 2011).

Nesse sentido, o estudo se justifica pela contribuição teórica do artigo, evidenciada pela clareza com que o conceito da metodologia OEE é apresentado e na sua aplicação nos processos produtivos das empresas. Já a contribuição acadêmica é notada pela metodologia transformadora utilizada na pesquisa, trazendo base para novas iniciativas científicas voltadas ao ganho de eficiência no setor do transporte.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONCEITOS CORRELATOS AO OEE

Conforme Muchiri e Pintelon (2008), o OEE é uma ferramenta valiosa para medir o desempenho nas empresas, fornecendo informações sobre as fontes de perda de tempo e produção. Ajuda as empresas a otimizarem sua capacidade produtiva, reduzindo gastos com horas extras e adiando grandes investimentos de capital. Também ressalta que a entrada de dados para mensuração do OEE é crucial para o desempenho das empresas e esta é um grande desafio para elas. Segundo o autor, se o desempenho do equipamento e as perdas de produção não forem compreendidas a partir de dados verídicos e consolidados da maneira correta, as ações geradas pelo OEE não serão eficazes.

Em conformidade com Kliemann Neto e Muller (1994), o ganho de desempenho está amplamente ligado aos métodos de mensuração de custos de uma empresa. Os autores ressaltam que o método do Custo-padrão, por exemplo, tem como objetivo estabelecer medidas de comparação e eficiência na utilização dos meios de produção, visando controlar e acompanhar a produção. Já a metodologia ABC (*Activity-based Costing*) é apresentada como uma forma de aprimorar a forma de aplicação dos custos indiretos fixos aos produtos, levando em consideração a complexidade da estrutura produtiva da empresa. Os autores sugerem que os métodos convencionais de gestão da empresa não levam em consideração aspectos como a variedade dos produtos, a adaptabilidade da fabricação, a automação, a excelência e a sofisticação, e que o ABC busca superar essas limitações ao relacionar os custos destinados aos produtos com as atividades que os geraram.

Kliemann Neto e Muller (1994) definem custo padrão como um método de custeio que estabelece um padrão de referência para avaliar o desempenho da produção. Ele busca determinar medidas de comparação e eficiência na utilização dos recursos produtivos, permitindo o controle e acompanhamento da produção. O custo padrão é utilizado como uma base para análise de variações de custo dentro dos processos gerenciais, visando identificar desvios em relação ao padrão estabelecido e adotar medidas corretivas dentro do processo produtivo.

Os mesmos autores definem a metodologia ABC como um sistema de custeio que atribui os custos aos produtos relacionando-os com os fins utilizados para produzi-los. Eles consideram que os custos dos produtos são mais precisos quando são identificadas as atividades que os geram. O método ABC visa superar as limitações dos métodos tradicionais de custeio, proporcionando uma visão mais sistêmica da estrutura de custos envolvidos nas diferentes atividades e processos de produção.

2.1.1 Eficiência X Eficácia

A Eficiência, segundo Tangen (2005), diz respeito à capacidade de executar uma atividade de maneira econômica, utilizando os recursos alocados nas atividades da melhor forma possível. É definida por alcançar resultados de maneira satisfatória, maximizando o aproveitamento dos recursos e minimizando desperdícios. Já de acordo com Krüger (2015), eficiência diz respeito à quantidade de recursos planejados ou estimados para realizar um processo de produção e os recursos efetivamente utilizados.

Por outro lado, a Eficácia para Tangen (2005) se refere à capacidade de alcançar os resultados desejados ou objetivos dentro dos prazos propostos. É o grau em que uma ação ou estratégia é bem-sucedida em atingir seus propósitos. Ainda segundo o autor, a eficácia está relacionada ao cumprimento das metas e à obtenção dos resultados esperados, independentemente dos recursos utilizados ou da eficiência do processo. Em conformidade, Krüger (2015) afirma que a eficácia pode ser descrita como a capacidade de alcançar o resultado desejado dentro do prazo estabelecido e com a qualidade adequada. É a medida de quanto as expectativas foram bem atendidas, refere-se à eficiência como uma relação entre o que poderia ser produzido e o que foi realmente produzido, levando em consideração o tempo e a qualidade envolvidos dentro do processo produtivo.

2.1.2 Produtividade X Competividade

Segundo Muchiri e Pintelon (2008), a produtividade é um elemento crucial para as empresas se manterem em um cenário competitivo, exigindo estratégias eficazes para melhorar a eficiência dos

processos de produção. Ressalta ainda que as empresas, ao utilizarem processos de medição de desempenho como o OEE, identificam e reduzem as perdas significativas no processo de produção e isso possibilita uma oportunidade de melhoria e de otimização dos recursos disponíveis para a produção. Também ressalta que tudo aquilo se mede pode ser controlado e isso é a chave para o ganho de produtividade.

Conforme Klieman Neto e Muller (1994), a produtividade é impulsionada pela implementação de modernas estratégias de produção, como o *Just-in-time* e o controle de qualidade total, em resposta à globalização e às condições competitivas do mercado. A produtividade é alcançada por meio de avanços nos processos empresariais e pela adoção de técnicas compatíveis com os princípios de administração da produção. No entanto, o autor ressalta que a produtividade não é acompanhada pelas técnicas de controle de custo da produção, que muitas vezes são obsoletas e podem se tornar restritivas para os programas de melhoria. Sendo assim, a produtividade requer um sistema de monitoramento eficaz que identifique desperdícios e favoreça a tomada de ações para sua redução, permitindo realizar ajustes finos e melhorar os processos produtivos.

