

**GIOVANNA PORTO TONI**

**ELABORAÇÃO E PROPOSTA DE INDICADOR DE EFICIÊNCIA GLOBAL DE  
EQUIPAMENTOS (OEE) PARA TERMINAL INTERMODAL**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**2018**

**GIOVANNA PORTO TONI**

**ELABORAÇÃO E PROPOSTA DE INDICADOR DE EFICIÊNCIA GLOBAL DE  
EQUIPAMENTOS (OEE) PARA TERMINAL INTERMODAL**

**Trabalho de conclusão de curso** apresentado ao curso de graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Bacharel em Engenharia Mecânica**.

Orientador: Prof. Dr. Wisley Falco Sales

UBERLÂNDIA - MG

2018

**GIOVANNA PORTO TONI**

**ELABORAÇÃO E PROPOSTA DE INDICADOR DE EFICIÊNCIA GLOBAL DE  
EQUIPAMENTOS (OEE) PARA TERMINAL INTERMODAL**

Trabalho de conclusão de curso  
**APROVADO** pelo Colegiado do Curso de  
Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade  
de Engenharia Mecânica da Universidade Federal  
de Uberlândia.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Wisley Falco Sales – FEMEC – UFU – Orientador

---

Prof. Dr. Éder Silva Costa – ESTES – FEMEC – UFU

---

Prof. MSc. Leonardo Rosa Ribeiro da Silva – Doutorando/FEMEC – UFU

Dedico este trabalho a meus pais e meu irmão, que sempre me apoiaram em todas as minhas escolhas e foram meu suporte durante toda a minha graduação, me dando forças concluir mais essa etapa da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus, que tem me abençoado durante todos os dias da minha vida; que tem permanecido sempre à frente, preparando os melhores caminhos para mim.

Agradeço também à minha família, especialmente minha mãe, meu pai e meu irmão, que têm me acompanhado por toda essa trajetória e me apoiado incondicionalmente durante todos os momentos em que precisei de forças para prosseguir.

Sou grata a todos os professores com os quais tive a oportunidade de aprender durante todos esses anos, em especial ao meu professor orientador Dr. Wisley Falco Sales, que, de bom ânimo, comprou a ideia desse projeto.

Gostaria de agradecer, ainda, aos amigos que fiz ao longo do curso, que caminharam comigo nessa jornada, dividindo alegrias e frustrações, e tornaram tal experiência mais leve e agradável.

## RESUMO

P. TONI, G. **Elaboração e Proposta de Indicador de Eficiência Global de Equipamentos (OEE) para Terminal Intermodal**. 2018. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG.

Com o aumento da competitividade entre as empresas, aquelas que querem se manter como líderes de mercado devem buscar maneiras de aumentar sua produtividade enquanto se mantêm flexíveis para atender às demandas de seus clientes. Muito se pensa no emprego de novas tecnologias, porém é imprescindível o monitoramento da produtividade das plantas a fim de direcionar projetos de melhoria de forma mais assertiva. Um indicador muito utilizado atualmente com tal finalidade é a Eficiência Global de Equipamentos (OEE, do inglês *Overall Equipment Effectiveness*). No presente trabalho foi realizada a análise do atual cálculo do OEE utilizado por uma empresa de logística para mensurar a produtividade do carregamento ferroviário de suas plantas. Foram analisadas as diferenças entre o cálculo da companhia e o cálculo indicado na literatura especializada e ao final do trabalho foi proposto um novo método de cálculo para o indicador, onde os três parâmetros do OEE – Disponibilidade, Performance e Qualidade – são mantidos.

**Palavras-chave:** OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Carregamento Ferroviário. Indicador. Produtividade. Performance.

## ABSTRACT

P. TONI, Giovanna. **Elaboration and Proposal of an Overall Equipment Effectiveness Indicator for an Intermodal Terminal**. 2018. 53 f. Bachelor's Thesis, Federal University of Uberlândia, 2018.

With the increasing competitiveness between companies, those who want to remain as market leaders must look for ways to increase their productivity while remaining flexible to meet their client's demands. Much is thought of the employment of new technologies, but it is essential do monitor the plant's productivity in order to direct improvement projects more accurately. A widely used indicator for this purpose is the Overall Equipment Effectiveness (OEE). In the present work was performed the analysis of the current OEE calculation used by a logistics company to measure the productivity of the railway loading of its plants. The differences between the calculation used by the company and that found in specialized literature were studied and at the end of this work a new calculation method is proposed, maintaining the three OEE parameters – Availability, Performance and Quality.

**Keywords:** OEE (Overall Equipment Effectiveness). Railway loading. Indicator. Productivity. Performance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Principais elementos das atividades de logística.....	19
Figura 2.2 – Principais problemas logísticos e suas soluções.....	21
Figura 2.3 – Principais atividades da cadeia de suprimentos imediata de uma empresa...	21
Figura 2.4 – Exemplo de cadeia de transporte intermodal.....	24
Figura 2.5 – A “casa” da TPM: os oito pilares sustentados na base do 5S.....	25
Figura 2.6 – Estrutura das seis grandes perdas observadas no indicador de OEE.....	31
Figura 3.1 – Carregamento ferroviário de soja.....	32
Figura 3.2 – Tombamento de caminhão transportador de grãos.....	33
Figura 3.3 – Sistema de carregamento ferroviário.....	34
Figura 3.4 – Tela para controle da retirada de produto do silo pulmão.....	35
Figura 3.5 – Tela de controle para retirada de produto do armazém.....	35
Figura 3.6 – Tela de controle de transbordo direto.....	36
Figura 3.7 – Estratificação das Horas Aplicáveis ao Ativo ou Processo.....	38



## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Matriz do Transporte de Cargas – Dezembro/2017.....	23
Tabela 3.1 – Definições e Terminologias para Horas Padronizadas.....	37
Tabela 4.2 – Paradas operacionais de indisponibilidade dos equipamentos.....	43
Tabela 4.3 – Novo banco de paradas operacionais.....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS

TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> (Manutenção Produtiva Total)
TPS	<i>Toyota Production System</i> (Sistema Toyota de Produção)
TQM	<i>Total Quality Management</i> (Gestão Total da Qualidade)
JIT	<i>Just-in-time</i>
PM	<i>Productive Maintenance</i> (Manutenção Produtiva)
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (Eficiência Global de Equipamentos)
TEEP	<i>Total Effective Equipment Performance</i> (Performance Total Efetiva de Equipamentos)

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS .....	3
1.1.1 Objetivo Geral.....	3
1.1.2 Objetivos Específicos.....	3
1.2 JUSTIFICATIVA .....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Logística.....	5
2.2 Transporte Modal.....	8
2.3 TPM .....	10
2.4 OEE.....	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3.1 Contextualização do carregamento ferroviário.....	18
3.2 Detalhamento do cálculo atual.....	22
3.3 Análise do cálculo.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
4.1 Cálculo da Disponibilidade.....	28
4.2 Cálculo da Performance.....	30
4.3 Cálculo da Qualidade.....	31
4.4 Cálculo do OEE .....	32
4.5 Projetos que auxiliarão no cálculo do indicador .....	33
4.5.1 Automatização do sistema de carregamento .....	34
4.5.2 Projeto PIMS .....	34
5. CONCLUSÃO.....	36
5.1. COMENTÁRIOS GERAIS .....	36
5.2. CONCLUSÕES ESPECÍFICAS.....	36
6. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	36

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37
ANEXO I – Ficha de Indicador – OEE .....	40
ANEXO II – Ficha de Indicador – Disponibilidade Física .....	41
ANEXO III – Ficha de Indicador – Utilização.....	42
ANEXO IV – Ficha de Indicador – Performance.....	43

# 1. INTRODUÇÃO

Com aumento da competitividade entre empresas nos últimos anos, é de extrema importância que as fábricas entreguem seus produtos de maneira cada vez mais eficiente e com mais qualidade, além de serem capazes de suprir a demanda de seus clientes com maior flexibilidade e agilidade. Apesar da possibilidade do emprego de novas tecnologias para atender tais necessidades, existem outras formas de melhorar a performance da fábrica utilizando recursos já existentes na mesma. Dessa forma, além de ganhos na produtividade, o investimento a ser feito é consideravelmente menor e é possível aplicar as medidas necessárias com maior agilidade.

Como evidenciado por Fleischer, Weismann e Niggenschmidt (2006), a disponibilidade e produtividade dos recursos de produção de uma fábrica influenciam diretamente em sua competitividade. A má alocação desses recursos e seu uso ineficiente refletem em perdas de produtividade para a planta. À vista disso, assegurar a devida utilização de seus equipamentos, garantindo alta disponibilidade e confiabilidade dos mesmos, deve ser prioridade das empresas que querem se tornar ou se manter líderes de mercado atualmente.

Percebe-se então a necessidade de buscar oportunidades para melhoria dos processos de modo a se alcançar a redução e, eventualmente, a eliminação dos desperdícios de uma planta, proporcionando melhor performance e maior produtividade. Esse é, em essência, o objetivo de práticas de melhoria contínua adotadas mundialmente. Dessas práticas, três se destacam e são conhecidas como 3T's: Sistema Toyota de Produção (TPS – *Toyota Production System*), Gestão da Qualidade Total (TQM – *Total Quality Management*) e Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*) (HAILU et al., 2018).

De acordo com Hailu et al. (2018) o TPS “representa uma cultura de manufatura de melhoria contínua baseada na definição de padrões que visam eliminar desperdícios por meio da participação de todos os empregados. O objetivo do sistema é reduzir o tempo entre o momento em que o pedido de um cliente é recebido até o momento em que o pedido é entregue a esse cliente. Idealmente, o sistema empenha-se para produzir com a maior qualidade possível, ao menor custo possível, com o menor *lead-time*<sup>1</sup> possível.”

Alpenberg e Scarbrough (2009) afirmam que o primeiro pilar principal do TPS é *jidoka*. Traduzido como autonomação, significa automação com um toque humano e tem como objetivo assegurar a qualidade do produto durante sua produção. Uma das formas de assegurar

---

<sup>1</sup> *Lead-time* é definido como o tempo entre o início e a conclusão de um processo de produção.

isso é não permitindo que uma parte defeituosa siga para a próxima etapa do processo. O segundo principal pilar do TPS é *Just-in-time* (JIT), que tem como propósito garantir que os materiais corretos na quantidade certa estejam disponíveis no lugar certo na hora certa (OHNO, 1997). Além disso, segundo Fritze (2016), JIT visa a redução de estoques na cadeia de valor, através do fluxo contínuo de material e informação voltados para o alto mercado e orientação ao cliente.

Hailu et al. (2018) descrevem TQM como uma filosofia de gestão com foco em aprimorar continuamente a qualidade dos produtos e processos para atingir a satisfação do cliente, onde todos da organização têm compromisso com esse propósito. TQM se apoia principalmente no processo de melhoria contínua, produção sem defeitos e qualidade com foco no cliente.

Nakajima (1989) define sucintamente TPM como uma técnica de Manutenção Produtiva (PM – *Productive Maintenance*) que envolve a total participação dos funcionários, desde o chão de fábrica até a alta gerência, com o propósito de maximizar a efetividade dos equipamentos através do estabelecimento de um minucioso sistema produção-manutenção que engloba toda a vida útil dos equipamentos.

Os principais objetivos a serem alcançados através da aplicação da TPM, conforme citados por Nakajima (1989), são atingir uma produção sem quebras e sem defeitos para obter melhor produtividade e qualidade, além da redução de estoques e do tempo entre o pedido do cliente e a entrega do produto, e maior segurança e satisfação dos empregados. Fuentes (2006) cita os oito pilares da TPM a serem seguidos para alcançar esses objetivos, sendo eles: manutenção autônoma; manutenção preventiva planejada; manutenção da qualidade; melhoria focada; gestão antecipada de equipamentos (*Early Equipment Management*); segurança, saúde e meio ambiente; educação, treinamento e capacitação; TPM nos departamentos administrativos e de suporte.

Uma das ferramentas da TPM é a Eficiência Global dos Equipamentos (OEE – *Overall Equipment Effectiveness*) que tem como finalidade analisar a performance dos equipamentos em termos de três parâmetros: Disponibilidade Física, Performance e Qualidade. Dentro de tais parâmetros são agrupadas as chamadas Seis Grandes Perdas: paradas por falha de equipamentos, paradas para *setup* ou ajustes, pequenas paradas por problemas no equipamento, equipamento operando com velocidade reduzida, produção de partes com defeito devido ao *startup* dos equipamentos e produção de partes com defeito ou que necessitam de retrabalho (BUSSO; MIYAKE, 2012. PATEL; DESHPANDE, 2016. SISODIYA et al., 2014. BHOYAR et al., 2017).

O presente estudo foi realizado dentro de uma empresa brasileira de logística, que realiza o transporte de *commodities* de empresas terceiras através da integração de rodovias, ferrovias e portos. Atualmente, tal companhia utiliza o indicador OEE para cálculo da performance do carregamento ferroviário em seus terminais terrestres. Devido a algumas inconsistências percebidas no cálculo do indicador, decidiu-se por revisitá-lo e, se necessário, realizar as devidas alterações, de forma que os resultados apresentados sejam precisos e levem a estudos eficazes para a realização de projetos visando o aumento de produtividade da companhia.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O objetivo principal deste projeto, de forma geral, é analisar o cálculo do indicador OEE de uma empresa de transporte de *commodities*, identificando pontos de melhoria a serem estudados para uma elaboração de um novo modelo de cálculo do indicador, possibilitando uma visão mais clara e precisa da performance das unidades (*sites*) da companhia.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

1. Confrontar os dados levantados com os conceitos presentes na literatura especializada.
2. Aplicar a metodologia correta no cálculo do indicador de eficiência global dos equipamentos.
3. Apresentar o novo cálculo do indicador para a companhia, expondo como o método apresentará maior clareza na análise da performance dos *sites* e, conseqüentemente, permitirá a definição de projetos mais assertivos para aumento da eficiência dos recursos utilizados.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

Na companhia em questão, o indicador OEE é utilizado para medir a eficiência de seus recursos produtivos e identificar pontos de melhoria em seus processos. É um indicador gerencial, fechado mensalmente e o resultado compreendido como o valor absoluto da performance obtida pela planta naquele período.

Entretanto, ao longo de algumas reuniões mensais, percebeu-se o pouco entendimento do indicador por parte da supervisão da planta, além de resultados que pareciam não ser coerentes com a performance realizada ao longo do mês. Dessa forma, foi feita uma breve análise da planilha em que o cálculo do indicador era realizado e foram observadas pequenas inconsistências nas fórmulas utilizadas.

Logo, o seguinte trabalho foi elaborado visando analisar mais profundamente o cálculo utilizado pela companhia e compará-lo com o conceito de OEE encontrado na literatura especializada, procurando, então, adaptar o cálculo atual, de forma que o mesmo seja coerente e mais assertivo para embasar futuros projetos de melhoria na empresa.



