



**APLICAÇÃO DO INDICADOR *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS*
(OEE) PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO GLOBAL DA CAPACIDADE
PRODUTIVA DE UMA INDÚSTRIA MADEIREIRA**

Adauto Correa da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientador: Kleber Bittencourt Oliveira

Belém

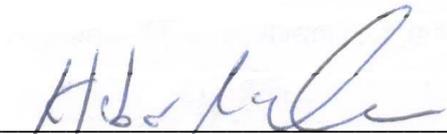
Maio de 2019

**APLICAÇÃO DO INDICADOR *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS*
(OEE) PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO GLOBAL DA CAPACIDADE
PRODUTIVA DE UMA INDÚSTRIA MADEIREIRA**

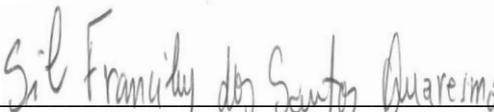
Adauto Correa da Silva

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE
PÓSGRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO
PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

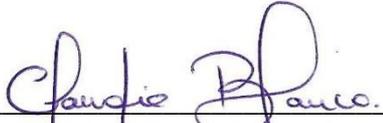
Examinada por:



Prof. Kleber Bittencourt Oliveira, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. Sil Franciley Quaresma, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. Cláudio José Cavalcante Blanco, Dr.
(PRODERNA/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. Marcelo José Raiol Souza, Dr.
(CCNT/UEPA-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

Maio de 2019

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA**

Silva, Adauto Correa da, 1990-
Aplicação do indicador overall equipment effectiveness (OEE) para análise do desempenho global da capacidade produtiva de uma indústria madeireira / Adauto Correa da Silva - 2019.

Orientador: Kleber Bittencourt Oliveira

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, 2019.

1. Eficiência Industrial-Modelos matemáticos 2.
Produtividade industrial 3. Indústria madeireira 4.
Administração da produção I. Título

CDD 23. ed.658.515.

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

**APLICAÇÃO DO INDICADOR *OVERALL EQUIPMENT EFFEECTIVENESS*
(OEE) PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO GLOBAL DA CAPACIDADE
PRODUTIVA DE UMA INDÚSTRIA MADEIREIRA**

Adauto Correa da Silva

Maio/2019

Orientador: Kleber Bittencourt Oliveira

Área de Concentração: Engenharia de Processos

A capacidade industrial das empresas tem sido cada vez mais requerida com a competitividade de empresas intensivas em capital. Muitos indicadores tem sido utilizados para medição da produtividade nas indústrias de manufatura, dentre eles destacamos o OEE (Overall Equipment effectiveness), nas literaturas nacionais citado como “Eficácia global de equipamentos”, o indicador abrange 3 parâmetros (disponibilidade, performance e qualidade), dando suporte para tomadas de decisões em todos os setores da cadeia produtiva. Com isto, foi feito o levantamento bibliográfico para identificar as limitações da pesquisa e identificar as variáveis e dados que seriam coletados nos três parâmetros do indicador. A pesquisa também discutiu a aplicação do indicador numa indústria madeireira, explicitando todos os seus pontos de aplicação, assim como coleta e análise dos dados coletados, identificando gargalos no processo produtivo, em qualquer setor da cadeia produtiva. A pesquisa conclui-se com soluções propostas para os problemas identificados, incluindo problemas fora do setor fabril, o que comprova a amplitude global do indicador.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

**APPLICATION OF THE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS
INDICATOR (OEE) FOR ANALYSIS OF THE GLOBAL PERFORMANCE OF
THE PRODUCTIVE CAPACITY OF A WOOD INDUSTRY**