De acordo com Tangen (2005), a produtividade se refere à quantidade de resultados obtidos e a quantidade de recursos utilizados, sendo a capacidade de produzir mais com menos. A produtividade está ligada à eficiência na forma de utilizar os recursos, buscando maximizar a produção ou o rendimento com os recursos disponíveis.

Segundo Muchiri e Pintelon (2008), a competitividade é um fator intrínseco no mundo em que vivemos. Sua abordagem fala que é essencial adotar estratégias eficazes para enfrentar os desafios impostos pelo mercado e destaca a importância da transformação dos processos internos das empresas por meio de inovação para que elas possam se destacar no mercado. Os autores também ressaltam a importância de as empresas compreenderem as necessidades dos clientes, agregando valor em busca da excelência. Além disso, destacam que é importante observar o ambiente empresarial em um contexto interno e externo a fim de atualizar a proposta de negócio, assim se antecipando à concorrência. Por fim, destacam três vertentes para que as empresas sejam longevas e competitivas em sua atividade econômica, que são: inovação, agilidade e foco no cliente.

Para Klieman Neto e Muller (1994), a competitividade implica a necessidade de estar à frente dos concorrentes, oferecendo produtos de alta qualidade, reduzindo custos, melhorando a eficiência e buscando constantemente a melhoria e a inovação. Portanto, a competitividade é essencial para a sobrevivência e o sucesso das empresas em um ambiente empresarial dinâmico e desafiador.

O *Just-In-Time*, na visão de Klieman Neto e Muller (1994), é um dos princípios fundamentais das modernas estratégias de produção. Trata-se de um sistema que busca eliminar desperdícios e

melhorar a eficiência dos processos, fornecendo produtos e materiais exatamente quando são necessários, sem estoques excessivos. Ele visa aperfeiçoar a coordenação entre fornecedores, produção e demanda, reduzindo o lead-time (tempo de espera), área ocupada e estoques, resultando em uma produção mais ágil e enxuta.

Segundo Klieman Neto e Muller (1994), a Qualidade Total da Produção (TQC) visa eliminar defeitos e garantir a satisfação dos clientes, de forma a promover a melhora constante dos processos e a participação de todos os colaboradores. O TQC é baseado em princípios de prevenção, controle estatístico, envolvimento da equipe e busca pela excelência, contribuindo para o aprimoramento dos resultados e a competitividade da empresa.

2.1.3 Capacidade Produtiva

De acordo com Muchiri e Pintelon (2008), a capacidade produtiva se refere à capacidade que uma empresa ou organização tem de produzir bens ou serviços em relação ao tempo disponível. Esta abordagem tem ligação com recursos como mão de obra, equipamentos, tecnologia e espaço físico disponíveis (chão de fábrica). A capacidade produtiva pode ser aumentada por meio de investimentos em infraestrutura, automação, treinamento de pessoal e otimização de processos.

Klieman Neto e Muller (1994) consideram que a capacidade produtiva está relacionada às melhorias e avanços nos processos empresariais. Ainda, segundo os autores, a capacidade produtiva pode ser aumentada por meio da redução de áreas, *lead-time* e estoques. No entanto, para atingir ajustes mais refinados e eliminar desperdícios, é necessária uma monitorização adequada do sistema de custeio que identifique as ineficiências e priorize ações corretivas. O Quadro 1 apresenta a visão de Küger (2008).

Quadro 1 – Definições de capacidade produtiva.

Capacidade	Definição
Nominal	É a capacidade do processo ou da máquina em utilizar todos os recursos de apoio disponíveis, como matéria-prima, utilidades e mão de obra, quando direcionados à produção de um único item ou atividade padronizada.
Disponível	É a capacidade de um processo, ao subtrair a perda esperada ou inevitável decorrente de fatores como a idade do equipamento, necessidade de manutenções ou revisões, tempo ideal de configuração definido pela variedade de produtos, padrões de rejeição, entre outros, porém presumindo que todos os recursos de suporte estejam disponíveis.
Planejada	É a capacidade disponível que é esperada ser utilizada durante o planejamento de um determinado período.
Real	É a capacidade efetivamente utilizada para a produção das unidades de produto efetivamente fabricadas.

Fonte: Küger (2008).

De acordo com Küger (2008), conforme discutido no Quadro 1, os conceitos de capacidade produtiva são importantes para evitar distorções nos resultados da avaliação da capacidade e ocultar melhorias reais no padrão de utilização. Isso pode ocorrer quando as empresas incluem períodos não programados para manutenção e revisão, reduzindo a capacidade nominal e, conseqüentemente, não afetando a capacidade disponível.

Segundo Klieman Neto e Muller (1994), o *lead-time* se define como um dos indicadores de desempenho relevantes nos processos empresariais. Os autores ressaltam que *lead-time* se refere ao tempo decorrido desde o início de um processo até a sua conclusão, englobando todas as etapas envolvidas, desde a solicitação até a entrega do produto ou serviço ao cliente. Reduzir o *lead-time* é uma meta importante, pois implica em agilidade e rapidez na resposta às demandas do mercado, além de possibilitar a redução de estoques e uma maior flexibilidade.

3. METODOLOGIA

A escolha metodológica desse estudo foi a Revisão Integrativa que, de acordo Souza, Silva e Carvalho (2010, p. 102) consiste em “[...] um método que proporciona a síntese de conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática”. Nesse tipo de estudo, o pesquisador pode sumarizar os artigos selecionados a fim de elaborar generalizações que possibilitem a construção de um melhor entendimento da área estudada.