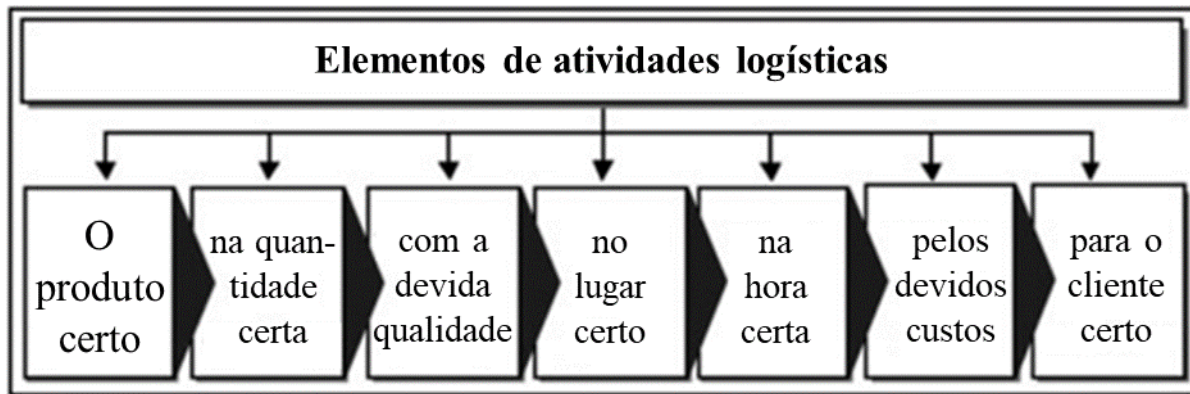
## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Logística

Segundo Christopher (2016) o conceito de logística é antigo e veio se desenvolvendo ao longo da história da humanidade, empregado, por exemplo, desde a construção das pirâmides até nos projetos contra a fome na África. Ainda segundo o autor, a base do conceito de logística pouco mudou ao longo dos anos, se tratando do “fluxo efetivo de materiais e informação para atender às demandas dos clientes”.

Atualmente, as principais práticas de logística foram herdadas a partir de estudos que se originaram no meio militar. Nos períodos de guerra havia grande necessidade dos exércitos se coordenarem para suprir as tropas com os devidos armamentos, alimentos e medicamentos, além de estruturar questões como deslocamento e alojamento.

O conceito de logística não é único e podem ser encontradas diversas definições para o termo. Gleissner e Femerling (2013) definem graficamente as principais tarefas da logística com o esquema retratado na Fig. 2.1.



**Figura 2.1** Principais elementos das atividades de logística (Adaptado de Gleissner e Femerling, 2013)

O Conselho de Profissionais de Gestão de Cadeia de Suprimentos (*Council of Supply Chain Management Professionals*; anteriormente *Council of Logistics Management*) define logística como “o processo de planejar, implementar e controlar procedimentos para transporte e armazenagem eficientes e efetivos de bens, incluindo serviços, e informações relacionadas, do ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às necessidades dos clientes”.

Ballou (1997) descreve a missão da logística como “levar os bens ou serviços corretos para o lugar certo, no momento certo e na condição desejada, ao mesmo tempo fazendo a melhor contribuição possível para a empresa”.

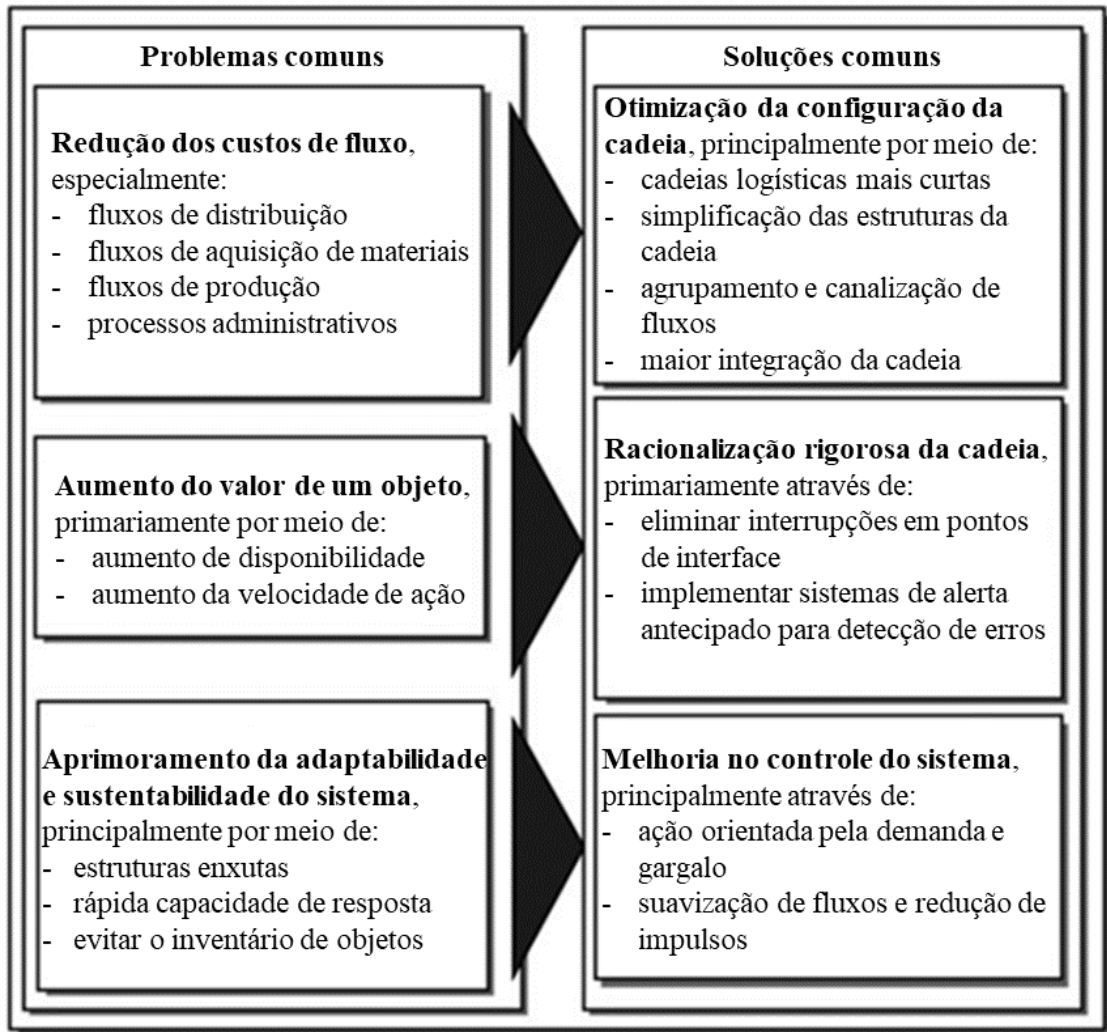
Li (2014) afirma que “logística é a gestão do fluxo de bens entre o ponto de origem e o ponto de consumo a fim de atender requisitos, por exemplo, de clientes ou de corporações”.

A partir dessas definições, é possível concluir que a logística se trata do deslocamento físico de bens e serviços, bem como o fluxo de informações relacionadas a esse processo. Percebe-se também que existem preocupações com a qualidade do produto oferecido ao cliente e com o custo gerado em toda a cadeia de produção, desde a obtenção da matéria-prima até seu processamento e, por fim, a distribuição do produto ao consumidor final.

Segundo Gleissner e Femerling (2013), o campo da logística começou a ganhar mais forças a partir de 1955, quando Morgenstern publicou o artigo *Note on the Formulation of the Theory on Logistics*, onde, pela primeira vez, os conceitos de logística, trazidos do meio militar, foram aplicados em estudos do campo empresarial. Por conseguinte, ao longo dos anos a logística deixou de ser uma simples atividade de apoio operacional e se desenvolveu em um processo multidimensional que engloba todas as atividades que agregam valor ao produto, tendo como objetivo aprimorar práticas operacionais e econômicas complexas.

Assim, as atividades incorporadas pela logística passaram a ser mais complexas, representadas na Fig. 2.2. Na Fig. 2.3 é possível observar, de maneira simplificada, as principais atividades logísticas diretas de uma empresa.

Percebe-se que o conceito de logística evoluiu ao longo dos anos, ultrapassando a noção de que se trata simplesmente das questões físicas de transporte, manuseio e armazenagem de materiais e bens (GLEISSNER; FEMERLING, 2013). Entretanto, tais atividades são intrínsecas ao processo logístico e devem estar muito bem integradas com todo o restante da cadeia de suprimentos, do contrário, os bens, produtos ou serviços necessários não chegarão ao seu consumidor final no momento adequado e, conseqüentemente, não gerarão valor para os consumidores e fornecedores da empresa, nem para seus acionistas (BALLOU, 1997).



**Figura 2.2** Principais problemas logísticos e suas soluções (Adaptado de Gleissner e Femerling, 2013)



**Figura 2.3** Principais atividades da cadeia de suprimentos imediata de uma empresa (Adaptado de Ballou, 1997)

O transporte de materiais e produtos pode ser realizado pela própria companhia, utilizando de uma frota própria, ou pode ser terceirizado, ou seja, realizado por outra companhia após o estabelecimento de um contrato entre ambas. Segundo Szymonik (2012), nos últimos anos muitas empresas têm optado por concentrar seus esforços em suas áreas de expertise para atingir os diferenciais de mercado, levando à terceirização de serviços de transporte e armazenagem.

Focando na terceirização desses serviços, diversos fatores devem ser levados em consideração na escolha da melhor opção para a empresa contratante. Ballou (1978) cita os custos de transporte, tempo de transporte, geração de estoques e custos de armazenagem dos estoques gerados. Observa-se ainda que a melhor opção não é necessariamente a mais barata ou a mais rápida, mas sim a situação em que existe o equilíbrio entre todos esses fatores e as necessidades da empresa, visando o custo mínimo total do serviço.

## **2.2 Transporte Modal**

Reconhecendo a importância do transporte para as operações logísticas no meio empresarial, tanto na obtenção de materiais quanto na distribuição dos bem produzidos até o ponto de consumo final, é imprescindível conhecer os modais de transporte à disposição e analisar as necessidades da empresa e dos clientes, chegando ao modelo de transporte mais viável para todas as partes envolvidas.

Os principais modais utilizados no transporte de carga no Brasil são: aéreo, aquaviário, dutoviário, ferroviário e rodoviário. Na Tab. 2.1 é possível observar a representatividade de cada um dos modais no transporte de cargas no Brasil, onde percebe-se a grande dependência do modal rodoviário, responsável pelo transporte de mais de 60% do volume de carga movimentado no ano de 2017. O transporte ferroviário vem em segundo lugar, com 20,7% de participação, seguido do aquaviário, com 13,6%; o modal dutoviário representou 4,2% das movimentações e, por fim, o aéreo, com 0,4% de representatividade.

O transporte aéreo é realizado por meio das aerovias, que são para esse modal, o que as estradas são para o transporte rodoviário. Compreende também os terminais de passageiros e cargas e os sistemas de controle de tráfego aéreo. O acesso às aerovias é feito por meio dos aeródromos, que são as áreas designadas para decolagem, pouso e movimentação de aeronaves (Confederação Nacional do Transporte, 2006).

**Tabela 2.1** Matriz do Transporte de Cargas – Dezembro/2017

<b>Matriz do Transporte de Cargas</b>		
<b>Modal</b>	<b>Milhões (TKU)<sup>2</sup></b>	<b>Participação (%)</b>
Rodoviário	485.625	61,1
Ferroviano	164.809	20,7
Aquaviário	108.000	13,6
Dutoviário	33.300	4,2
Aéreo	3.169	0,4
<b>Total</b>	<b>794.903</b>	<b>100,0</b>

(Fonte: Confederação Nacional do Transporte, 2017)

O transporte aquaviário é realizado por meio de hidrovias, aquavias, vias navegáveis, caminhos marítimos ou caminhos fluviais, sendo as vias pelas quais as embarcações navegam em rios, lagos ou oceanos. Os terminais são os portos marítimos e fluviais. Esse modal é dividido, conforme os tipos de vias utilizadas, em transporte fluvial e marítimo (Confederação Nacional do Transporte, 2006).

No modal dutoviário o transporte é feito através de tubos interligados – dutos. Os principais produtos transportados são o petróleo e derivados, através dos chamados oleodutos, e o gás natural, por meio dos gasodutos. A infraestrutura desse modal engloba também todas as instalações e sistemas necessários para manter a operação, segurança e proteção dos oleodutos e gasodutos (ANP, < <http://www.anp.gov.br/> >).

O transporte ferroviário é feito por meio das linhas férreas. Atualmente o Brasil possui 28.522 km de malha ferroviária, dos quais 28.225 km são administrados por empresas concessionárias. Grande parte das linhas de tráfego se concentram nas regiões Sudeste e Sul, nominalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul (Confederação Nacional do Transporte, 2006).

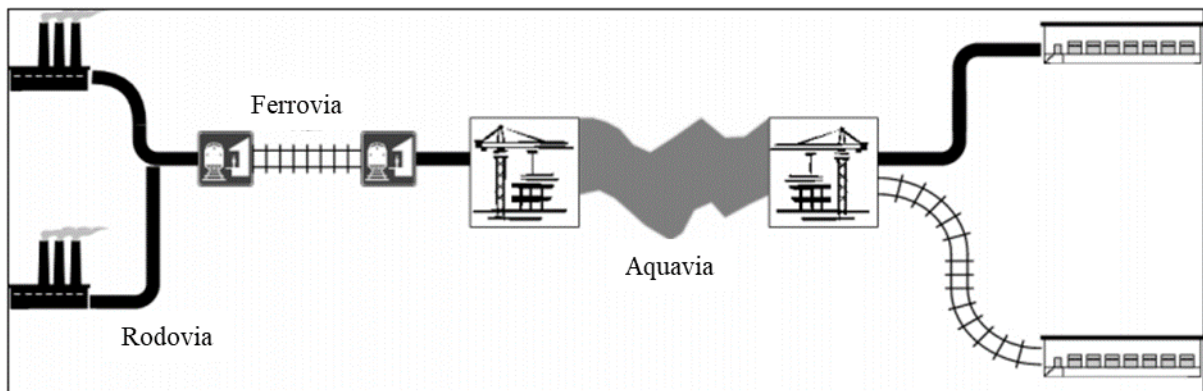
A concessão das operações da malha ferroviária para a iniciativa privada iniciou-se em 1996 com a Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA). Com os novos investimentos na operação ferroviária no país desde então, o volume de carga transportado nas ferrovias brasileiras aumentou em cerca de 55% (Confederação Nacional do Transporte, 2006).