Adauto Correa da Silva

May/2019

Advisor(s): Kleber Bittencourt Oliveira

Research Area: Process Engineering

The industrial capacity of companies has been increasingly required with the competitiveness of capital-intensive companies. Many indicators have been used to measure productivity in the manufacturing industries, as the OEE (Overall Equipment effectiveness), in the national literature referred to as "Eficácia Global de Equipamentos", the indicator analyse 3 parameters (availability, performance and quality), giving support to make decisions in all sectors of the production chain. With this, a bibliographic survey was made to identify the limitations of the research and identify the variables and data that would be collected in the three parameters of the indicator. The research also discussed the application of the indicator in a timber industry, explaining all its points of application, as well as collecting and analyzing the data, identifying bottlenecks in the productive process in any sector of the production chain. The research concludes with proposed solutions to the identified problems, including problems from outside the manufacturing sector, proving the overall breadth of the indicator.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - MOTIVAÇÕES.....	2
1.2 - OBJETIVOS.....	3
1.2.1 - Objetivo Geral.....	3
1.2.2 - Objetivos específicos.....	3
1.3 - ESTRUTURA DO TRABALHO.....	3
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1 - HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO.....	4
2.2 - TPM – <i>TOTAL PRODUCTIVE MAINTENCE (MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL)</i>	5
2.3 - INDICADORES DE MANUTENÇÃO.....	7
2.4 - INDICADOR <i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)</i>	8
2.4.1 - Cálculo do indicador OEE.....	10
2.4.2 - Estudos de caso sobre a aplicação do indicador.....	11
CAPÍTULO 3 - ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DO DESEMPENHO GLOBAL DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE UMA INDUSTRIA MADEIREIRA.....	14
3.1 - IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	14
3.2 - MAPEAMENTO DO PROCESSO.....	14
3.3 - DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS.....	15
3.4 - DIFICULDADES E LIMITAÇÕES DE TRABALHOS ANTERIORES.....	16
3.5 - DEFINIÇÃO DAS VARIÁVELS.....	17
3.6 - DISPONIBILIDADE DO EQUIPAMENTO.....	18
3.6.1 - Carga horária das máquinas.....	18
3.6.2 - Tempos de parada de máquina não programados.....	19
3.7 - PERFORMANCE DO EQUIPAMENTO.....	22
3.7.1 - Levantamento do tempo padrão de cada operação em seu ciclo ideal...	22
3.7.2 - Qualidade das peças.....	23
3.7.2.1 - Quantidade de peças produzidas e inutilizadas.....	23
3.8 - COLETA DOS DADOS.....	24
3.9 - TABULAÇÃO DOS DADOS.....	25

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1 - INDICADOR OEE.....	28
4.1.1 - Análise do parâmetro de disponibilidade.....	30
4.1.2 - Análise do parâmetro de performance.....	37
4.1.3 - Análise do parâmetro de qualidade.....	41
4.2 - SÍNTESE DOS RESULTADOS E COMPARAÇÕES COM OUTROS AUTORES.....	46
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
APÊNDICE A - AMOSTRA DE CRONOMETRAGENS, PARA DEFINIÇÃO DE TEMPO PADRÃO OPERAÇÃO E PRODUÇÃO IDEAL, FEITAS NA MÁQUINA CENTRINHO 1.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Estrutura organizacional até a 1ª metade do século XX.....	5
Figura 2.2	Estrutura organizacional atual.....	5
Figura 3.1	Fluxograma do processo produtivo em estudo.....	15
Figura 3.2	<i>Layout</i> do setor cabos de faca para carga horária das máquinas...	19
Figura 3.3	Quadro de apontamento de paradas de máquina junto com cronômetro.....	21
Figura 3.4	Coletor de dados de parada de máquina.....	21
Figura 3.5	<i>Print</i> do relatório de paradas de máquina gerado pelo sistema da empresa.....	22
Figura 3.6	Boletim de coleta geral.....	24
Figura 4.1	Gráfico do indicador de eficiência global OEE, nos meses de junho, julho e agosto.....	29
Figura 4.2	Gráfico do parâmetro de disponibilidade dos equipamentos, por roteiro, nos meses de junho, julho e agosto.....	31
Figura 4.3	Amostra de um tipo de taco, com seu respectivo cabo, produzido nas máquinas do roteiro 1.....	32
Figura 4.4	Amostra de dois tipos de tacos, com seus respectivos cabos, produzidos nas máquinas do roteiro 2.....	32
Figura 4.5	Amostra de um tipo de taco, com seu respectivo cabo, produzido nas máquinas do roteiro 3.....	33
Figura 4.6	Pilares do OEE da máquina M05.....	36
Figura 4.7	Motivos de parada da máquina M05.....	36
Figura 4.8	Gráfico do parâmetro de performance dos equipamentos, por roteiro, nos meses de junho, julho e agosto.....	37
Figura 4.9	Verificação da acuracidade dos apontamentos de parada.....	38
Figura 4.10	Forma de abastecimento nas máquinas do roteiro 2.....	40
Figura 4.11	Forma de abastecimento nas máquinas dos roteiros 1 e 3.....	40
Figura 4.12	Informações dos resultados do indicador OEE.....	41
Figura 4.13	Gráfico do parâmetro de qualidade dos equipamentos (por roteiro) nos meses de junho, julho e agosto.....	42
Figura 4.14	Medidor resistível de umidade da madeira.....	43