Sendo assim, foram pesquisados artigos sobre Overall Equipment Effectiveness – OEE nas bases de dados eletrônicas Scielo, IEEE e Google Acadêmico entre os anos de 2000 e 2023. As pesquisas coletadas relacionadas à OEE e suas aplicabilidades do setor da indústria como fonte de ganho de eficiência operacional aos equipamentos, foram desenvolvidas pelos seguintes autores:

- Bamber (2003): buscou evidenciar em sua pesquisa a investigação do OEE integrado ao uso de equipes multifuncionais (CFT-Conselho Federal dos Técnicos da Indústria);
- Muchiri e Pintelon (2008): dissertam sobre como a ferramenta OEE evoluiu com o passar do tempo e como tem sido aplicada para atender as necessidades da indústria;
- Raposo (2011): relata em sua pesquisa a aplicação do OEE em uma indústria de bebidas em Manaus, a fim de criar um processo de medição do sistema produtivo da fábrica;
- Busso e Miyake (2013): buscaram pesquisar indicadores alternativos ao OEE para melhoria da gestão da capacidade produtiva das empresas;
- Biehl e Selitto (2015): buscaram atribuir a pesquisa do OEE a uma indústria metalmeccânica como o objetivo de aumento da eficiência operacional, aumentando assim a competitividade da empresa;

- Küger (2015): objetivou e identificou de pontos fortes e restritivos do OEE como fonte de melhora da capacidade produtiva das empresas;
- Souza e Cartaxo (2016): abordam as dificuldades na precisão dos dados coletados durante o processo produtivo para transformá-los em informações úteis para análise de desempenho;
- Santos (2018): busca evidenciar a aplicação do OEE por meio de uma investigação experimental dos equipamentos de retíficas de motores em uma oficina mecânica localizada na Bahia;
- De Oliveira, Ribeiro e Machado (2019): dissertam sobre a utilização do OEE para detecção de gaps no sistema produtivo a fim de produzir informações para a melhoria dos processos internos de uma indústria de laticínios;
- Souza e Correr (2019): mostram o contexto do estudo do OEE dentro de uma empresa metalúrgica como forma de gestão e monitoramento dos processos produtivos.

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

4.1 OEE (EFICIÊNCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS)

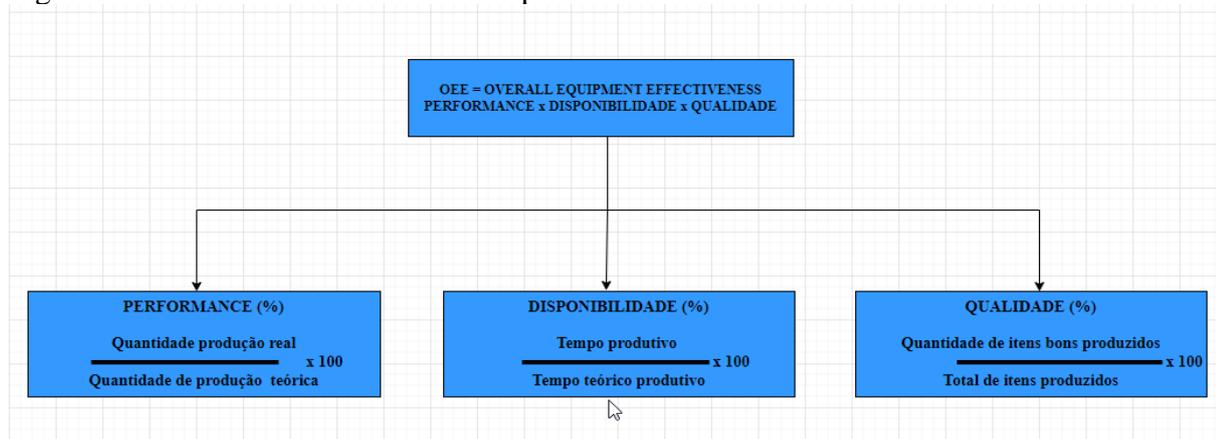
TPM, ou *Total Productive Maintenance*, é uma metodologia de gestão que visa aumentar a eficiência dos equipamentos industriais com foco na redução de perdas e falhas. A TPM envolve toda a equipe em atividades de manutenção preventiva, melhoria contínua e treinamento, buscando maximizar a disponibilidade dos equipamentos e aumentar a produtividade. Segundo Muchiri e Pintelon (2008), a origem da TPM ou manutenção produtiva total teve sua contextualização formada em empresas que buscavam melhorar a eficiência de seus processos de produção. Os autores também destacam que a TPM teve suas raízes no Japão, nas décadas de 1950 e 1960, como uma abordagem baseada na prevenção de falhas e na manutenção produtiva. Essa metodologia surgiu como resposta aos desafios enfrentados pela indústria japonesa, principalmente nos processos produtivos das plantas automotivas da TMC (*Toyota Motor Corporation*), com o objetivo de maximizar o tempo de atividade das máquinas e minimizar paradas não programadas. Os autores também mencionam que a TPM foi influenciada por outras práticas, como por exemplo o *Just-in-Time*, que buscavam eliminar desperdícios e aprimorar a eficiência. Ao longo do tempo, a TPM evoluiu para uma filosofia abrangente de gestão, englobando aspectos como envolvimento dos funcionários e melhora constante dos processos em busca pela excelência operacional. Hoje a TPM é amplamente adotada em diferentes setores e países como uma estratégia para alcançar grandes resultados e manter a competitividade no mercado.