O modal rodoviário compreende toda a malha rodoviária do país, composta por rodovias federais, estaduais transitórias, estaduais e municipais, pavimentadas e não pavimentadas. Atualmente o Brasil possui 213.591 km de rodovias pavimentadas e 1.364.511 km de rodovias

<sup>2</sup> TKU – Tonelada por quilômetro útil

não pavimentadas, totalizando uma malha de 1.735.411 km, dos quais apenas aproximadamente 12,31% são vias pavimentadas (Confederação Nacional do Transporte, 2017).

Quando o ponto de origem da mercadoria e o destino final se encontram muito distantes, pode ser necessário a utilização de mais de um modal de transporte. A movimentação de cargas ou pessoas que se dá por mais de um modal de transporte entre o ponto de partida até seu destino caracteriza o transporte intermodal (CRAINIC; KIM, 2005). A transição entre os modais se dá nos chamados terminais intermodais, podendo ser tanto portos marítimos quanto terminais terrestres, como aeroportos, portos fluviais e pátios ferroviários (BEKTAS; CRAINIC, 2007). A Fig. 2.4 exemplifica uma cadeia de transporte intermodal.



**Figura 2.4** Exemplo de cadeia de transporte intermodal (Adaptado de Bektas e Crainic, 2007)

Terminais intermodais representam uma boa estratégia para empresas que fornecem serviços de logística de transporte para outras companhias. O posicionamento estratégico de terminais intermodais no território nacional pode ser um grande diferencial para empresas do ramo, permitindo a interligação de importantes polos produtivos aos principais pontos de escoamento de mercadorias, sempre se utilizando dos modais de transporte mais apropriados.

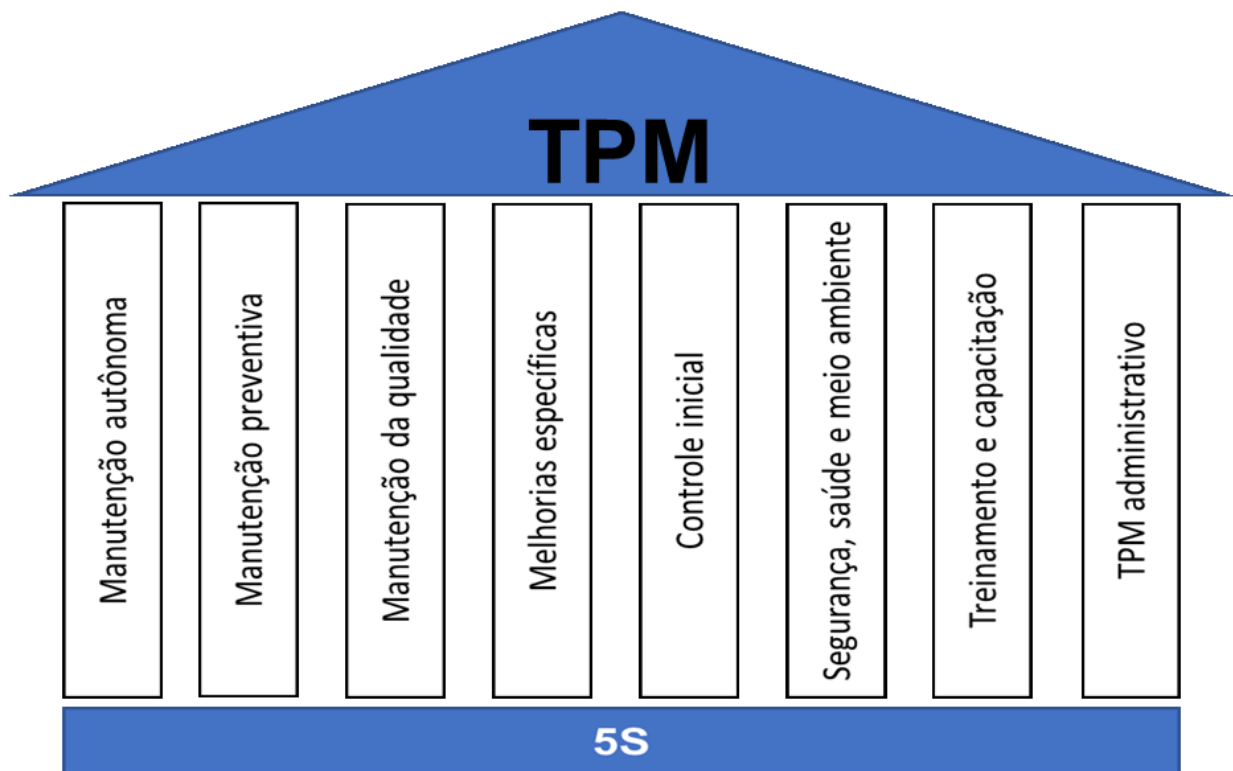
### 2.3 TPM

Em 1971, a empresa japonesa Nippon Denso Co. Ltd., fornecedora de partes elétricas para a Toyota, introduziu e implementou com êxito a filosofia TPM, desenvolvida com base nas práticas de manutenção preventiva que vinham sendo praticadas nos Estados Unidos na década de 50 (PARIKH; MAHAMUNI, 2015. BHOYAR et al., 2017).

Os três grandes objetivos da TPM propostos por Nakajima (1989) são: zero acidentes, zero defeitos e zero falhas. A busca por tais metas leva, então, à redução e, possivelmente, eliminação de desperdícios na produção, aumentando a eficiência e efetividade dos

equipamentos da fábrica. Entretanto, Brah e Chong (2004) salientam que, para tais objetivos serem atingidos, é imprescindível o comprometimento de todos os envolvidos na companhia, desde os operários do chão de fábrica até a alta gerência, onde todos devem desempenhar um papel ativo na prática das técnicas propostas pela TPM.

Manutenção autônoma, melhoria contínua e manter um padrão elevado de segurança são importantes estratégias empregadas na TPM (ICHIKAWA et al., 1996). Parikh e Mahamuni (2015) descrevem a filosofia TPM como um processo de melhoria contínua estruturado com foco nos equipamentos da planta. As principais atividades a serem desempenhadas pela companhia que deseja manter as práticas da TPM são conhecidas como os oito pilares do TPM, como podem ser observados na Fig. 2.5.



**Figura 2.5** A “casa” da TPM: os oito pilares sustentados na base do 5S (Adaptado de Bhoyar et al., 2017; Fuentes, 2006)

Os pilares da TPM são:

1. Manutenção autônoma

A manutenção autônoma se trata da prática de atribuir aos operadores dos equipamentos as atividades rotineiras de manutenção, como inspeção, limpeza e lubrificação (BHOYAR et al., 2017). Entende-se que o operador é quem possui maior conhecimento sobre o equipamento e assim é criado um maior sentimento de dono sobre

os mesmos. Além disso, esse processo permite que a equipe de manutenção possa se dedicar a atividades maiores e mais urgentes e até mesmo se empenhar em realizar projetos de melhoria (PARIKH; MAHAMUNI, 2015).

## 2. Manutenção planejada

Esse pilar tem como objetivo maximizar a disponibilidade dos equipamentos através da minimização de falhas. Os esforços da equipe dedicada de manutenção são concentrados em atividades de manutenção, principalmente a preventiva, de forma a aumentar a vida útil dos equipamentos e mantê-los operando na condição mais próxima de seus parâmetros de fábrica (CONEGLIAN et al., 2017).

## 3. Manutenção da qualidade

A manutenção da qualidade tem como finalidade atingir uma produção com zero defeitos. Assim, a satisfação do cliente é obtida por meio do fornecimento apenas de produtos de boa qualidade. Fuentes (2006) cita como atividades necessárias para a manutenção da qualidade: avaliação do efeito do equipamento na qualidade, definição dos parâmetros de controle e monitoramento.

## 4. Melhorias específicas

Esse pilar se trata das práticas de melhoria contínua realizadas na empresa, é representado pela prática do Kaizen (do japonês, “Kai” = mudança; “Zen” = bom, melhor). Os fundamentos dessa prática se baseiam na realização de pequenas melhorias por parte de todos os envolvidos na empresa, utilizando recursos já existentes na mesma, que visam reduzir ou eliminar desperdícios e perdas no local de trabalho (PARIKH; MAHAMUNI, 2015).

## 5. Controle inicial

Esse pilar visa utilizar de técnicas e conhecimento dos equipamentos obtidos através de experiências anteriores para aplicá-los no design e operação de novos equipamentos, evitando a recorrência de problemas anteriores (PARIKH; MAHAMUNI, 2015).

Segundo Bhoyar et al. (2017), novos equipamentos devem ser: fáceis de operar, fáceis de limpar, fáceis de manter, confiáveis, ter curto tempo de *setup* e operarem no menor custo de ciclo de vida.



## 6. Segurança, saúde e meio ambiente

Esse pilar tem como objetivo manter um ambiente de trabalho seguro, limpo e saudável, buscando a meta de zero acidentes.

## 7. Treinamento e capacitação

O treinamento e capacitação dos operários e da equipe de manutenção é de extrema importância. Enriquecer os conhecimentos dos empregados e aprimorar suas habilidades, além de ser benéfico para a empresa, gerando uma equipe multi-especializada e mais dinâmica, permite que os empregados se tornem mais engajados em seu trabalho, realizando-o de forma mais efetiva e independente (PARIKH; MAHAMUNI, 2015).

## 8. TPM administrativo

Por fim, defende-se que as práticas da TPM devem se estender para os setores administrativos da companhia, visando também a redução e eventual eliminação de perdas e desperdícios nas atividades administrativas.

Segundo Singh e Bhatia (2015), a base da TPM é o 5S, ou seja, para que a implantação do TPM seja bem-sucedida na companhia, a prática do 5S deve estar bem estruturada e difundida na cultura do ambiente de trabalho. O objetivo do 5S é manter um ambiente de trabalho organizado visando reduzir desperdícios e aumentar a produtividade. Os principais valores do 5S são: organização, limpeza, padronização e disciplina (BAYO-MORIONES et al., 2010).

O 5S se refere às cinco palavras japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, onde cada uma se refere a um dos cinco passos necessários para a implantação da metodologia. Em português, ficaram conhecidas como os “5 Sensos” (CAMPOS, 2005):

O primeiro S (*Seiri*) se refere ao senso de organização ou utilização, que tem como objetivo definir quais são as ferramentas e materiais extremamente necessários para a realização de cada atividade, mantendo-as próximas ao local de trabalho, com a finalidade de minimizar os deslocamentos realizados pelos empregados (CUNHA, 2012).

O segundo S (*Seiton*) é o senso de ordenação. Após a realização do primeiro S, é necessário definir critérios e locais específicos para estocar, armazenar e depositar materiais e ferramentas utilizados no trabalho, mantendo a facilidade de encontrar e guardar os objetos

necessários e sempre se atentando à segurança e ergonomia nessas atividades (CAMPOS, 2005; CUNHA, 2012).

O senso de limpeza (*Seiso*) se trata de deixar o ambiente de trabalho sempre limpo após sua utilização, assim, o próximo empregado a utilizar aquele ambiente sempre o encontrará higienizado. Além disso, haverá melhora na preservação dos equipamentos, devido à menor presença de poeira e outros contaminantes no espaço (CUNHA, 2012).

O quarto S (*Seiketsu*) é o senso de padronização. Trata-se de manter as práticas realizadas com os 3S's anteriores, tornando-as referências a serem seguidas, através da criação de procedimentos e identificação visual (CUNHA, 2012).

O último S (*Shitsuke*) é o senso de autodisciplina e consiste em manter a execução das ações anteriores, envolvendo a mudança de comportamento de cada indivíduo presente na fábrica (CAMPOS, 2005). Tal prática está de fato sendo exercida quando esses conceitos fazem parte da vida cotidiana dos empregados, que passam a realizar essas atividades autonomamente (CUNHA, 2012).

Após a implementação das práticas do 5S, o ambiente de trabalho estará organizado e diversos problemas poderão ser percebidos com mais clareza e, assim, a introdução da TPM poderá ser realizada com êxito.

## 2.4 OEE

Uma das principais ferramentas da TPM é o indicador de eficiência global dos equipamentos, comumente chamado de OEE a partir do nome em inglês *Overall Equipment Effectiveness*. Desenvolvido com o objetivo de mensurar a eficiência dos equipamentos, se baseia na análise de um período de produção de um equipamento, linha de produção ou planta afim de identificar fatores que interferem na operação e, conseqüentemente, produtividade dos equipamentos (RÖBLER; ABELE, 2013).

A análise proposta pelo OEE é de extrema importância para direcionar projetos de melhoria na fábrica, pois evidencia as principais perdas que têm levado à redução na capacidade produtiva dos ativos da empresa. Nesse sentido, Nakajima (1989) sugere analisar o resultado do indicador a partir de ferramentas como o diagrama de Pareto, que possibilita a identificação das perdas que tiveram mais impacto na produção, e o diagrama de Ishikawa, que permite uma análise dos acontecimentos, buscando encontrar a causa-raiz dos problemas.

De forma geral, o OEE determina a porcentagem do tempo de produção planejada em que produtos sem defeitos foram produzidos (RÖBLER e ABELE, 2013). O cálculo do OEE é, então, definido de acordo com a Eq. (2.1).

$$OEE = \frac{\text{tempo de produção sem defeito com tempo de ciclo ideal (h)}}{\text{tempo de produção planejada (h)}} \quad (2.1)$$

Porém tal cálculo não fornece muitas informações para análise. Logo, o cálculo convencional do OEE leva em consideração três parâmetros, dentro dos quais se encaixam as Seis Grandes Perdas: Disponibilidade, Performance e Qualidade. Busso e Miyake. (2012) e Okpala et al. (2018) classificam e definem as Seis Grandes Perdas da seguinte forma:

#### A. Perdas de disponibilidade

A1. Paradas por falha de equipamento – parada repentina e não planejada do equipamento devido a quebra ou falha, afetando a disponibilidade.

A2. Paradas para *setup* ou ajustes – também classificadas como paradas planejadas, trata-se de períodos em que o equipamento não está disponível devido à realização de troca de produto ou de pequenos ajustes.

#### B. Perdas de desempenho

B1. Pequenas paradas devido ao mau funcionamento do equipamento – são pequenas paradas que não caracterizam a quebra ou falha do equipamento e são solucionadas pelo próprio operador do equipamento, sem a necessidade de acionar a equipe de manutenção, acarretando em perda na performance.

B2. Perda de velocidade do equipamento – caracteriza o tempo em que o equipamento não opera em uma velocidade abaixo da estipulada para o tempo de ciclo ideal (tempo mais rápido em que uma peça é fabricada), levando à perda de produtividade. Podem ocorrer devido a problemas com defeitos no equipamento, mau uso, falta de lubrificação, acúmulo de poeira, entre outras causas.