Figura 4.15	Cabos inutilizados por conta de trincas no processo.....	43
Figura 4.16	Setor de geração de energia, através de vapor, da fábrica.....	44
Figura 4.17	Tubo de exaustão de serragem.....	45
Figura 4.18	Resultados para parâmetro de qualidade.....	45
Figura 4.19	Síntese dos resultados obtidos/comparados	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Confiabilidade X Manutenibilidade.....	7
Tabela 3.1	Lista de máquinas ativas do setor.....	17
Tabela 3.2	Motivos de paradas não programados e seus conceitos.....	20
Tabela 4.1	Amostra de dados Centrinho 1.....	27
Tabela 4.2	Dados analíticos, por máquina, no mês de junho.....	27
Tabela 4.3	Paradas para <i>setup</i> e limpeza, no meses de junho, julho e agosto, nas máquinas do roteiro 1.....	33
Tabela 4.4	Paradas para <i>setup</i> e limpeza, no meses de junho, julho e agosto, nas máquinas do roteiro 2.....	34
Tabela 4.5	Paradas para <i>setup</i> e limpeza, no meses de junho, julho e agosto, nas máquinas do roteiro 3.....	34
Tabela 4.6	Comparativo dos tempos de <i>setup</i> e limpeza, nos meses de junho, julho e agosto, nas máquinas do roteiro2 com o roteiro 1	35
Tabela 4.7	Comparativo dos tempos de <i>setup</i> e limpeza, nos meses de junho, julho e agosto, nas máquinas do roteiro2 com o roteiro 3.	35
Tabela A.1	Amostra de cronometragens, para definição de tempo padrão de operação e produção ideal, feitas na máquina Centrinho 1.....	54

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O momento atual da indústria proporciona uma concorrência acirrada entre as empresas. Algumas mudanças no mercado global estreitaram distâncias físicas. O que antes era um empecilho, hoje é uma mera variável.

Com isso, temos uma disputa global entre as empresas, onde indústrias de manufaturas multinacionais competem entre si, independentemente de sua localização.

Diante dessas características do mercado atual, é natural que as empresas busquem maximizar seus resultados e o rendimento de seus equipamentos, principalmente. Paradas prolongadas podem representar perdas irreparáveis para algumas empresas. Não atender a demanda ou pedidos de alguns clientes são situações, que as empresas que querem se manter concorrentes no mercado, não podem mais se submeter.

Para KARDEC (2002), a manutenção tem que estar alinhada com os principais resultados da empresa e não ser mais somente eficiente e sim eficaz, ou seja, não basta apenas reparar o equipamento o mais rápido possível, mas sim manter a função do equipamento disponível para operação, reduzindo as chances de uma parada prolongada de seu funcionamento, que acarretaria num não fornecimento de produto ou serviço.

Além dos problemas supracitados, os equipamentos podem apresentar vários outros. Daí a importância de utilizar e gerir indicadores de desempenho da manutenção.

Ainda para KARDEC (2002) os indicadores de manutenção são desenvolvidos e utilizados pelos gestores com o objetivo de atingir as metas operacionais pré-estabelecidas pelas empresas. Estes indicadores devem expressar onde e quais melhorias podem ser feitas de modo a aperfeiçoar os processos, assim como destacar as áreas onde o desempenho desejado já foi alcançado. São, portanto, instrumentos de análise fundamentais ao executivo de manutenção para avaliação do desempenho de sua organização.

O índice OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é um método eficaz e altamente recomendado para mensurar a eficácia de processos, abordando três dimensões: índice de disponibilidade, índice de eficiência e índice de qualidade (BAMBER *et al.*, 2003).