De acordo com Muchiri e Pintelon (2008), o conceito do OEE é uma métrica fundamental à indústria para avaliar a eficiência geral dos equipamentos de produção. É usado para medir o desempenho dos equipamentos ou processos em que eles estão empregados, levando em consideração três principais fatores como desempenho, disponibilidade e qualidade.

4.1.1 Como medir o OEE dentro das empresas

Em conformidade com Muchiri e Pintelon (2008), a medição do OEE envolve a avaliação de três variáveis: disponibilidade, desempenho e qualidade. Segundo os autores, para medir a disponibilidade, faz-se necessário registrar a medida de tempo em que o equipamento está em operação e compará-lo ao tempo total disponível. O desempenho é medido a partir da comparação entre a taxa de produção real e a taxa teórica máxima do equipamento. Já a qualidade é avaliada considerando a quantidade de produtos defeituosos ou rejeitados durante a produção em relação ao total produzido. O autor também ressalta que medição do OEE é obtida multiplicando os três fatores mencionados acima, como mostra a Figura 1:

Figura 1 – Demonstrativo das fórmulas para cálculo de OEE



Fonte: Küger (2008).

A Figura 1 fica demonstrado que essas métricas permitem que as empresas identifiquem as áreas de baixo desempenho e ineficiências, bem como as oportunidades de melhoria. Ao medir o OEE regularmente, as organizações podem monitorar e analisar o desempenho dos equipamentos ao longo do tempo, identificar tendências e aplicar ações corretivas para otimizar a eficiência operacional e assim impulsionar a competitividade das empresas (KÜGER, 2008).

Segundo Nascimento (2019), a performance é o indicador que demonstra se a velocidade de produção com relação ao desempenho das máquinas está alinhada com o ritmo estabelecido previamente a partir do planejamento da produção. Por meio desse indicador é possível avaliar o desempenho das máquinas em relação a um padrão planejado.

$$\text{Equação: \% Performance} = \frac{\text{Tempo operacional real} * 100}{\text{Tempo operacional teórico}}$$

Para Nascimento (2019), a disponibilidade é um conceito amplamente reconhecido e frequentemente usado pelas organizações como um indicador para avaliar o nível de eficiência de uma planta de produção. Este indicador mede o tempo em que um equipamento ficou inoperante durante sua operação. Uma disponibilidade de cem por cento indica que não ocorreram paradas de quaisquer naturezas durante o tempo de produção.

$$\text{Equação: \% Disponibilidade: } \frac{\text{Tempo produtivo} - \text{Tempo não produtivo} * 100}{\text{Tempo produtivo}}$$

Nascimento (2019) considera a qualidade como um parâmetro que avalia o impacto das atividades de retrabalho, desperdício de processos e materiais de baixa qualidade na performance dos equipamentos.

$$\text{Equação: \% Qualidade} = \frac{\text{Produção Boa} * 100}{\text{Produção total}}$$

Nascimento (2019) considera ainda que o cálculo do OEE envolve a multiplicação dos três índices percentuais que fazem base de cálculo, que são Performance, Disponibilidade e Qualidade.

$$\text{Equação: \% Performance} * \% \text{ Disponibilidade} * \% \text{ Qualidade}$$

4.1.2 Benefícios e limitações da implantação do método OEE

De acordo com Muchiri e Pintelon (2008), a implantação do OEE traz uma série de benefícios para as empresas, permitindo uma análise abrangente do desempenho dos equipamentos, fornecendo

uma visão clara das áreas de baixa eficiência operacional. O OEE é importante para otimizar a utilização dos recursos e permitir a identificação de períodos de ociosidade e de baixo desempenho dos equipamentos dentro da operação das empresas, para assim aumentar a disponibilidade e a produtividade dos ativos, melhorando a qualidade do processo produtivo. Ao mensurar o OEE também é possível identificar problemas de qualidade, retrabalho e desperdícios, permitindo a implementação de ações corretivas para melhorar a qualidade dos produtos, melhorando assim o processo decisório por parte dos gestores. Segundo Küger (2008), o OEE traz com ele seus benefícios mas também traz suas limitações, conforme demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Benefícios e limitações do método OEE

Benefícios	Limitações
Permite a avaliação do problema no setor produtivo ou na manutenção, favorecendo a identificação do agente causador do problema.	Ao ser implantado em uma ampla amostragem de equipamentos dentro de uma mesma operação, não traz ações adequadas para melhoria dos processos.
Permite a rastreabilidade das máquinas em que a manutenção deve atuar e realizar as atividades fins para solução dos problemas.	Não traz uma ampla visão das perdas da operação, pois não considerara outras variáveis além da máquina.
Possibilita saber dentre as máquinas aplicadas em uma mesma planta qual a tem melhor performance dentro de uma mesma operação.	A análise do OEE aplicada sozinha não determina os responsáveis pela perda de produção em uma planta.
Favorece os registros dos dados e possibilita as análises para atualizações dos planos de manutenção de acordo com o histórico gerado pela análise.	GAPS na percepção e no reconhecimento das perdas do processo produtivo de acordo com a classificação das seis grandes perdas do OEE.

Fonte: Küger (2008).

Conforme discutido por Küger (2008), o OEE se limita à classificação das seis grandes perdas do setor produtivo, conforme abordado no Quadro 2. O estudo da classificação das seis grandes perdas do OEE compõe um método que classifica e identifica as principais fontes de ineficiência em um processo de produção. Essas perdas são agrupadas em seis categorias principais, conforme abordado no Quadro 3.