#### C. Perdas de qualidade

C1. Produção defeituosa ou retrabalho – se trata de perdas devido a produção de peças com defeito ou que requerem retrabalho. Possíveis causas são uso incorreto do equipamento, configuração inadequada da máquina, entre outras.

C2. Perdas de *startup* – ocorrem devido à produção de partes defeituosas após a inicialização do equipamento até se atingir uma produção estável.

Os parâmetros para o cálculo do OEE são descritos por Okpala et al. (2018) e Bhoyar et al. (2017) da seguinte forma:

**Disponibilidade** – Se trata do tempo em que o equipamento está de fato funcionando, e, conseqüentemente gerando valor à empresa, dentro das horas planejadas para produção. Uma disponibilidade de 100% indica que o equipamento está funcionando sem paradas planejadas e não planejadas durante todo o tempo de produção planejado. A disponibilidade é calculada por meio da Eq. (2.2).

$$Disponibilidade = \frac{\text{tempo do equipamento em operação (h)}}{\text{tempo planejado para produção (h)}} \times 100 \quad (2.2)$$

**Performance** – Vista como a capacidade do equipamento, a performance mede o tempo em que o equipamento de fato operou dentro do tempo de ciclo ideal. É a razão entre o tempo de ciclo ideal multiplicado pelo número de partes produzidas pelo equipamento, dividido pelo tempo do equipamento em operação (Eq. (2.3)).

$$Performance = \frac{\text{tempo de ciclo ideal (h)} \times \text{número de partes produzidas}}{\text{tempo do equipamento em operação (h)}} \times 100 \quad (2.3)$$

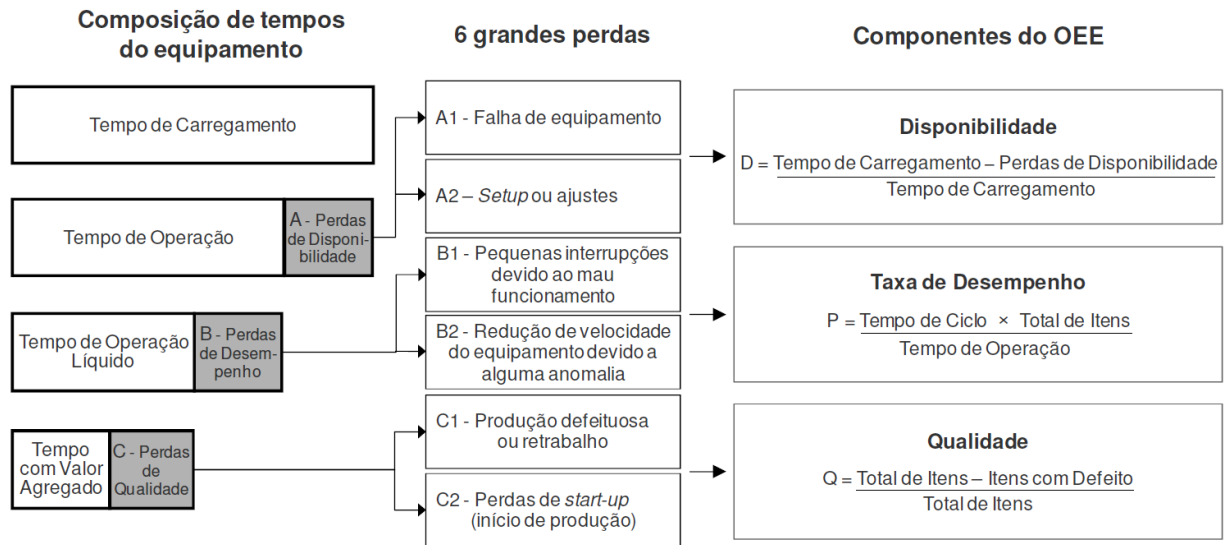
**Qualidade** – Mede o tempo em que apenas partes boas estão sendo produzidas, desconsiderando o tempo de produção de partes com defeitos ou que necessitam de retrabalho. É calculado por meio da Eq. (2.4).

$$Qualidade = \frac{\text{partes boas produzidas}}{\text{número total de partes produzidas}} \times 100 \quad (2.4)$$

Assim, é possível calcular o OEE através da multiplicação desses três fatores, resultando na Eq. (2.5).

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (2.5)$$

Na Fig. 2.6 é possível observar a relação dos tempos de produção com as seis grandes perdas e os componentes do cálculo do OEE. Pode-se entender o OEE como uma relação entre o tempo em que valor foi agregado ao produto e o tempo de carregamento do equipamento (BUSSO; MIYAKE, 2012).



**Figura 2.6** Estrutura das seis grandes perdas observadas no indicador de OEE (Fonte: Busso; Miyake, 2012)

Ainda assim, o cálculo possui certas limitações. As principais restrições encontradas no indicador se tratam da realização dos cálculos considerando apenas o tempo de produção planejado, não avaliando perdas devido a paradas planejadas ou períodos de inatividade da fábrica (JEONG; PHILLIPS, 2001). Busso e Miyake (2012) afirma que “o OEE não considera de forma integrada as atividades, processos e funções encontradas ao longo da cadeia de produção”. Continua, ainda, salientando que “uma grande fragilidade do OEE é a sua falta de visão da eficácia externa, o que impede de refletir o que ocorre na cadeia de valor, identificando perdas que afetam o fluxo de processo, entre o recebimento do pedido e sua entrega ao cliente. Isso dificulta a percepção de *trade-offs*<sup>3</sup> entre o objetivo da manufatura e o de outras áreas que interagem com a mesma, na busca dos resultados do negócio como um todo”.

Entretanto, os benefícios do OEE vão além da identificação de falhas e do direcionamento para projetos de melhoria. Segundo Busso e Miyake (2012), o OEE “serve como medida de *benchmarking* inicial para comparações dentro de uma planta, ajuda a entender diferenças entre linhas de produção pela comparação de seus resultados e permite identificar a máquina que deve ser o foco dos esforços de TPM de modo a racionalizar os investimentos e a operação dos demais recursos produtivos. A medição do OEE permite identificar distúrbios crônicos em equipamentos e, assim, promove a busca de melhorias de processo e o aumento da sua vida útil”.

<sup>3</sup> *Trade-off*: o ato de escolher uma coisa em detrimento de outra. "Perde-e-ganha".

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em diferentes etapas:

1. Análise da situação atual do cálculo do OEE;
2. Familiarização com o assunto através da teoria encontrada na literatura especializada;
3. Elaboração de novo cálculo do indicador;
4. Proposta do novo indicador para a empresa;

#### 3.1 Contextualização do carregamento ferroviário

A empresa em questão utiliza o cálculo do indicador de eficiência global de equipamentos como meio de mensurar a eficiência de seu sistema de carregamento ferroviário de grãos (soja e milho). Logo, determina-se como produto final vagões cheios de grãos. Na Fig. 3.1 é possível observar como ocorre o carregamento de um vagão. Na imagem, o produto sendo carregado é soja.



**Figura 3.1** Carregamento ferroviário de soja (Fonte: própria autora, 2018)

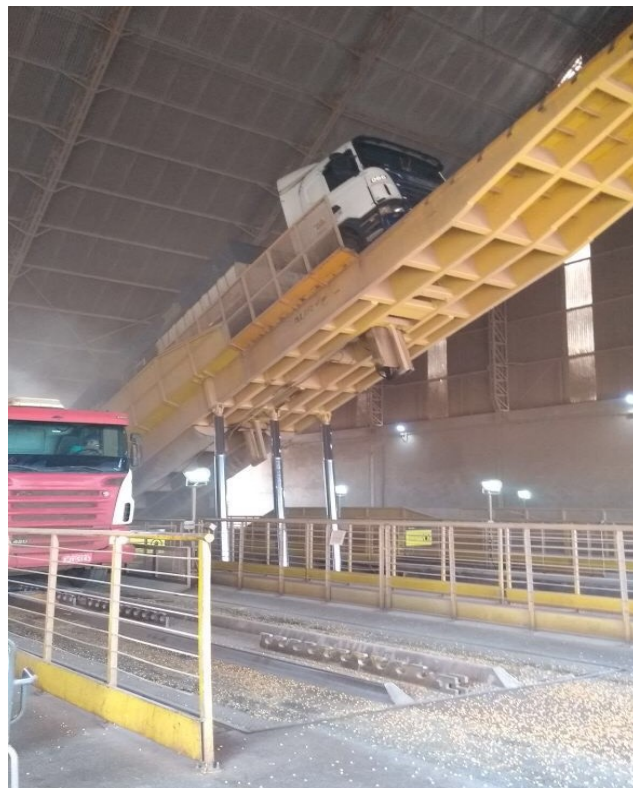
O carregamento é feito através de um complexo sistema de equipamento integrados. Existem dois “caminhos” possíveis para a realização do carregamento ferroviário:

### 1. Produto retirado diretamente do armazém

É o método mais utilizado, pois mantém o maior fluxo de produto para o carregamento. Nesse caso, o produto é retirado do armazém de grãos ou do silo pulmão por meio de correias transportadoras, que alimentam o elevador de grãos. Esse elevador leva o produto até outra correia transportadora, que alimenta o sistema de carregamento da tulha ferroviária, enchendo a caixa das balanças ferroviárias, que pesam as bateladas de produto que serão jogadas dentro do vagão, até o preenchimento total do mesmo. É importante salientar que o processo de preenchimento de cada vagão é intermitente, pois o produto não apresenta fluxo contínuo durante o carregamento.

### 2. Transbordo direto

O produto carregado nos trens chega no terminal através de caminhões, que são tombados e o produto pode ser direcionado, por meio de correias transportadoras, para três destinos: o silo pulmão, o armazém de grãos ou o carregamento ferroviário; o último caracterizando o transbordo direto. Na Fig. 3.2 é possível observar o processo de tombamento de uma carreta.



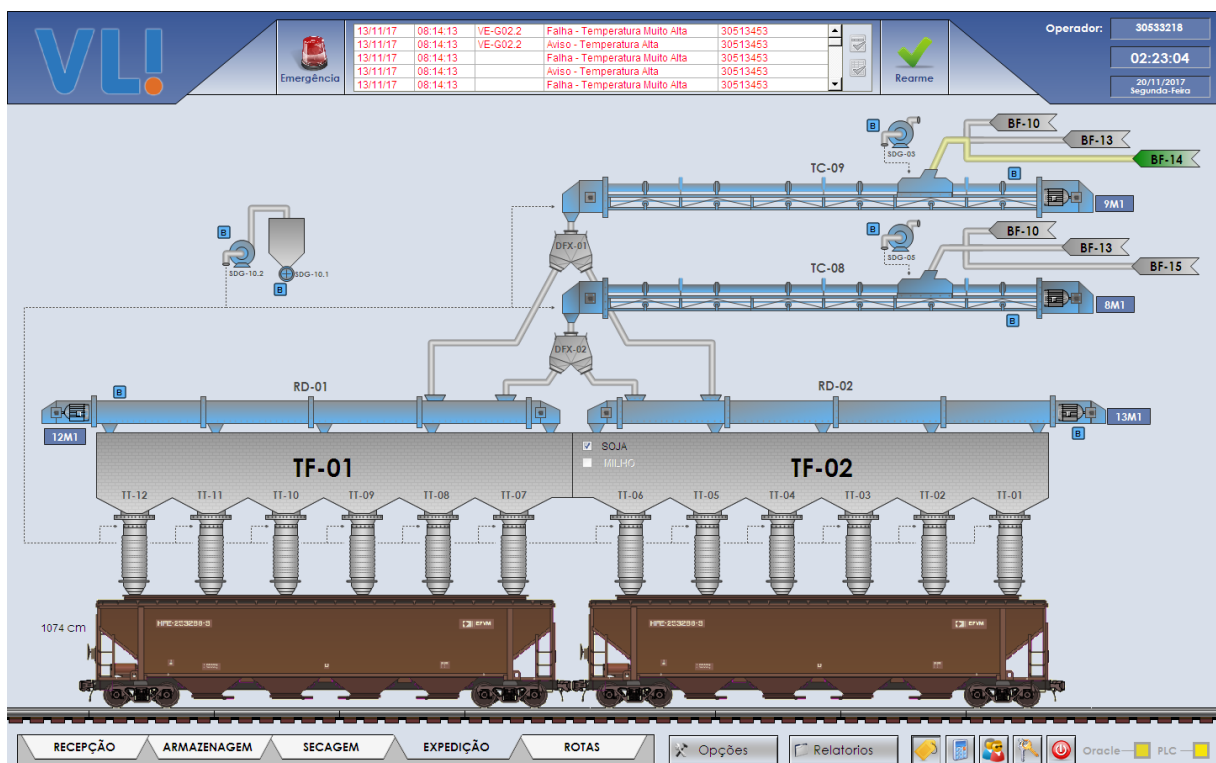
**Figura 3.2** Tombamento de caminhão transportador de grãos (Fonte: própria autora, 2018)

O transbordo direto só pode ser realizado quando as carretas com produto estão sendo tombadas simultaneamente ao carregamento ferroviário do mesmo produto, do contrário, o

mesmo se torna inviável. Após o tombamento do produto, o mesmo é direcionado pra uma das correias transportadoras que o direciona a uma segunda correia, para o carregamento ferroviário.

É o método menos utilizado, pois existe a dificuldade de cadenciar a chegada de carretas do mesmo produto que será carregado no trem no momento necessário para o carregamento. Além disso, o fluxo de produto se torna reduzido, devido à intermitência de descarga das carretas. Segundo um estudo realizado no terminal, o tempo ideal de descarga de cada caminhão é de oito minutos e meio.

Na Fig. 3.3 é possível observar a tela do sistema utilizado para controle do carregamento ferroviário. Já nas Figs. 3.4, 3.5 e 3.6 observa-se, respectivamente, a tela para controle da retirada de produto do armazém, a tela de controle para retirada do silo pulmão e a tela de controle do transbordo direto.