Dentre os indicadores essenciais à gestão da manutenção temos o OEE, na literatura nacional citado frequentemente como a Eficácia Global de Equipamentos. Este indicador relaciona três coeficientes importantes no equipamento, que multiplicados geram o indicador de eficácia global. Os coeficientes são disponibilidade, performance e qualidade do equipamento.

O diferencial deste indicador está na sua amplitude global que proporciona uma visão geral sobre os equipamentos de uma empresa.

1.1 - MOTIVAÇÕES

Diante do desafio de reduzir perdas e maximizar lucros de uma organização, foi observado na amplitude do indicador OEE uma oportunidade de mensurar as perdas e ineficiências do processo, e somente depois disso, controlá-los e reduzi-los.

O diferencial do indicador OEE está na sua amplitude global, podendo, assim, identificar gargalos no processo produtivo, máquinas com maior ou menor disponibilidade, performance e qualidade, norteando ações para sanar ou amenizar os possíveis problemas identificados.

Segundo BRIGOLINI *et al.*, (2016), temos um diagnóstico quantitativo sobre a dinâmica e evolução da informação científica relacionada à metodologia OEE. O artigo relaciona às publicações por continente, que mostra os países asiáticos na frente em número de pesquisas, podendo justificar que a temática OEE está ligada com as ferramentas desenvolvidas nesses países.

Ainda segundo BRIGOLINI *et al.*, (2016), no âmbito nacional, a distribuição das pesquisas relacionadas ao OEE concentra-se na região sudeste, pelo fato da região ser a mais desenvolvida em questões tecnológicas e industriais, e que apresenta maior número de instituições de pesquisa do país.

O presente trabalho tem o intuito de disseminar e aumentar o número de pesquisas relacionadas à metodologia OEE na região norte, assim como mostrar aos profissionais a fácil aplicabilidade e amplitude global, o que resulta numa visão geral da empresa, essencial para qualquer gestão.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Analisar as perdas na produtividade de uma indústria madeireira através da implementação do indicador de eficácia global dos equipamentos OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

1.2.2 - Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Definir as variáveis industriais que irão compor o indicador;
- Implementar a metodologia de cálculo do indicador na indústria madeireira;
- Analisar os dados coletados, segregando as análises por grupo de máquinas;
- Identificar problemas oriundos de outros setores através do indicador;
- Propor soluções para sanar problemas identificados, quando possível.

1.3 - ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho dispõe de cinco capítulos, incluindo este, o primeiro, titulado Introdução, abordando a relevância da pesquisa, motivações, objetivos gerais e específicos. O Capítulo 2 trata da revisão a literatura e o estado da arte. O Capítulo 3 contempla o estudo de caso, com a análise do desempenho global da capacidade produtiva de uma indústria madeireira. No Capítulo 4 constam a análise dos resultados e discussão. No Capítulo 5 temos a conclusão e sugestões para trabalhos futuros, sucedido das referências bibliográficas.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

A manutenção surgiu efetivamente com o advento dos primeiros teares mecânicos em meio ao século XVI, período que se caracterizou pelo fim da produção artesanal dando início a um modo de produzir diversificado e antagônico. Na época não havia uma equipe de manutenção, sendo os próprios operadores das máquinas treinados para operar e manter o equipamento, o que perdurou até o século XVIII (VIANA, 2002).

Antes da Segunda Guerra Mundial as técnicas de manutenção eram simples sendo competências dos colaboradores apenas realizar serviços de lubrificação, limpeza e reparo após a quebra, fato este que indica a caracterização da manutenção da primeira geração como corretiva não planejada.

A segunda geração ocorreu em meados dos anos 50 e 70 do século XX, e veio trazendo a manutenção preventiva com o foco em diminuir falhas e esta passou a evidenciar a produção, e mostrou o quão dependente as empresas estariam da disponibilidade dos seus equipamentos.

A terceira geração se deu a partir dos anos 70, período moldado pelo crescimento da automação, mecanização e pela consolidação de padrões de exigência ligados ao meio ambiente e a segurança, sendo esses padrões tão consolidados que no caso do seu descumprimento as plantas fabris eram impedidas de funcionar (PINTO e XAVIER, 2009).

Na quarta geração, que se deu a partir de 2000, a disponibilidade tornou-se ainda mais importante, e ocorreu a consolidação das atividades de engenharia de manutenção pautadas sobre a garantia da disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade (PINTO e XAVIER, 2009).