Quadro 3 – Classificação das seis grandes perdas do OEE

1º	Perda por Quebra: Refere-se a interrupções não programadas do equipamento devido a quebras ou falhas, como mau funcionamento de componentes ou falhas de energia
2º	Perda por Tempo de Ajuste e Troca de Ferramenta: Envolve o tempo essencial para realizar ajustes ou trocas de ferramentas no equipamento, seja para acomodar diferentes produtos ou solucionar problemas
3º	Perda por Redução de Velocidade: Ocorre quando o equipamento funciona abaixo de sua capacidade máxima, resultando em perda de eficiência. Isso pode ser causado por problemas de alimentação, restrições de processo, entre outros fatores.
4º	Perda por Pequenas Paradas: Refere-se a paradas curtas e frequentes do equipamento, geralmente causadas por problemas operacionais menores, como bloqueios, congestionamentos ou ajustes pequenos.
5º	Perda por Defeitos de Qualidade: Corresponde ao tempo perdido devido à produção de produtos fora do padrão ou defeituosos. Isso inclui retrabalho, refugo e a necessidade de realizar inspeções adicionais.
6º	Perda por Desperdício de Material: Envolve qualquer perda de material durante o processo de produção, como perdas de matéria-prima, retrabalho excessivo ou desperdício de produtos intermediários.

Fonte: Küger (2008).

De acordo com Nascimento (2019), conforme observado na Figura 2, o monitoramento dos tempos de paradas dos equipamentos e a definição dos motivos de paradas que ocasionam uma perda de produção durante os turnos da indústria é de suma importância para garantir eficiência na implantação do OEE, porém se faz necessário o treinamento dos operadores para ter dados mais efetivos na hora da coleta.

4.2 PROCESSOS DA MANUTENÇÃO QUE VISAM GANHO DE EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS

Rocha (2022) ressalta seis técnicas de manutenção que auxiliam no ganho de eficiência dos equipamentos, garantindo assim ganho com relação à performance, disponibilidade e qualidade dos ativos aplicados a operação das empresas.

A manutenção corretiva não planejada, de acordo com Rocha (2022), é executada de forma programada, geralmente em intervalos regulares ou em momentos predeterminados, com o objetivo de corrigir falhas ou defeitos previamente identificados ou esperados. Essa técnica de manutenção tem o objetivo de reduzir o tempo de ociosidade e interrupções não planejadas, garantindo o funcionamento contínuo do sistema.

A manutenção corretiva não planejada ocorre quando há uma falha inesperada ou não programada no sistema, neste caso, as ações de reparo são tomadas imediatamente para corrigir o problema e restaurar a operação normal. Esse tipo de manutenção é geralmente reativa e não segue um cronograma predeterminado. Em conformidade com Jesus e Silva (2022), a manutenção corretiva atua no reparo ou substituição de componentes após a ocorrência de uma falha ou quebra. Essa modalidade pode se dividir em duas formas: a planejada, quando se identifica o problema e se agenda a troca para evitar interrupções imediatas na produção ou máquina; e a emergencial, que requer uma troca urgente, levando à parada imediata do setor ou máquina afetada pelo erro.

De acordo com Rocha (2022), a manutenção preventiva abrange a realização de atividades de manutenção planejadas antecipadamente com o objetivo de evitar falhas e garantir a confiabilidade dos equipamentos. Esta técnica de manutenção é baseada em intervalos de tempo pré-definidos, limites de desempenho ou critérios específicos definidos pelo fabricante ou pelo histórico da própria máquina. A manutenção preventiva geralmente inclui inspeções regulares, lubrificação, substituição de peças desgastadas e ajustes preventivos para evitar problemas futuros. Jesus e Silva (2022) consideram que a manutenção preventiva consiste em estratégias planejadas para evitar ou reduzir defeitos

e falhas em componentes ou materiais, a partir de um plano de manutenção que determina intervenções antes do limite de desgaste.

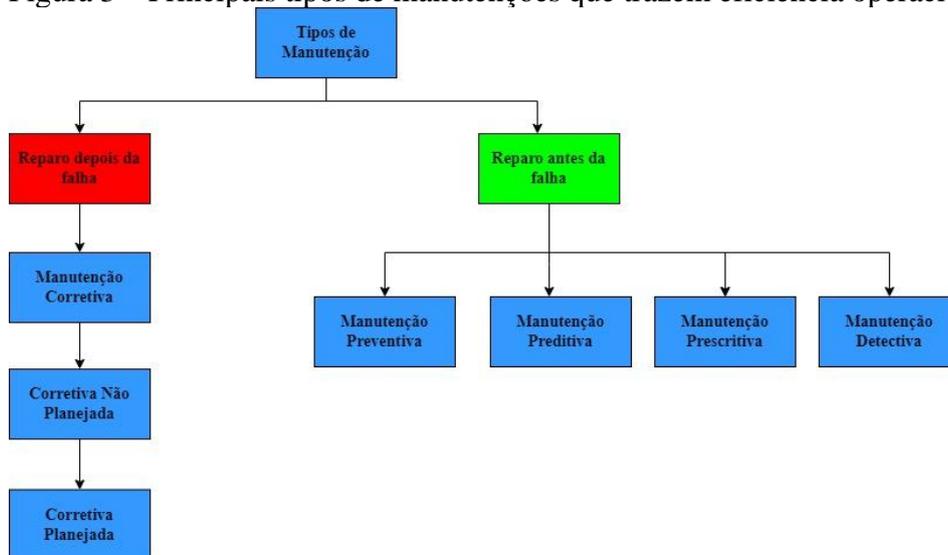
Segundo Rocha (2022), a manutenção preditiva é um método avançado de manutenção que utiliza tecnologias e técnicas de monitoramento para prever falhas ou problemas antes que ocorram. É baseada na coleta de dados em tempo real sobre o desempenho e condição do sistema, por meio de sensores, análise de vibração, termografia, análise de óleo, entre outros. O autor ressalta que a partir dessas informações são realizadas intervenções de manutenção específicas e direcionadas para evitar falhas iminentes. Segundo Jesus e Silva (2022), A manutenção preditiva visa monitorar e analisar as condições de máquinas e componentes para evitar falhas e quebras, prolongando sua vida útil por meio de utilização de softwares. É possível acompanhar esses elementos constantemente, o que caracteriza uma manutenção corretiva planejada.