**Figura 3.3** Sistema de carregamento ferroviário (Fonte: concedida pela empresa)



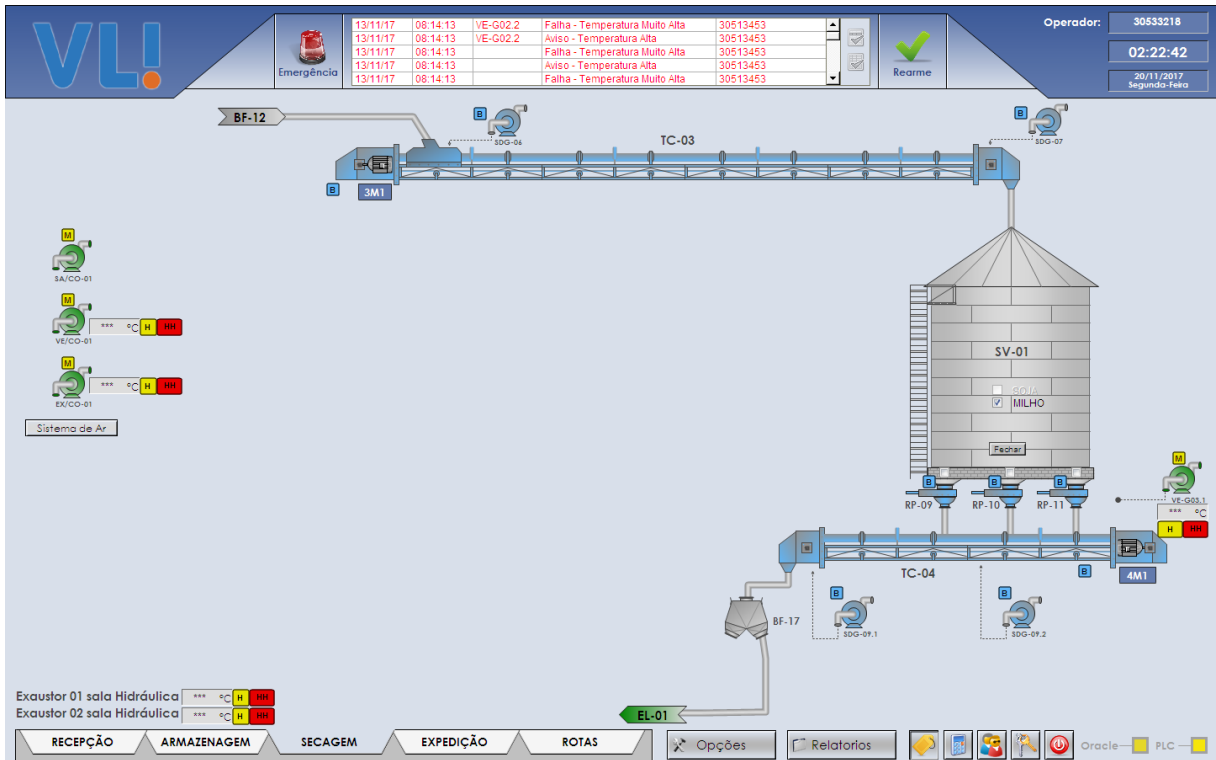


Figura 3.4 Tela para controle da retirada de produto do silo pulmão (Fonte: concedida pela empresa)

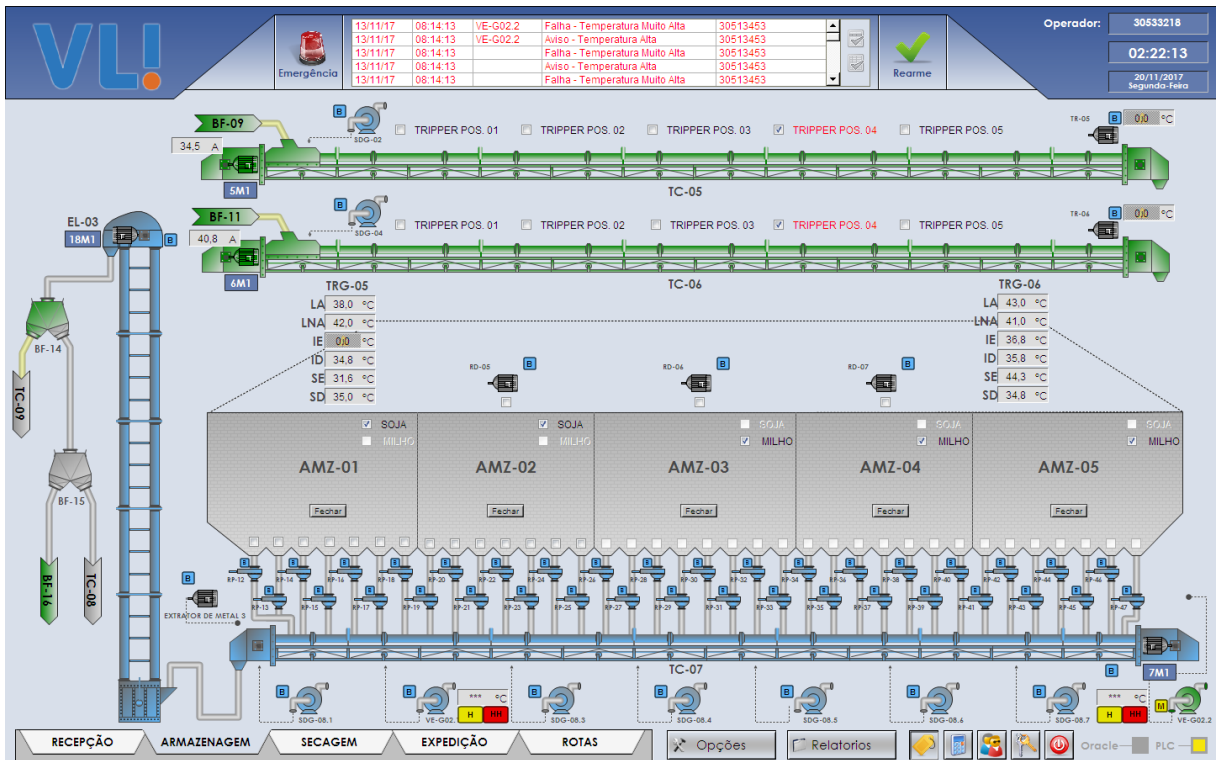
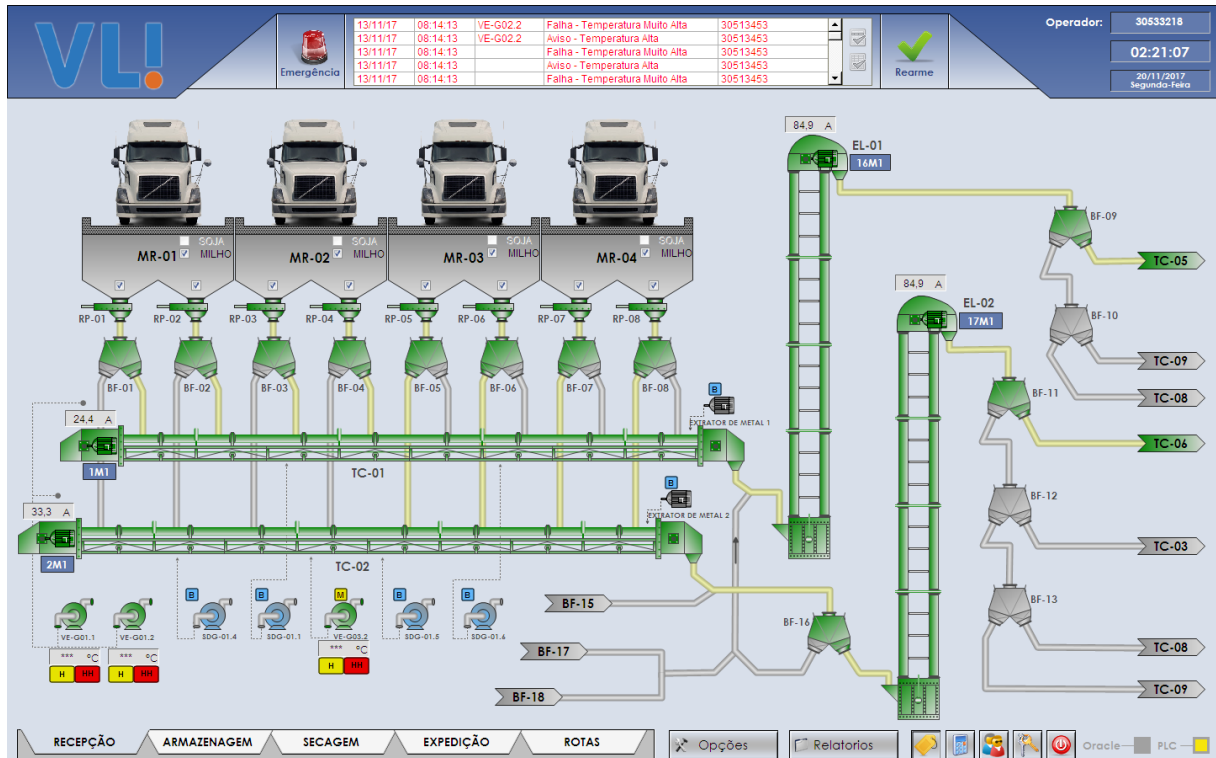


Figura 3.5 Tela de controle para retirada de produto do armazém (Fonte: concedida pela empresa)



**Figura 3.6** Tela de controle de transbordo direto (Fonte: concedida pela empresa)

### 3.2 Detalhamento do cálculo atual

Segundo o responsável pela elaboração do cálculo do indicador, o OEE foi adotado pela companhia por ser um indicador atualmente muito difundido em empresas de diversos ramos, inclusive em companhias fora do setor de manufatura, onde seu emprego é mais usual. Além disso, é um indicador versátil e transparente ao trazer aos olhos problemas internos da planta, tanto em relação a equipamentos quanto ao próprio processo realizado, proporcionando uma visão ampla, porém, ao mesmo tempo, focada, por auxiliar como direcionador de projetos de melhoria para mitigação e eliminação de perdas no processo.

A memória de cálculo do indicador foi elaborada pela equipe de engenharia da empresa, localizada na sede em Belo Horizonte, e a apuração do indicador é feita pela respectiva Equipe de Planejamento e Processos de cada *site* da companhia.

O cálculo do OEE é dado pela multiplicação de três parâmetros: Disponibilidade Física, definida como a relação entre as Horas Disponíveis e as Horas Calendário; Utilização, dada pela relação entre o Tempo em Operação e o Tempo Disponível; e Performance, sendo a relação entre o Tempo Útil e o Tempo em Operação. Nos Anexos I a IV encontram-se a Ficha de Indicador do OEE e de cada um dos seus parâmetros. Na Fig. 3.7 é possível observar como foram feitas a estratificação das horas aplicáveis ao processo, enquanto na Tab. 3.1 observa-se as definições para os eventos padronizados.

**Tabela 3.1** Definições e Terminologias para Horas Padronizadas (Fonte: concedida pela empresa)

Definições e Terminologias para Horas Padronizadas			
Parcela	Descrição	Detalhes	Cálculo
Horas Calendário (HC)	Total de horas no Período	Tempo de existência do equipamento no período considerado. Hora calendário é igual a 24h fechadas do dia em sete dias na semana (calendário anual ou 8760h, exceto ano bissexto 8784h). Nota: A hora calendário de um equipamento novo inicia-se quando for realizada a entrega técnica à operação e termina quando é feita a baixa do equipamento pela manutenção.	$= 24h * n^{\circ} \text{ dias do mês}$ $HC = HD + HM$
Hora de Manutenção Corretiva (HMC)	Paradas Emergencias	Tempo de manutenção não programada, necessária quando um equipamento encontra-se em falha. Inclui as horas em espera e demora.	= soma das horas realizando manutenções corretivas emergencias
Hora de Manutenção Preventiva (HMP)	Manutenções Preventivas e por Oportunidade	Tempo de manutenção planejada em que o equipamento ainda não esteja em falha. Inclui as horas em espera e demora. Quando houver alguma parada por motivos operacionais, as horas em que ocorrer manutenção, conceituada de Manutenção Oportuna, impacta no cálculo da DF, sendo considerada como Hora de Manutenção Preventiva. Se essa janela de oportunidade finalizar e ainda estiver havendo manutenção, essas horas após a janela de oportunidade continuam a impactar na DF, sendo considerada como Hora de Manutenção Preventiva.	= soma das horas realizados manutenções programadas (Preventivas, Corretivas Programadas, Grandes Paradas) $HMP = MPS + MPNS$ .
Horas Disponível (HD)	Período em que o site está disponível para a Operação	É a hora que o equipamento tem para ser utilizado pela operação, após descontadas as horas de manutenção da hora calendário.	$= (\text{Horas Calendário}) - (\text{Horas de Paradas Programadas}) - (\text{Horas de Paradas Não Programadas})$ $HD = HC - HM$ .
Hora de Parada Externa (HPE)	Paradas por motivos externos à VLI	Ex: Falta de energia da concessionária, greves, mau tempo, ataracção, desataracção	= soma das horas de operação parada por motivos externos à VLI
Hora de Parada Interna (HPI)	Paradas por motivos internos à VLI	Ex: Troca de turno, DSS, paradas da ferrovia, troca de porão, etc	= soma das horas de operação parada por motivos internos à VLI
Horas Ociosa (HO)	Período em que o site está disponível, mas não está operando.	Ex: falta de programação, falta de energia da concessionária	= soma das horas que o site não está operando $HO = HD - HT - HPI - HPE$
Horas Operando (HT)	Período em que o site está efetivamente operando	Ex: horas em que o site está carregando/descarregando.	$= (\text{Horas Disponíveis}) - (\text{Horas de Paradas Operacionais Externas}) - (\text{Horas de Paradas Operacionais Internas}) - (\text{Horas Ociosas})$
Horas Efetiva (HEF)	Tempo necessário para realizar o volume do período, considerando operação com taxas nominais.	Horas efetivas de operação corresponde ao tempo em que o equipamento desenvolve trabalho útil considerando a função para a qual foi adquirido.	$= (\text{Volume Operado}) / (\text{Taxa nominal})$ $HEF = HT - HPR$ .
Horas de Perda de Ritmo (HPR)	Diferença entre a taxa nominal e a taxa efetiva.	Quando há algum problema (defeito ou condições externas inadequadas) que impede que o equipamento, ou sistema, opere com a produtividade esperada. Permite uma estratificação da área para facilitar a identificação dos períodos em que o equipamento (ou sistema) operou com algum tipo de restrição (baixa produtividade).	$= (\text{Tempo em Operação}) - (\text{Tempo Útil})$
HM	Horas de Manutenção	Tempo total em que o equipamento encontra-se indisponível para operar por estar sob intervenção da manutenção.	$HM = HMP + HMC$
MPS	Horas de Manutenção Preventiva Sistemática	Manutenções programadas que são repetidas periodicamente em intervalos previamente definidos, sem que haja uma indicação prévia de qualquer defeito. Pode ser estabelecido por hora trabalhada, km rodado ou outros critérios.	NA
MPNS	Horas de Manutenção Preventiva Não Sistemática	Manutenção realizada com base em monitoramento ou acompanhamento da condição com o objetivo de prever a proximidade de uma falha, sem que haja qualquer indicação prévia de defeito.	NA

Estratificação das Horas Aplicáveis ao Ativo ou Processo				
Hora Calendário (HC)				
Hora Disponível (HD)			Hora de Manutenção Preventiva (HMP)	Hora de Manutenção Corretiva (HMC)
Hora Operando (HT)	Hora de Parada Interna (HPI)	Hora de Parada Externa (HPE)	Hora Ociosa (HO)	
Hora Efetiva (HEF)	Hora Perda de Ritmo (HPR)			

**Figura 3.7** Estratificação das Horas Aplicáveis ao Ativo ou Processo (Fonte: concedida pela empresa)

Os parâmetros do indicador são calculados da seguinte forma:

**Disponibilidade Física – calculado de acordo com a Eq. (3.1).**

$$Disponibilidade\ Física = \frac{Horas\ de\ Calendário - Horas\ de\ Manutenção}{Horas\ de\ Calendário} \times 100 \quad (3.1)$$

Onde as horas de calendário são dadas pela soma das horas corridas do período considerado na análise, considerando 24 horas dias e todos os dias no período, incluindo finais de semana e feriados. As horas de manutenção são todas as horas em que os equipamentos estavam sob intervenção da equipe de manutenção, somando as horas de intervenções planejadas e corretivas.