A manutenibilidade consiste na execução da manutenção baseada em procedimentos e meios prescritos com o objetivo de manter o item ou recolocá-lo em condições de executar sua função (VIANA, 2002).

Há uma expressiva diferença no modelo de organograma utilizado pelas empresas, na primeira metade do século XX até os dias atuais. Podemos observar essa mudança através das Figuras 2.1 e 2.2, mostradas abaixo:



Figura 2.1 - Estrutura organizacional até 1ª metade do Século XX.

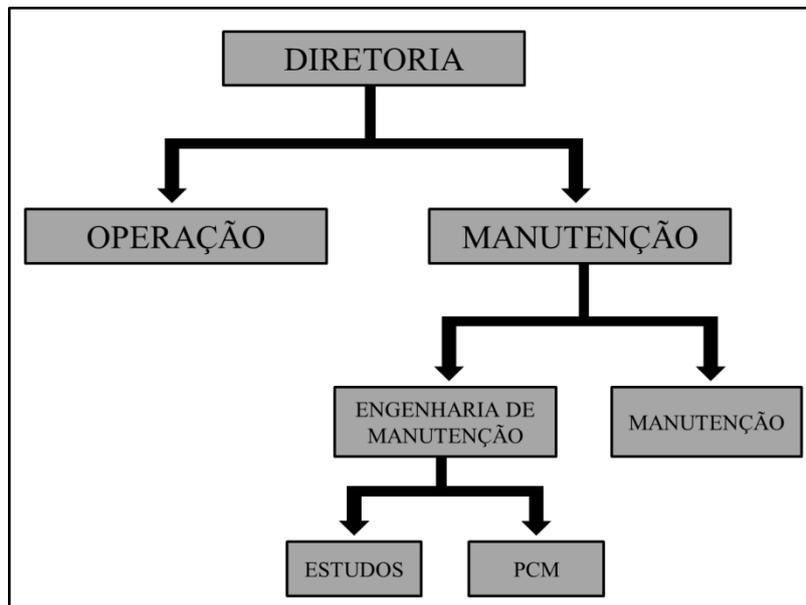


Figura 2.2 - Estrutura organizacional atual.

2.2 - TPM – TOTAL PRODUCTIVE MAINTENCE (MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL)

Segundo TAKAHASHI e OSADA (1993), TPM (*Total Productive Maintenance*) pode ser definido como atividades de manutenção produtiva com

participação de todos os colaboradores da empresa. Está entre os métodos mais eficazes para transformar uma fábrica em uma operação com gerenciamento orientado para o equipamento, coerente com as mudanças da sociedade contemporânea.

A implantação do TPM tem resultado em aumentos de eficiência na utilização da capacidade instalada em indústrias japonesas que têm oscilado entre 60 e 90% (TONDATO, 2004).

Os autores ainda afirmam que o MPT é um dos métodos mais eficazes para transformar uma fábrica, porém há algumas exigências a serem seguidas. Segundo TAKAHASHI e OSADA (1993), para que a MPT seja eficiente é necessário seguir algumas exigências, como: (1) criar equipamentos com maior rendimento global possível; (2) definir uma MP total que leve em conta todo o tempo de vida do equipamento, (3) manter a motivação através de atividades de pequenos grupos independentes; (4) abordar o planejamento, a utilização e a manutenção do equipamento e (5) contar com a participação de toda a empresa, dos altos executivos aos operários.

A TPM aborda o ciclo de vida dos equipamentos, minimizando avarias, defeitos de produção e acidentes com danos pessoais e patrimoniais (ALCARAZ, 2011).

Os procedimentos para analisar e melhorar o nível de produtividade do equipamento enquadra-se em duas categorias (Tabela 2.1): (1) investigação do equipamento do ponto de vista de melhorar seu nível de confiabilidade e (2) investigação das atividades, a fim de melhorar a eficiência da atividade de manutenção. Deve-se definir uma equipe de projeto para cada categoria do trabalho de investigação (TAKAHASHI e OSADA, 1993).