De acordo com Rocha (2022), a manutenção prescritiva é um conceito mais recente que combina a manutenção preditiva com o uso de algoritmos e aprendizado de máquina. Ela utiliza análise avançada de dados para prever as necessidades de manutenção com alta precisão e recomendar ações específicas. Essas recomendações são baseadas em padrões históricos, modelos preditivos e fatores contextuais. Ainda, segundo o autor, a manutenção prescritiva visa maximizar a confiabilidade do sistema, otimizar os custos de manutenção e reduzir o tempo de ociosidade. Segundo Jesus e Silva (2022), a manutenção prescritiva tem como objetivo analisar a falha do equipamento em tempo real e de forma remota, sem a necessidade da presença física de um técnico para a detecção da falha do equipamento, por meio de inteligência artificial, auxiliando na eficiência dos processos da manutenção e de tomadas de decisão mais rápidas.

Segundo Rocha (2022), a manutenção detectiva se refere à identificação e correção de falhas ocultas ou problemas latentes em um sistema. Essa abordagem envolve a utilização de métodos de diagnóstico avançados, como testes não destrutivos, análise de falhas, inspeções detalhadas e avaliação de desempenho para detectar problemas não evidentes. Ainda, segundo o autor, a manutenção detectiva tem o objetivo de evitar falhas inesperadas, reduzir riscos e melhorar a segurança operacional.

Por fim, em conformidade com Rocha (2022), as mais importantes técnicas de manutenção podem ser subdivididas em dois momentos: antes ou depois que a falha do equipamento aconteça. Seguem demonstradas na Figura 3 as principais técnicas de manutenção e em que momento elas atuam como fonte de ganho de eficiência dos equipamentos.

Figura 3 – Principais tipos de manutenções que trazem eficiência operacional segundo Rocha (2022)



Fonte: Rocha (2022).

De acordo com Rocha (2022), conforme demonstrado na Figura 4, as técnicas de manutenção adotadas para melhor atender a necessidade da operação são as que evitam que as falhas aconteçam, técnicas como preventiva, preditiva, prescritiva e detectiva atuam por meio de tecnologia, definindo padrões de atendimento para os equipamentos gerando assim eficiência operacional.

4.3 ESTUDOS ANTERIORES

A seguir, no Quadro 4, são apresentados os resultados de estudos anteriores a este estudo em que foram apresentados os temas referentes ao uso do indicador OEE dentro do contexto da indústria para ganho de eficiência operacional.

Quadro 4 – Estudos anteriores

Autor	Objetivos:	Resultados:
Bamber (2003)	O artigo tem uma abordagem de pesquisa sobre a conceituação do OEE, com o viés de investigar por meio de um estudo de caso organizacional. O foco é particularmente dado ao uso de equipes multifuncionais (CFT) dentro da organização do estudo de caso, demonstra que essa abordagem pode aumentar significativamente a implementação bem-sucedida sobre a conceituação do OEE.	O autor discute a utilidade do OEE como uma medida para controlar e melhorar o desempenho das operações de manufatura, enfatizando sua capacidade de identificar e medir as seis grandes perdas dentro do sistema de fabricação. Também é mencionado que o OEE pode ser usado com objetivos internos de melhoria estabelecidos pela organização ou com uma meta externa estabelecida pelo pai do TPM. No entanto, a conclusão específica do autor não é explicitamente indicada nesse trecho.
Muchiri e Pintelon (2008)	O objetivo deste trabalho foi investigar como a método OEE progrediu com tempo e como tem sido aplicado para atender às	Após examinar o método OEE, observando como ela tem progredido e sido usada nas indústrias, po-