**Utilização – calculada de acordo com a Eq. (3.2).**

$$Utilização = \frac{Horas\ Operando}{Horas\ Disponíveis} \times 100 \quad (3.2)$$

As Horas Disponíveis se tratam de todo o período em que os equipamentos estiveram disponíveis para utilização, ou seja, são o resultado da subtração das Horas de Manutenção das Horas de Calendário (Horas de Calendário – Horas de Manutenção). As Horas Operando se tratam de todo o período em que o equipamento esteve em uso durante o período em que esteve disponível, desconsiderando paradas durante o período de operação (Horas Disponíveis – Horas de Ociosidade – Horas de Paradas Internas e Externas).

**Performance – calculada de acordo com a Eq. (3.3).**

$$Performance = \frac{Horas\ Efetivas}{Horas\ Operando} \times 100 \quad (3.3)$$

Onde as Horas Operando foram obtidas na realização do cálculo da Utilização e as Horas Efetivas são dadas pelo volume total de produto movimentado durante o período da análise e pela taxa nominal do equipamento que realiza esse processo; no caso do carregamento ferroviário, é considerada a taxa nominal da correia transportadora que leva o produto até as caixas das balanças ferroviárias. As Horas Efetivas são o parâmetro considerado como o tempo de ciclo ideal nesse processo e são calculadas por meio da Eq. (3.4).

$$Horas\ Efetivas = \frac{Volume\ operado\ (t)}{Taxa\ nominal\ do\ equipamento\ (t/h)} \quad (3.4)$$

Tais cálculos são realizados pela empresa no fechamento de cada mês e utilizados para mensurar a performance de cada *site* e compará-los entre si, podendo ser gerados planos de ação para atacar os principais problemas que acometeram a produtividade do *site*.

### 3.3 Análise do cálculo

Ao realizar o fechamento do indicador OEE no mês de junho de 2018, o terminal da cidade de Araguari obteve uma Performance de 86,9%, valor acima do orçamento realizado pela empresa em 2017, com base nas previsões para 2018. A princípio, é um resultado satisfatório, porém não era esperado.

O mês de junho sucedeu a grande greve dos caminhoneiros, que afetou todo o país. Durante esse período, o terminal ficou aproximadamente duas semanas sem receber carga rodoviária, acarretando na redução dos estoques, dado que a expedição de produto continuou ocorrendo conforme a demanda dos clientes.

Dessa forma, no início do mês de junho, os estoques de grãos no armazém eram mínimos e a chegada de carga rodoviária ainda era muito baixa. Assim, a expedição ferroviária foi muito afetada, pois o baixo estoque acarreta em um fluxo reduzido de produto para manter o carregamento. Houve o caso de uma composição de vagões que, por falta de saldo fiscal para faturar o produto, ficou parada por mais de 3 horas aguardando a chegada de carretas do produto. Em vista disso, esperava-se que o resultado da Performance do terminal, e do indicador OEE em geral, fosse abaixo do valor obtido.

Ao examinar os cálculos mais minuciosamente, percebe-se que as horas de parada durante o processo não entram no cálculo do parâmetro Performance, pois, dada a Eq. 3.5 para encontrar as Horas Operando:

$$\text{Horas Operando} = \text{Horas Disponíveis} - \text{Horas de Ociosidade} - \text{Horas de Parada} \quad (3.5)$$

Percebe-se que as Horas de Parada são descontadas e, conseqüentemente, as Horas Operando trazem apenas um valor efetivo em que os equipamentos operaram sem interrupções perceptíveis, considerando então apenas perdas de velocidade dos equipamentos.

O mesmo ocorre no cálculo da Utilização, que também usa das Horas Operando para determinar a porcentagem do tempo disponível que os equipamentos foram realmente utilizados. Porém, da forma que o cálculo é realizado, não são levadas em consideração as horas em que o equipamento estava sendo utilizado, mas apresentou algum problema ou falha que acarretou em uma parada no meio do processo.

Além disso, deve-se ressaltar que no cálculo original do OEE os parâmetros são: Disponibilidade, Performance e Qualidade. No cálculo utilizado pela companhia, o parâmetro Qualidade foi substituído pela Utilização.

O parâmetro Utilização foi estipulado com o objetivo de mensurar as horas de produção do equipamento em comparação com as horas em que o mesmo se encontra disponível, o que é uma medida importante para a companhia, porém não se encaixa com a premissa do OEE, que é de mensurar a produtividade do equipamento dentro de período em que a produção estava programada (BUSSO; MIYAKE, 2012).

Deve-se comentar ainda sobre o cálculo da Disponibilidade. Sabendo que o carregamento ferroviário não é uma atividade contínua e é programado de acordo com a necessidade dos clientes da empresa, diversas atividades de manutenção são realizadas durante momentos de ociosidade, ou seja, não interferem diretamente na operação do sistema ferroviário, pois não havia produção programada naquele momento. De modo a analisar a eficiência dos equipamentos de forma mais assertiva, é importante considerar no cálculo da Disponibilidade apenas as horas em que a intervenção da equipe de manutenção foi necessária durante a operação devido a falhas ou problemas no equipamento.

Outro ponto a se ressaltar é o cálculo mensal do indicador. Em média, a companhia realiza o carregamento de 70 composições de 90 vagões ao mês. Assim, a análise do indicador para o período de um mês não é muito adequada, pois é um espaço de tempo muito longo, onde se têm diversas ocorrências diferentes e todas acabam condensadas em um único relatório, que,

devido à quantidade de informações, pode não trazer o detalhamento necessário de dados importantes.

Com base nas considerações levantadas e nos estudos realizados sobre o indicador OEE, uma nova memória de cálculo do indicador OEE foi realizada, com o intuito de ser apresentada à empresa como uma forma mais fiel, clara e objetiva de calcular a produtividade do carregamento ferroviário de seus terminais integradores.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste capítulo é apresentada a proposta de novo modelo de cálculo do indicador de eficiência global dos equipamentos, elaborada com base no cálculo detalhado na literatura especializada, buscando sanar as deficiências existentes no cálculo atual, como descritas no capítulo anterior.

Ainda, ao final do capítulo são apresentados dois projetos atualmente em desenvolvimento na empresa que, quando implementados, irão contribuir para facilitar o cálculo do indicador, principalmente em relação à coleta de dados, no momento realizada de forma completamente manual.

### **4.1 Cálculo da Disponibilidade**

Como apresentado no capítulo anterior, o cálculo da Disponibilidade é realizado levando em consideração todas as horas de manutenção que ocorreram no período de apuração do indicador, porém muitas dessas atividades foram realizadas em períodos de ociosidade, não afetando a operação dos equipamentos, pois não havia produção programada durante tais períodos.

Isso ocorre porque a equipe de manutenção possui um controle único de todas as atividades realizadas nos equipamentos, sem manter uma diferenciação entre as atividades realizadas em momentos de ociosidade (manutenções programadas ou de oportunidade) e as atividades necessárias devido a falhas e problemas com o equipamento (programações corretivas e intervenções não programadas).

A solução proposta foi a de alterar o banco de paradas preenchido pelos operadores do carregamento ferroviário. Os eventos do carregamento ferroviário são preenchidos em uma planilha de Excel pelos próprios operadores que realizam o controle do sistema de carregamento. Diversos dados são imputados nessa planilha, como número de vagões do trem, hora de início e fim de carregamento e as chamadas paradas operacionais, que são as paradas que ocorreram durante o carregamento.

As paradas operacionais são selecionadas pelo operador a partir de uma lista existente, criada por meio de uma base histórica das paradas mais frequentes observadas no carregamento ferroviário. Ao analisar a lista de paradas, percebeu-se o pouco detalhamento dos eventos, divididos apenas em categorias e suas subcategorias correspondentes. Na Tab. 4.2 é possível observar as paradas que correspondem a períodos de indisponibilidade dos equipamentos.



Assim, o banco de paradas operacionais foi reformulado, incluindo novas paradas e disponibilizando-as de forma mais clara, tanto para o operador que deve classificar os eventos conforme ocorrem durante o carregamento quanto para o responsável pelo cálculo da Disponibilidade. Na Tab. 4.3 é possível observar a classificação das paradas que correspondem a eventos de indisponibilidade dos equipamentos.

**Tabela 4.2** Paradas operacionais de indisponibilidade dos equipamentos (Fonte: concedida pela empresa)

P0_Manutenção	P0_SistemasTI
Corretiva_elétrica	Falha_servidor_Carregamento
Corretiva_mecânica	Falha_rede_corporativa_Carregamento
Falha_botoeiras	
Falha_comunicação_com_balanças	
Falha_modulo_eletrônico_balança	
Falha_sistema_carregamento	
Preventiva_Automação_Instrumentação	
Preventiva_elétrica	
Preventiva_mecânica	

**Tabela 4.3** Novo banco de paradas operacionais (Fonte: própria autora)

PARADAS OPERACIONAIS				
Sub-categoria	Categoria	PO	Classificação parada	Análise
	Preventiva elétrica	Manutenção	Parada Programada	Manutenção
	Corretiva elétrica	Manutenção	Parada Não Programada	Manutenção
	Preventiva mecânica	Manutenção	Parada Programada	Manutenção
	Corretiva mecânica	Manutenção	Parada Não Programada	Manutenção
	Preventiva Automação/ Instrumentação	Manutenção	Parada Programada	Manutenção
Falha de comunicação com as balanças	Corretiva Automação/ Instrumentação	Manutenção	Parada Não Programada	Automação
Falha no sistema de carregamento	Corretiva Automação/ Instrumentação	Manutenção	Parada Não Programada	Automação
Falha nas botoeiras	Corretiva Automação/ Instrumentação	Manutenção	Parada Não Programada	Automação
Falha no modulo eletrônico da balança	Corretiva Automação/ Instrumentação	Manutenção	Parada Não Programada	Automação
Falha no servidor	Falha no sistema de carregamento	Sistemas de T	Parada Não Programada	Parada Interna
Falha na rede corporativa	Falha no sistema de carregamento	Sistemas de T	Parada Não Programada	Parada Interna
Sistema travado	Falha no sistema de carregamento	Sistemas de T	Parada Não Programada	Parada Interna
Falha no servidor	Falha no sistema SIACON	Sistemas de T	Parada Não Programada	Parada Interna
Falha na rede corporativa	Falha no sistema SIACON	Sistemas de T	Parada Não Programada	Parada Interna
Falha no servidor	Falha no sistema UNILOG	Sistemas de T	Parada Não Programada	Parada Interna
Falha na rede corporativa	Falha no sistema UNILOG	Sistemas de T	Parada Não Programada	Parada Interna

Através dessas modificações, será possível definir com mais precisão as paradas por falha de equipamentos e intervenções da equipe de manutenção que de fato interferiram no carregamento, afetando negativamente na disponibilidade dos equipamentos nos momentos para os quais havia produção programada. Essas foram nomeadas de Horas Indisponíveis.

Além disso, deve-se extinguir as Horas de Calendário do cálculo da Disponibilidade, substituindo-as pelas Horas de Operação, dadas pela soma dos tempos de carregamento de todas as composições ferroviárias realizadas durante o período da apuração.

Assim, o cálculo da Disponibilidade se faz por meio da Eq. (4.1).

$$Disponibilidade = \frac{(Horas\ de\ Operação - Horas\ Indisponíveis)}{Horas\ de\ Operação} \times 100 \quad (4.1)$$

## 4.2 Cálculo da Performance

Para o cálculo da Performance, foi estabelecido que devem ser consideradas todas as horas de paradas operacionais que não acarretam na indisponibilidade dos equipamentos e não requerem a intervenção da equipe de manutenção. Nesse caso, entende-se que, com exceção das paradas apresentadas na Tab. 4.3, todas as paradas devem ser consideradas para fins de cálculo. Vale ressaltar que, em casos atípicos, o realizador do cálculo se torna responsável por avaliar o evento e classificá-lo da maneira correta. A soma da duração desses eventos são as chamadas Horas de Parada.

Logo, a Performance passa a ser calculada por meio da Eq. (4.2).

$$Performance = \frac{Horas\ Efetivas}{Horas\ Disponíveis} \times 100 \quad (4.2)$$

Onde as Horas Disponíveis são dadas pela Eq. (4.3).

$$Horas\ Disponíveis = Horas\ de\ Operação - Horas\ Indisponíveis \quad (4.3)$$

As Horas Efetivas se mantêm as mesmas do cálculo já utilizado, pois representam um bom parâmetro para o tempo de ciclo ideal do equipamento. O cálculo desse parâmetro ainda se difere um pouco do encontrado na literatura devido ao fato de que, no caso do carregamento ferroviário, as paradas ao longo do processo não fazem com que se produza menos “peças”, como no caso de uma indústria de manufatura, mas acabam prolongando o processo.

Ou seja, como as paradas operacionais durante o carregamento ferroviário atrasam o processo, o cálculo da Performance na companhia deve mensurar quanto tempo a mais o carregamento demorou em relação ao tempo ideal de carregamento, ditado pela taxa nominal da correia transportadora que leva o produto ao sistema de carregamento.

A partir desse cálculo será possível realizar a análise dos pequenos eventos que afetam a produtividade dos equipamentos do carregamento ferroviário. Tal mudança é de extrema importância, pois, ao observar o valor real da performance dos equipamentos e os eventos que afetaram diretamente em seu funcionamento poderão ser mensurados tanto em frequência quanto em duração, levando a análises dos problemas que mais impactam a operação e gerando ações para mitigar ou eliminar tais problemas.

### 4.3 Cálculo da Qualidade

Como observado no capítulo anterior, o cálculo atual apresenta apenas dois dos três parâmetros do OEE: Disponibilidade e Performance. O parâmetro de Qualidade foi deixado de fora do cálculo devido a aparente dificuldade de relacioná-lo com o carregamento ferroviário e com o tempo de carregamento em que foi gerado valor para a companhia e seus clientes.