No século XXI, adotaram-se procedimentos de inovação e aprendizado organizacional como parte da estratégia competitiva, que teve como suporte os programas de melhoria contínua baseado na abordagem japonesa do Kaizen. A organização e operacionalização das empresas, para essa nova estratégia, vieram com novos programas, como TPM, que focou a agilidade e flexibilidade de produção (BOER e GERTSEN, 2003).

Tabela 2.1 - Confiabilidade x Manutenibilidade.

Melhoria da confiabilidade		Melhoria da manutenibilidade
Redução inflexível das necessidades de manutenção decorrentes do equipamento (Esforçar-se para evitar avarias)	X	Realização eficiente do trabalho de manutenção do equipamento (Consertar imediatamente a avaria)
Investigação do equipamento		Investigação das atividades de trabalho

Fonte: TAKAHASHI e OSADA (1993).

2.3 - INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Os indicadores de desempenho assumem uma função de grande importância no âmbito organizacional, já que fornecem informações que permitem o acompanhamento da situação na qual a empresa se encontra ou até mesmo avalia dados passados e faz projeções futuras.

Segundo RAPOSO (2011), os indicadores são a representação racional, objetiva e quantitativa do desempenho, utilizada pelos gestores como auxílio a tomada de decisão, visando o alcance das metas estratégicas corporativas. São muito relevantes ao mostrar os pontos falhos no processo, assim como a causa dos problemas responsáveis pelo não alcance dos resultados desejados, norteando as melhorias que devem ser tomadas.

Com o objetivo de aperfeiçoar os processos da empresa continuamente, é importante que os indicadores de desempenho estejam associados à utilização de ferramentas de análise que colaborem para a identificação dos problemas críticos e diagnóstico de suas causas principais.

No entanto, ainda existem organizações que mantêm sua gestão voltada somente a indicadores financeiros e contábeis, tornando-se desatentas às operações do chão de fábrica (SERRA, 2009).

MARANHÃO e MACIEIRA (2004) explicam que a melhor forma para estabelecer um indicador de desempenho é definindo o objetivo que deseja para o evento, deixando claro o que quer medir e onde pretende chegar. Recomendam que os indicadores de desempenho resultem da relação entre variáveis mensuráveis e associem esse resultado ao objetivo preestabelecido.

Ainda segundo MARANHÃO e MACIEIRA (2004), os indicadores de desempenho devem possuir outras características complementares, como: eficácia para satisfazer o cliente, eficiência na aplicação dos recursos, oportunidade para tomada de decisão, rastreabilidade, simplicidade, generalidade, comparabilidade e sistematização. Concluindo, ser eficiente (baixo custo) e eficaz (relacionados aos objetivos do processo).

Os indicadores de manutenção mais comuns são denominados de índices de classe mundial devido a sua popularização no ocidente. Eles são classificados em: tempo médio entre falhas (TMEF), tempo médio para reparo (TMPR), tempo médio para a falha (TMPF), disponibilidade do equipamento (DE) e custo de manutenção por faturamento (CMFR) (TAVARES, 1996).

Um indicador que vem ganhando destaque e sendo utilizado por várias empresas devido a sua abrangência é o indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que ao envolver parâmetros como qualidade, performance e disponibilidade consegue alicerçar-se em diversos pontos pertinentes à eficiência do sistema produtivo.

2.4 - INDICADOR *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE)

Para MOELLMANN *et al.* (2006), O índice de eficiência global dos equipamentos (OEE – Overall Equipment Effectiveness) é uma ferramenta importante na linha de produção para se conhecer o desempenho de seus equipamentos. Com o adequado tratamento de dados, verifica-se a evolução do índice, o reflexo das ações implementadas nos equipamentos, assim como eventuais falta de peças ou retrabalho, permitindo assim uma análise crítica e detalhada sobre o processo de produção.

Ainda para MOELLMANN *et al.* (2006), para se realizar o correto cálculo do indicador de eficiência global dos equipamentos e prover as informações adequadas ára direcionar ações de melhoria nos equipamentos, são recomendados alguns métodos, de maneira que as perdas de produção sejam estratificadas e registradas, possibilitando uma posterior análise pelos engenheiros da linha de produção. Todas as perdas de

produção devem ser registradas, anotando-se a data, hora e motivo da parada, assim como o tempo durante o qual a mesma afetou a produção. Desta maneira, é possível ao final de um período determinado realizar uma estratificação das perdas, visualizando-se desta maneira os fatores que mais afetaram a produtividade deste equipamento.