	necessidades individuais das indústrias.	demos concluir que o OEE é uma métrica importante que nos ajuda a entender de onde vem o tempo perdido e as perdas na produção.
Raposo (2011)	O objetivo geral deste trabalho consistiu em apresentar a aplicação do indicador OEE no sistema produtivo de uma indústria do seguimento de bebidas de Manaus.	As conclusões da pesquisa confirmam certas ideias já mencionadas na teoria, incluindo a importância de um sistema de avaliação de desempenho eficaz. Um exemplo disso é a empresa Alfa, que conseguiu identificar sua "fábrica oculta" por meio da utilização do método OEE, o que revelou os desperdícios antes desconhecidos pela empresa.
Busso (2013)	Este artigo visa examinar os potenciais utilizações de métricas substitutas para o OEE, como instrumento de gestão, por parte de organizações de manufatura que almejam alcançar resultados superiores para suas operações. Além disso, busca-se investigar de que forma esse empreendimento pode ser adequadamente conduzido pela equipe de gerenciamento.	Não importa qual seja o número que você obtenha ao medir alguma coisa, ele por si só não significa muito. O fato de termos utilizados como indicadores o OEEL e OPEL nos últimos nove meses mostra o quanto a gerência precisa se envolver para que as informações obtidas sejam realmente utilizadas para melhorar e controlar as coisas. É assim que podemos garantir que essa nova prática se torne algo sólido e bem estabelecido.
Biehl e Seliotto (2015)	O objetivo deste artigo foi abordar um caso de implantação de manutenção autônoma em uma área de testes de uma empresa da indústria metalmeccânica	A principal descoberta do estudo é que a TPM, especialmente a manutenção autônoma, pode melhorar a eficiência da manutenção como um fator estratégico. Isso, por sua vez, pode aumentar a capacidade competitiva da empresa na indústria de manufatura.
Küger (2015)	O propósito deste estudo é criar uma perspectiva abrangente sobre a aplicação das ferramentas OEE (Eficiência Global dos Equipamentos) e UEP (Utilização Efetiva de Produção), identificar seus pontos positivos e limitações, e destacar os aspectos dos seus métodos que podem ser aproveitados para aprimorar a administração da capacidade produtiva das empresas, em uma rotina de gerenciamento dos processos de produção.	A implementação da Eficiência Global dos Equipamentos (EGE) em uma empresa que já possui o sistema de Produção Enxuta Universal (PEU) implantado será significativamente facilitada e acelerada. Isto se reflete sobre a ação que a metodologia de implementação do PEU mapeia todos os fluxos de produção da fábrica, detectando os pontos de estrangulamento na produtividade e identificando quais processos agregam valor aos produtos e quais não agregam.
Souza; Car-taxo (2016)	O objetivo para o estudo foi a análise de veracidade ou precisão dos dados coletados e um processo de manufatura em uma indústria, e transformá-las por meio do OEE em informações viáveis e imprescindíveis para ganho de desempenho da fábrica, mesmo com as barreiras encontradas para realização das coletas de dados.	Com base no método OEE, teve-se a possibilidade e identificação das principais falhas geradas pelos equipamentos da planta industrial, porém, o método OEE mostra certa fragilidade no ponto de gerar ações e soluções no que tange o aumento de eficiência e produtividade. A planta industrial antes não tinha um laudo analítico estruturado para visualizar os atrasos referentes às paradas dos equipamentos.
Santos (2018)	O presente artigo tem o propósito de verificar a eficiência dos equipamentos de uma retífica e oficina mecânica localizada na Bahia por meio dos cálculos do indicador de desempenho OEE.	Com a utilização deste índice global, a empresa poderá rever seus processos, qualificando as operações a partir de ações pontuais na melhoria do desempenho. Cita-se ainda a possibilidade de aumentar a excelência, uniformidade, eficiência e produtividade medidos in loco. Em outras palavras, o OEE é uma maneira de acompanhar o comportamento operacional das máquinas, podendo ser usado também para realizar diagnósticos e

		comparar unidades diferentes.
De Oliveira, Ribeiro e Machado (2019)	O propósito deste artigo é empregar o indicador de desempenho global de equipamentos (IDGE), em um processo automatizado pneumático de produção de muçarela, chamado de monobloco, a fim de identificar limitações no sistema produtivo e propor medidas para aprimorar os índices de disponibilidade, utilização e qualidade da fábrica. A justificativa dessa abordagem surge da dificuldade enfrentada pelas empresas em avaliar suas capacidades produtivas reais, assim como suas perdas devido à má utilização e falta de controle de recursos.	Esta tarefa atingiu seu propósito ao desenvolver o índice abrangente de eficiência dos equipamentos, amplamente reconhecido como OEE, ao avaliar a eficácia da máquina de Monobloco e oferecer recomendações de ferramentas para aprimoramento empresarial.
De Sousa e Correr (2019)	Neste estudo explora-se a aplicação do OEE em uma linha de fabricação de uma organização do ramo metalúrgico, com o objetivo de gerenciar e acompanhar o processo produtivo de forma eficiente. Para alcançar esse propósito, são empregados os princípios do TPM (manutenção produtiva total).	Durante a pesquisa foi examinado o parâmetro de desempenho global dos equipamentos (OEE), que contribuiu para avaliar a eficiência do equipamento selecionado. Utilizando o OEE, foi possível quantificar e avaliar a efetividade real das máquinas (Braidors) ao longo dos meses de estudo. Por meio dessa ferramenta, tornou-se viável identificar a principal questão relacionada ao equipamento examinado, além de analisar o ponto de maior vulnerabilidade e elaborar medidas com soluções potenciais, visando ao aumento da eficiência e produtividade. Anteriormente, apenas havia especulações sobre a ocorrência de atrasos, contudo, não existia um estudo dedicado à análise desses atrasos mencionados.

Fontes: Elaborado pelo autor (2023).