Entretanto, a empresa mantém alguns parâmetros de qualidade, analisados fora do cálculo do OEE. Tendo em vista que seu produto final é o serviço de transporte de *commodities* para seus clientes, ao relacionar tal visão com o carregamento ferroviário, pode-se traduzir o produto dos terminais intermodais da companhia como sendo vagões carregados com o produto de seus clientes.

Existem diversos tipos de vagões, com diferentes tamanhos, mecanismos de abertura, entre outras características, e cada um possui um peso sugerido a ser carregado dentro do mesmo. Esse peso sugerido foi obtido através de uma base histórica contendo dados de todos os carregamentos realizados para cada vagão entre os anos de 2006 até o presente.

Ao pensarmos na qualidade do produto vagão carregado com produto, o que pode resultar em perda de valor para o cliente e para a própria companhia é o carregamento de vagões abaixo do peso sugerido. Isso se dá, pois, vagões que saem abaixo do peso significa uma quantidade de produto que não foi expedido, dessa forma, podem ser necessárias mais viagens para a expedição de todo o produto recebido dos clientes nos terminais.

Outro parâmetro de qualidade medido pela empresa é a recusa de vagões, que se trata de vagões que, ao serem inspecionados antes do momento de carrega-los, determina-se que não estão aptos para receber o produto. A recusa pode se dar devido a uma série de motivos, como: má qualidade do vagão devido a alguma avaria detectada no mesmo e até mesmo por conter produto que não foi descarregado completamente em viagens anteriores ou por não ter sido limpo da maneira correta.

Entretanto, com tais medidas de qualidade são externas ao processo de carregamento ferroviário, não se julgou adequado mensurá-las no parâmetro de Qualidade do OEE, embora

paradas para análise e recusa de vagões fazerem parte do banco de paradas operacionais utilizado no cálculo da Performance.

Dessa forma, o cálculo da Qualidade é realizado por meio da Eq. (4.4).

$$Qualidade = \frac{(Vagões Carregados - Vagões Abaixo do Peso)}{Vagões Carregados} \times 100 \quad (4.4)$$

Finalizando, assim, o terceiro e último parâmetro do indicador OEE, que possibilita mensurar o tempo de carregamento em que houve agregação de valor através do carregamento de vagões acima de seu peso sugerido.

#### 4.4 Cálculo do OEE

Com o cálculo dos parâmetros apresentados anteriormente, é possível realizar o cálculo do OEE. Recapitulando, o cálculo de cada parâmetro do OEE proposto por esse trabalho é dado pelas Eqs. 4.5 a 4.7:

$$Disponibilidade = \frac{(Horas de Operação - Horas Indisponíveis)}{Horas de Operação} \times 100 \quad (4.5)$$

$$Performance = \frac{Horas Efetivas}{(Horas de Operação - Horas Indisponíveis)} \times 100 \quad (4.6)$$

$$Qualidade = \frac{(Vagões Carregados - Vagões Abaixo do Peso)}{Vagões Carregados} \times 100 \quad (4.7)$$

Dadas as considerações feitas sobre o cálculo de cada parâmetro em seus respectivos tópicos, o cálculo do OEE é dado pela multiplicação de cada um desses fatores (Eq. (4.8)).

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (4.8)$$

Considerando o cálculo da Utilização, realizado pela companhia para determinar a porcentagem do tempo em que é realizado carregamento ferroviário em comparação com as Horas de Calendário (24 horas por dia, todos os dias no período analisado, incluindo finais de semana e feriados), a autora entendeu que esse pode ser um parâmetro importante para a

empresa, pois mensura a produção “perdida” devido às horas em que não havia programação de produção.

Ao pesquisar, a autora encontrou na literatura especializada o indicador de Produtividade Efetiva Total de Equipamentos, TEEP (do inglês *Total Effective Equipment Performance*). Tal indicador pode ser utilizado como complemento ao OEE, pois, segundo de Castro e Chirolí (2011), tem como objetivo mensurar a produtividade do processo da fábrica em relação às horas de calendário.

Segundo Joseph e Jayamohan (2017) e Wojakowski (2015), o cálculo do TEEP é dado pela multiplicação do OEE por um quarto fator, chamado de Utilização e calculado por meio da Eq. (4.9).

$$TEEP = Utilização \times OEE \quad (4.9)$$

Sendo a Utilização o parâmetro responsável por mensurar a porcentagem de Horas Programadas em relação às Horas de Calendário. O cálculo da Utilização é realizado de acordo com a Eq. (4.10).

$$Utilização = \frac{Horas\ Programadas}{Horas\ de\ Calendário} \quad (4.10)$$

Onde as Horas Programadas representam o período em que a produção está programada. Seguindo os cálculos propostos, que consideram a particularidade do processo de carregamento ferroviário, o cálculo da Utilização é realizado de acordo com a Eq. (4.11).

$$Utilização = \frac{Horas\ de\ Operação}{Horas\ de\ Calendário} \quad (4.11)$$

Assim, além da proposta de cálculo do OEE, é feita a proposta do cálculo do TEEP, que leva também em consideração a produção em relação às horas totais de calendário, quantificando a produtividade perdida devido aos períodos em que não há produção programada.

#### 4.5 Projetos que auxiliarão no cálculo do indicador

Nesse tópico serão brevemente apresentados dois projetos que estão sendo desenvolvidos pela área de engenharia da empresa para implantação em seus diversos *sites*.

Tais projetos são relevantes para o desenvolvimento do presente estudo, caso a companhia decida implementar a memória de cálculo anteriormente apresentada, pois estão relacionados a uma maior automação do processo de carregamento ferroviário e do monitoramento dos equipamentos da planta.

#### **4.5.1 Automatização do sistema de carregamento**

Atualmente, o carregamento ferroviário é realizado através de um sistema desenvolvido por uma empresa terceira, imagens das telas desse sistema foram apresentadas anteriormente, nas Figs. 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6. Tal sistema controla todo o processo de carregamento ferroviário, sendo responsável por controles que determinam desde a rota que o produto percorrerá no processo até o peso que deve ser carregado em cada vagão a partir do *input* da ficha do trem.

Uma deficiência desse processo é a inexistência de uma funcionalidade que permite o operador adicionar as paradas operacionais ao longo do carregamento no próprio sistema. Atualmente esse processo é realizado manualmente em folhas impressas, onde, conforme as paradas ocorrem, o operador as classifica e registra as horas de início e fim, representando uma fragilidade, pois, o operador pode não classificar as paradas corretamente e também apontar a duração das paradas de maneira incorreta. Tais informações são posteriormente transferidas para uma tabela de Excel, utilizada como banco de dados do carregamento ferroviário.

Assim, para sanar tais problemas, a companhia solicitou à empresa desenvolvedora a adição de uma funcionalidade que permite o registro das paradas operacionais diretamente no sistema. Tal ação será de muito proveito, pois a entrada das paradas no sistema ocorrerá de forma mais prática e com menos possibilidades de erro por parte do operador. Além disso, o novo banco de paradas será carregado no sistema, possibilitando maior clareza ao operador no momento de classificar os eventos durante o carregamento.

O sistema irá gerar, então, um banco de dados com as informações dos carregamentos ferroviários, além de enviar automaticamente relatórios de início e fim de carregamento para cada trem carregado no terminal. Com a integração do banco de paradas e o sistema de carregamento, nesse relatório o sistema realizará ainda o cálculo do OEE para cada carregamento, aumentando o leque de possibilidades de análises da produtividade do terminal.

#### **4.5.2 Projeto PIMS**

O segundo projeto que está sendo desenvolvido pela empresa é um projeto de monitoramento de equipamentos, denominado PIMS, que significa Sistema de Gestão das Informações da Planta (do inglês *Plant Information Management System*).

Tal projeto trata-se da automação do monitoramento dos equipamentos da planta através da instalação de sensores em cada um deles, coletando dados de seu funcionamento, como horas de operação, ritmo de operação, falhas e quebras. Tais dados serão centralizados e consolidados através de um único sistema, que poderá ser consultado a qualquer momento por quem tiver seu acesso.

A expectativa da empresa é gerar um banco de dados mais confiável, acessível a todos, contendo informações como produtividade, horas de operação, tempo de parada de equipamentos, entre outros, gerando relatórios de indicadores de forma simples, confiável e automática.

## **5. CONCLUSÃO**

### **5.1. COMENTÁRIOS GERAIS**

A realização do presente trabalho foi muito importante e engrandecedora para a expansão dos conhecimentos obtidos pela autora ao longo de seu período de graduação, bem como para a obtenção de novos conhecimentos de práticas de engenharia utilizadas atualmente em empresas de diversos segmentos.

Além disso, esse estudo proporcionou uma união dos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do curso com práticas realizadas durante o período de estágio em uma empresa de logística. É possível ressaltar um grande aprendizado sobre a importância do acompanhamento e análise de indicadores de produtividade, principalmente para a prática da melhoria contínua, indispensável para empresas que querem se manter à frente no mercado, dada a grande competitividade presente nos mais diversos setores atualmente.

### **5.2. CONCLUSÕES ESPECÍFICAS**

Depois de desenvolvido este projeto as seguintes conclusões se tornaram evidentes:

1. Sobre o cálculo da Eficiência Global de Equipamentos empregado na empresa:

Ao ser realizado um estudo mais profundo sobre o indicador OEE, observou-se que o cálculo utilizado pela empresa em questão, na verdade, não se tratava do verdadeiro indicador, como encontrado na literatura especializada.

2. Sobre a elaboração do novo cálculo para o indicador:

A partir da análise do processo produtivo da empresa e suas especificidades, foi elaborada uma nova memória de cálculo para o OEE. O novo método de cálculo é realizado a partir dos três parâmetros padrão do OEE: Disponibilidade, Performance e Qualidade. Tais parâmetros são fundamentais para evidenciar as Seis Grandes Perdas no processo produtivo, permitindo a empresa concentrar esforços na realização de melhorias com o objetivo de mitigar e eventualmente eliminar tais perdas.

Com o novo cálculo proposto, os responsáveis na empresa perceberam as mudanças necessárias a serem feitas para tornar o indicador mais assertivo quanto à mensuração da produtividade no processo de carregamento ferroviário. Ainda, com a proposta do indicador TEEP, o cálculo de Utilização empregado pela empresa não será perdido, e com as mudanças



propostas, o cálculo será mais preciso, evidenciando as perdas em relação às horas em que não há produção agendada.

3. Sobre a proposta do indicador para empresa:

Devido à vários fatores internos, como o período orçamentário da empresa para o ano seguinte, o cálculo proposto não pode ser imediatamente colocado em prática. Além disso, como o cálculo é realizado por diversos *sites* da companhia, deve-se assegurar que todos têm condições de realizar a coleta dos dados necessários de forma correta para o cálculo do indicador. Caso seja possível, no futuro a área de engenharia irá elaborar novos documentos oficiais, validando o cálculo proposto, que passará a ser utilizado por toda a companhia.

4. Sobre a importância do acompanhamento da produtividade

Após os estudos realizados, a autora reconheceu ainda mais a importância do cálculo de indicadores de performance de processos produtivos. Ao longo dos anos, muitas tecnologias vêm sendo desenvolvidas e empregadas em empresas com o objetivo de tornar a produção mais eficiente. Entretanto, é necessário realizar o monitoramento de tais processos, evidenciando as principais perdas sofridas e onde elas ocorrem, de forma a se obter um direcionamento mais preciso para a realização de projetos de melhoria que visam melhorar o desempenho de plantas operacionais.

## **6. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS**

Apesar de cada unidade da empresa ser responsável por realizar o próprio cálculo do OEE, percebeu-se a falta de entendimento do indicador pelos responsáveis, levando a dúvidas e incertezas sobre os resultados obtidos. Reconhecendo o OEE como uma ferramenta da TPM, deve-se ressaltar a participação total dos funcionários da empresa nos esforços de melhoria, como proposto por Nakajima (1989). Assim, é ressaltada a necessidade e importância da realização de um treinamento ou palestra com os funcionários da empresa sobre o OEE, apresentando o cálculo e os fatores envolvidos e como seus resultados podem ser utilizados para o direcionamento e concentração de esforços para tratar os gargalos do processo.

Além disso, o cálculo da Eficiência Global de Equipamentos apresentado neste trabalho foi elaborado a partir da vivência da autora em um terminal terrestre de transbordo de grãos. A companhia em questão, além de terminais terrestres, também mantém operações portuárias e realiza o cálculo do OEE para mensurar a produtividade do carregamento e descarregamento de navios. Dessa forma, tais operações devem ser estudadas e o cálculo adaptado para corresponder ao método proposto neste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALPENBERG, Jan; SCARBROUGH, D. *Culture and the Toyota Production System Archetype: A Preliminary Assessment*. Från barkbröd till ciabatta – kreativitet och kontroll inom ekonomistyrning. 1 ed. p.117-142. Växjö University Press, 2009.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP) < <http://www.anp.gov.br/> > Acessado em 18 de novembro de 2018.
- BALLOU, Ronald H. *BUSINESS LOGISTICS – IMPORTANCE AND SOME RESEARCH OPPORTUNITIES*. GESTÃO & PRODUÇÃO v.4, n.2, p. 117-129, ago. 1997.
- BALLOU, Ronald H. *Logística Empresarial*. Atlas, 1978.
- BAYO-MORIONES, A.; BELLO-PINTADO, A.; MERINO-DÍAZ DE CERIO, J. *5S use in manufacturing plants: contextual factors and impact on operating performance*. International Journal of Quality & Reliability Management, n. 2, v. 27, p.217-230. 2010.
- BEKTAS, T.; CRAINIC, T. C. *A Brief Overview of Intermodal Transportation*. Logistics Engineering Handbook. Taylor and Francis Group. 2007.
- BHOYAR, A. S.; RAUT, L. P; MANE, S. *Total Productive Maintenance: The Evolution in Maintenance and Efficiency*. International Journal of Engineering Research and Application, n. 11, v. 7, p.26-32, 2017.
- BRAH, Shaukat A.; CHONG, W.-K. *Relationship Between Total Productive Maintenance and Performance*. International Journal of Production Research, v. 42, n. 12, p.2383-2401, 2004.
- BUSSO, Christianne Matias; MIYAKE, Dario Ikuo. *Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica*. Production, v. 23, n. 2, p.205-225, 2 out. 2012.
- CAMPOS, R.; OLIVEIRA, L. C. Q. de; SILVESTRE, B. dos S.; FERREIRA, A. da S. *A Ferramenta 5S e suas Implicações na Gestão da Qualidade Total*. SIMPOSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - SIMPEP, 12., 2005.
- CHRISTOPHER, Martin. *Logistics and Supply Chain Management*. 6. ed.: Ft Press, 2016.
- CONEGLIAN, B. de O.; SOUZA, B. de A. R. de; SIQUEIRA NETO, M.; SANTOS, S. N. dos. *TPM – “Total Productive Maintenance”: estruturação da manutenção planejada para o “Zero Quebra”*. Ling. Acadêmica, Batatais, v. 7, n. 2, p.107-124. Jan./jun. 2017.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). *Atlas do Transporte*. 1 ed. 2006.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). *Boletim Estatístico – CNT – Dezembro 2017*. < <http://www.cnt.org.br/Boletim/boletim-estatistico-cnt> > Acessado em 22 de novembro de 2018.