Após a verificação dos estudos anteriores, contata-se que Bamber (2003); Muchiri e Pintelon (2008); Raposo (2011); Busso (2013); Biehl e Selitto (2015); Küger (2015); Souza e Cartaxo (2016); Santos (2018); De Oliveira, Ribeiro e Machado (2019); e De Souza e Correr (2019) discutem em seus estudos um ponto em comum, que é encontrar formas de otimizar seus processos produtivos para ganho de eficiência a partir da implementação de metodologia OEE.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi discutido, pode-se destacar que o OEE é uma métrica essencial para a indústria, permitindo uma análise detalhada da eficiência operacional dos equipamentos. Sua constituição é fundamentada nas bases da disponibilidade, performance e qualidade que possibilita a identificação de gargalos produtivos e a implementação de melhorias contínuas. Além disso, a relação do OEE com o TPM evidencia o papel estratégico na gestão industrial, contribuindo para a minimização de desperdícios e consequente aumento de produtividade.

Com base na literatura pesquisada e apresentada nesse artigo, nota-se que uma correta aplicação do OEE depende de dados precisos e bem estruturados, uma vez que caso ocorra uma mensuração inadequada todo o trabalho pode estar comprometido, o que implicaria em más decisões gerenciais.

Conclui-se então que o OEE apresenta-se como uma ferramenta fundamental na gestão industrial moderna, permitindo um melhor controle dos processos produtivos na busca pela excelência operacional.

REFERÊNCIAS

BAMBER, C. J. et al. Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 9, n. 3, p. 223-238, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/241700097_Cross-functional_team_working_for_overall_equipment_effectiveness_OEE . Acesso em: 16 abr. 2023.

BIEHL, N. C.; SELMITTO, M. A. TPM e manutenção autônoma: estudo de caso em uma empresa da indústria metalmeccânica. **Revista Produção Online**, v. 15, n. 4, p. 1123-1147, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v15i4.1632> . Acesso em: 16 abr. 2023.

BUSSO, C. M.; MIYAKE, D. I. Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. **Production**, v. 23, p. 205-225, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-6513201200500006> . Acesso em: 16 abr. 2023.

DE OLIVEIRA, N. S.; RIBEIRO, B. L.; MACHADO, R. R. Implementação e Análise do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos (OEE) em um Laticínio do Alto Paranaíba. **Revista Brasileira de Gestão e Engenharia RBGE** .v. 10, n. 1, p. 61-76, 2019. Disponível em: <https://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia/article/view/459> . Acesso em: 16 abr. 2023.

JESUS, R.; SILVA, R. **Gestão da Manutenção de Equipamentos em uma Mineradora**. 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/27289> . Acesso em: 30 de jul. 2023.

KLIEMANN NETO, F. J. MULLER, C. J. A mudança dos sistemas de custeio em ambientes modernos de manufatura: um estudo de caso. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 1994. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/350> . Acesso em: 05 jun. 2023.

KRÜGER, R. T. **Melhoria na gestão da capacidade produtiva através da aplicação das ferramentas OEE e UEP nos processos industriais**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/23275> . Acesso em: 16 abr. 2023.

MUCHIRI, P.; PINTELON, L. Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. **International journal of production research**, v. 46, n. 13, p. 3517-3535, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207540601142645> . Acesso em: 05 jun. 2023.

NASCIMENTO, B. **Implantação da OEE em uma indústria de envase de bebidas**. 2019. Artigo (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Uberlândia, MG. 2019. Disponível em: <https://repositorio-dev.ufu.br/bitstream/123456789/27992/1/Implanta%C3%A7%C3%A3oOee-Ind%C3%BAstria.pdf> .Acesso em: 10 jun. 2023.

RAPOSO, C. F. C. . Overall Equipment Effectiveness: aplicação em uma empresa do setor de bebidas do polo industrial de Manaus. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 3, p. 648-667, 2011. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STP_135_855_17585.pdf . Acesso em: 16 abr. 2023.

ROCHA, V. G. **Aplicação da gestão da manutenção em pequenas e médias empresas do setor metalomecânico: um estudo de caso**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <http://repositorio.ut-fpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30923/1/manutencaoempresasmetalomecanico.pdf> . Acesso em: 10 jun. 2023.

SANTOS, P. V. S. Aplicação do indicador overall equipment effectiveness (oee): um estudo de caso numa retífica e oficina mecânica. **Brazilian Journal of Production Engineering-BJPE**, p. 1-18, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328293779_APLICACAO_DO_INDICADOR_OVERALL_EQUIPMENT_EFFECTIVENESS_OEE_UM_ESTUDO_DE_CASO_NUMA_RETIFICA_E_OFICINA_MECANICA . Acesso em: 16 abr. 2023.

SOUSA, J. M.; CORRER, I. Benefícios da implantação do OEE (Overall Equipment Effectiveness) em uma linha de produção de uma empresa metalúrgica. In: **IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa, Paraná, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ivan-Correr/publication/338684460_Benefits_of_Implementing_OEE_Overall_Equipment_Effectiveness_in_a_production_line_of_a_metallurgical_company/links/5e24606d458515ba2094ad03/Benefits-of-Implementing-OEE-Overall-Equipment-Effectiveness-in-a-production-line-of-a-metallurgical-company.pdf. Acesso em: 16 abr. 2023.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**. v.8, n. 1, p. 102-106, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eins/a/ZQTBkVJZqcWrTT34cXLjtBx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 abr. 2023.

SOUZA, M. C. M.; CARTAXO, G. A. A. Aplicação do indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness) em uma indústria fornecedora de cabos umbilicais. In: **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, João Pessoa, PB. Anais, 2016. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_323_28802.pdf . Acesso em: 16 abr. 2023.

TANGEN, S. Analyzing the requirements of performance measurement systems. **Measuring business excellence**, v. 9, n. 4, p. 46-54, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/13683040510634835>. Acesso em: 05 jun. 2023.