- CRAINIC, Teodor Gabriel & KIM, K. H. *Intermodal Transportation*. Transportation. n. 14. p.467-537. 2006.
- CUNHA, O. M. C. *Implementação da metodologia 5S e análise de Tempos e Métodos numa linha de montagem de carroçarias*. Tese de Mestrado. Universidade de Coimbra, Portugal. 2012.
- DE CASTRO, G., CHIROLI, D. *Eficiência Global dos Equipamentos: Aplicação da Métrica para Gerenciamento Efetivo de uma Cadeia Produtiva de Plásticos*. Simpósio de Engenharia de Produção – SIMPEP. Bauru, nov. 2011.
- FLEISCHER, J.; WEISMANN, U; NIGGESCHMIDT, S. *Calculation and Optimization Model for Costs and Effects of Availability Relevant Service Elements*. LCE, 2006.
- FRITZE, Christopher. *The Toyota Production System - The Key Elements and the Role of Kaizen within the System*. 2016.
- FUENTES, F. F. E. *Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial*. Tese. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. 2006.
- NAKAJIMA, S. *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*. Productivity Press, 1989.
- GLEISSNER, Harald; FEMERLING, J. Christian. *The Principles of Logistics*. Springer Texts In Business And Economics, p.3-18, 2013.
- HAILU, H.; MENGSTU, S; HAILU, T. *An integrated continuous improvement model of TPM, TPS and TQM for boosting profitability of manufacturing industries: An innovative model & guideline*. Management Science Letters, v. 8, p.33-50, jan. 2018.
- ICHIKAWA, A.; TAKAGI, K.; TAKEBE, Y.; YAMAZAKI, K.; IZUMI, T.; SHINOZUKA, S. *TPM for Every Operator*. Productivity Press, Portland, 1996.
- JEONG, K. Y.; PHILLIPS, D. T. *Operational Efficiency and Effectiveness Measurement*. International Journal of Operations & Production Management, n. 11, v. 21, p.1404-1416, 2001.
- JOSEPH, A.; JAYAMOHAN, M. S. *Evaluation of Overall Equipment Effectiveness and Total Effective Equipment Performance: A case study*. International Journal of Advance Engineering and Research Development, n. 5, v. 4, maio 2017.
- LI, Xiang. *Operations Management of Logistics and Supply Chain: Issues and Directions*. Discrete Dynamics In Nature And Society, v. 2014, p.1-7, 2014. Hindawi Limited.
- OHNO, Taiichi. *O Sistema Toyota de Produção*. Bookman, 1997.
- PARIKH, Y.; MAHAMUNI, P. *Total Productive Maintenance: Need & Framework*. IJIRAE, n. 2, v. 2, p.126-130, fev. 2015.

- OKPALA, C. C.; ANOZIE, S. C.; EZEANYIM, O. C. *The Application of Tools and Techniques of Total Productive Maintenance in Manufacturing*. International Journal of Engineering Science and Computing, n. 6, v. 8, p.115-120, jun. 2018.
- PATEL, C.; DESHPANDE, V. *A Review on Improvement in Overall Equipment Effectiveness*. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, v. 4. P.642-650, 2016.
- RÖBLER, M P; ABELE, E. *Uncertainty in the analysis of the overall equipment effectiveness on the shop floor*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 46, p.12-19, jun. 2013.
- SINGH, N.; BHATIA, O. S. *Review Paper on: Total Productive Maintenance*. International Journal of Advanced Research in Mechanical Engineering and Technology, n. 1, v. 1, p.21-26, 2015.
- SISODIYA, P. S.; PATEL, M.; BANSOD, V. *A Literature Review on Overall Equipment Effectiveness*. International Journal of Research in Aeronautical and Mechanical Engineering, n. 2, v. 2, p.35-42, 2014.
- SZYMONIK, Andrzej. *Logistics and supply chain management*. Technical University of Lodz Press, 2012.
- WOJAKOWSKI, Paweł. *Plant performance calculation in automotive industry using andon system*. Research in Logistics & Production, n. 4, v. 5, p.361-370, 2015.

## ANEXO I – FICHA DE INDICADOR – OEE

Ficha de Indicador		
<b>1. Formulário para definição e acompanhamento do indicador</b>		
Nº de Ordem	Nome do Indicador	Sigla
5	OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS)	OEE
<b>1. Objetivo:</b>		
Medir a eficiência global do site considerando métricas de disponibilidade física, utilização e performance.		
<b>2. Descrição:</b>		
É o produto de Disponibilidade Física, Utilização e Performance.		
<b>3. Fórmula de Cálculo:</b>	<b>4. Unidade de Medida:</b>	<b>5. Orientação :</b>
= Disponibilidade Física * Utilização * Performance	%	Positiva
<b>6. Número de Casas Decimais:</b>	<b>7. Escala:</b>	<b>8. Categoria:</b>
2	1	Produção
<b>9. Processo:</b>	<b>10. Aplicabilidade:</b>	
Operação	Portos e Terminais	
<b>11. Fórmula de acúmulo temporal:</b>	<b>12. Menor frequência de apuração possível:</b>	
Recálculo	Diária	
<b>13. Ressalvas e Considerações:</b>		
Deve ser definida qual a rota para cálculo de OEE de cada site, uma vez que não faria sentido calcular os parâmetros para todos os equipamentos, e sim para o processo principal do site.		
<b>14. Parcelas da Fórmula:</b>		
<b>PARCELA 1</b>	<b>Descrição:</b>	<b>Unidade:</b>
Disponibilidade Física	Relação entre as Horas Disponíveis e as Horas Calendário.	%
<b>PARCELA 2</b>	<b>Descrição:</b>	<b>Fonte de dados</b>
Utilização	Relação entre o Tempo em Operação e o Tempo Disponível.	Sites
<b>PARCELA 3</b>	<b>Descrição:</b>	<b>Unidade:</b>
Performance	Relação entre o Tempo Útil e o Tempo em Operação.	%
<b>PARCELA 4</b>	<b>Descrição:</b>	<b>Fonte de dados</b>
		Sites
<b>15. Requisitos de Geração:</b>		
NA		
<b>2. Hierarquia do Indicador</b>		
<b>16. Critério de acúmulo hierárquico:</b>	<b>17. Maior Nível:</b>	
NA	NA	
	<b>18. Menor Nível:</b>	
	NA	
<b>3. Áreas Responsáveis</b>		
<b>19. Área reguladora do indicador:</b>	<b>20. Área responsável pela apuração do indicador:</b>	
DIPG - Engenharia Portos e Terminais	Sites	

## ANEXO II – FICHA DE INDICADOR – DISPONIBILIDADE FÍSICA

Ficha de Indicador		
<b>1. Formulário para definição e acompanhamento do indicador</b>		
Nº de Ordem	Nome do Indicador	Sigla
13	Disponibilidade Física	DF
<b>1. Objetivo:</b>		
Mensurar a quantidade de horas disponíveis em relação a quantidade de horas calendário, em um determinado período.		
<b>2. Descrição:</b>		
É o percentual do tempo disponibilizado de um equipamento em relação a quantidade de horas calendário		
<b>3. Fórmula de Cálculo:</b>	<b>4. Unidade de Medida:</b>	<b>5. Orientação :</b>
$DF = [(HC - HM)/HC] * 100$	%	Positiva
<b>6. Número de Casas Decimais:</b>	<b>7. Escala:</b>	<b>8. Categoria:</b>
2	1	Atendimento
<b>9. Processo:</b>	<b>10. Aplicabilidade:</b>	
Manutenção	Todas as áreas de Manutenção	
<b>11. Fórmula de acúmulo temporal:</b>	<b>12. Menor frequência de apuração possível:</b>	
Recálculo	Mensal	
<b>13. Ressalvas e Considerações:</b>		
Para cálculo da DF do processo deve considerar os equipamentos da rota definida.		
<b>14. Parcelas da Fórmula:</b>		
<b>PARCELA 1</b>	<b>Descrição:</b>	<b>Unidade:</b>
HC	Hora Calendário	Horas [h]
<b>PARCELA 2</b>	<b>Descrição:</b>	<b>Unidade:</b>
HM	Horas de Manutenção = Hora de Manutenção Corretiva (HMC) + Hora de Manutenção Preventiva (HMP)	Horas [h]
<b>PARCELA 3</b>	<b>Descrição:</b>	<b>Unidade:</b>
<b>PARCELA 4</b>	<b>Descrição:</b>	<b>Unidade:</b>
<b>Fonte de dados</b>	<b>Fonte de dados</b>	<b>Fonte de dados</b>
NA	Sistemas de Gerenciamento Operacional ou de Manutenção quando houver interface com	
<b>15. Requisitos de Geração:</b>		
DF - Apropriação e registros dos eventos de manutenção. HC - Garantir o registro do equipamento no Sistema de Operação após a efetiva entrega técnica. HM - Apropriação e registros dos eventos de manutenção.		
<b>2. Hierarquia do Indicador</b>		
<b>16. Critério de acúmulo hierárquico:</b>	<b>17. Maior Nível:</b>	
Média	GA	
<b>18. Menor Nível:</b>	<b>19. Área reguladora do indicador:</b>	
NA	DIPG - Engenharia Portos e Terminais	
<b>3. Áreas Responsáveis</b>		
<b>20. Área responsável pela apuração do indicador:</b>		
Sites		

## ANEXO III – FICHA DE INDICADOR – UTILIZAÇÃO

Ficha de Indicador		
<b>1. Formulário para definição e acompanhamento do indicador</b>		
Nº de Ordem	Nome do Indicador	Sigla
12	Utilização	-
<b>1. Objetivo:</b>		
Medir a relação entre o tempo em operação e o tempo disponível no período.		
<b>2. Descrição:</b>		
É a relação entre as horas operando e as horas disponíveis.		
<b>3. Fórmula de Cálculo:</b>	<b>4. Unidade de Medida:</b>	<b>5. Orientação :</b>
$= (\text{Horas Operando}) / (\text{Horas Disponíveis}) * 100$	%	Positiva
	<b>7. Escala:</b>	<b>6. Número de Casas Decimais:</b>
	1	2
<b>9. Processo:</b>	<b>10. Aplicabilidade:</b>	<b>8. Categoria:</b>
Operação	Portos e Terminais	Produção
<b>11. Fórmula de acúmulo temporal:</b>	<b>12. Menor frequência de apuração possível:</b>	
Recálculo	Diária	
<b>13. Ressalvas e Considerações:</b>		
-		
<b>14. Parcelas da Fórmula:</b>		
<b>PARCELA 1</b>	<b>Descrição:</b>	<b>Unidade:</b>
Horas Operando	Período em que o site está efetivamente operando = (Horas Disponíveis) - (Horas de Paradas Operacionais Externas) - (Horas de Paradas Operacionais Internas) - (Horas Ociosas)	Horas [h]
		<b>Fonte de dados</b>
		Sites
<b>PARCELA 2</b>	<b>Descrição:</b>	<b>Unidade:</b>
Horas Disponíveis	Período em que o site está disponível para a Operação. = (Horas Calendário) - (Horas de Paradas Programadas) - (Horas de Paradas Não Programadas)	Horas [h]
		<b>Fonte de dados</b>
		Sites
<b>PARCELA 3</b>	<b>Descrição:</b>	<b>Unidade:</b>
		<b>Fonte de dados</b>
<b>PARCELA 4</b>	<b>Descrição:</b>	<b>Unidade:</b>
		<b>Fonte de dados</b>
<b>15. Requisitos de Geração:</b>		
NA		
<b>2. Hierarquia do Indicador</b>		
<b>16. Critério de acúmulo hierárquico:</b>	<b>17. Maior Nível:</b>	
NA	NA	
	<b>18. Menor Nível:</b>	
	NA	
<b>3. Áreas Responsáveis</b>		
<b>19. Área reguladora do indicador:</b>	<b>20. Área responsável pela apuração do indicador:</b>	
DIPG - Engenharia Portos e Terminais	Sites	



## ANEXO IV – FICHA DE INDICADOR – PERFORMANCE

Ficha de Indicador		
<b>1. Formulário para definição e acompanhamento do indicador</b>		
Nº de Ordem	Nome do Indicador	Sigla
6	Performance	-
<b>1. Objetivo:</b>		
Medir a performance do site através da relação entre o tempo útil e o tempo em operação no período.		
<b>2. Descrição:</b>		
É a relação entre Horas Efetivas e Horas Operando.		
<b>3. Fórmula de Cálculo:</b>	<b>4. Unidade de Medida:</b>	<b>5. Orientação :</b>
$= [(Horas\ Efetivas)/(Horas\ Operando)] * 100$	%	Positiva
<b>9. Processo:</b>	<b>7. Escala:</b>	<b>6. Número de Casas Decimais:</b>
Operação	1	2
<b>11. Fórmula de acúmulo temporal:</b>	<b>10. Aplicabilidade:</b>	<b>8. Categoria:</b>
Recálculo	Portos e Terminais	Produção
<b>12. Menor frequência de apuração possível:</b>	Diária	
<b>13. Ressalvas e Considerações:</b>		
<b>14. Parcelas da Fórmula:</b>		
<b>PARCELA 1</b>	<b>Descrição:</b>	<b>Unidade:</b>
Horas Efetivas	Tempo necessário para realizar o volume do período, considerando operação com taxas nominais. = (Volume Operado) / (Taxa nominal)	Horas [h]
<b>PARCELA 2</b>	<b>Descrição:</b>	<b>Fonte de dados</b>
Horas Operando	Período em que o site está efetivamente operando. = (Horas Disponíveis) - (Horas de Paradas Operacionais Externas) - (Horas de Paradas Operacionais Internas) - (Horas Ociosas)	Sites
<b>PARCELA 3</b>	<b>Unidade:</b>	<b>Fonte de dados</b>
	%	Sites
<b>PARCELA 4</b>	<b>Unidade:</b>	<b>Fonte de dados</b>
<b>15. Requisitos de Geração:</b>		
NA		
<b>2. Hierarquia do Indicador</b>		
<b>16. Critério de acúmulo hierárquico:</b>	<b>17. Maior Nível:</b>	
NA	NA	
	<b>18. Menor Nível:</b>	
	NA	
<b>3. Áreas Responsáveis</b>		
<b>19. Área reguladora do indicador:</b>	<b>20. Área responsável pela apuração do indicador:</b>	
DIPG - Engenharia Portos e Terminais	Sites	