Segundo BAMBER *et al.* (2003) a extensão das falhas de equipamentos e as razões para as perdas de produção precisam ser totalmente entendidas, caso contrário, quaisquer ações da TPM não podem ser implantadas.

Este indicador representa o resultado do produto de três parâmetros ou variáveis: disponibilidade, performance e qualidade. Ele determina a eficácia do processo, ou seja, se o processo está produzindo de acordo com os requisitos de tempo programados à máquina (HANSEN, 2006).

O OEE é uma ferramenta usada para medir as melhorias implementadas pela metodologia MPT, podendo também ser utilizado para avaliar a situação operacional da empresa, não precisando necessariamente que a metodologia MPT tenha sido adotada. A utilização deste indicador permite que as organizações analisem as reais condições da utilização de seus ativos. Essas análises ocorrem a partir da identificação das perdas dos equipamentos do ambiente de produção, e envolvem índices de disponibilidade de equipamentos, eficiência durante a produção e qualidade do produto obtido (SANTOS e SANTOS, 2007).

De acordo com NAKAJIMA (1989), são seis as perdas que prejudicam o funcionamento dos equipamentos que são: paradas não programadas, paradas para setups ou ajustes, paradas curtas e ociosidades, redução de velocidade; defeitos e retrabalho e queda de rendimento. É importante destacar que no conceito das seis grandes perdas dos equipamentos, as paradas planejadas não são consideradas, como tempo para refeição, tempo programando para manutenção autônoma, tempo para reuniões, testes de produção, ausência de programação de produção entre outros.

Reduzir estas perdas também é de suma importância para a indústria madeireira. Problemas com armazenamento e secagem, devido às particularidades que este tipo de matéria-prima possui, são bem recorrentes na empresa em questão.

Os produtos inutilizados são descartados. Quando isto ocorre é gerado trabalhos em todas as etapas do processo sem agregar valor à empresa. Também torna-se necessário avaliar a performance do setor, para verificar se ele está operando de acordo com o esperado. E também aumentar a disponibilidade de todos os equipamentos ativos na empresa, para assim produzir mais e por consequência gerar mais receita.

2.4.1 - Cálculo do indicador OEE

O indicador OEE é resultado do produto de três parâmetros que são: qualidade, performance e disponibilidade, e multiplicado por 100, já que se trata de um indicador percentual. O indicador OEE tem como finalidade determinar a eficiência do processo ou equipamento, conforme a Eq. (2.1) abaixo (PEREIRA, 2009):

$$OEE = (D) \times (P) \times (Q) \times 100 \quad (2.1)$$

Onde:

D = Disponibilidade;

P = Performance;

Q = Qualidade.

A disponibilidade tem como objetivo mensurar a influência das perdas por manutenção ou setups e é obtida a partir da Eq. (2.2).

$$Disponibilidade(D) = \frac{(TDR) - (TPNP)}{TDR} \quad (2.2)$$

Onde:

TDR = Tempo que a disponibilidade pode ser requerida;

$TPNP$ = Tempo de paradas não planejadas.

Para CORRÊA e CORRÊA (2004), o índice de disponibilidade leva em conta as paradas não planejadas, originadas por quebras de equipamento, setup, necessidades de ajustes durante troca de produto, etc.

A Performance mensura a influência das perdas por ociosidade ou pequenas paradas devido a operação da máquina abaixo de sua capacidade (PEREIRA, 2009).

Segundo CORRÊA e CORRÊA (2004), esse índice leva em conta as perdas de velocidade, aumento do tempo de ciclo das operações, os atrasos, etc. Seu resultado relaciona: Quantidade Total Produzida (QTD) e a Quantidade Programada de Produção (QPP), conforme a Eq. (2.3).

$$Performace(P) = \frac{QTP}{QPP} \quad (2.3)$$

Ainda para CORRÊA e CORRÊA (2004), o cálculo do parâmetro de qualidade leva em conta os refugos que tiveram origem em falhas nos recursos físicos. Seu valor resulta da relação dos parâmetros denominados: Quantidade Produzida em Conformidade (QPC) e Quantidade Total Produzida (QTP), conforme Eq. (2.4)

$$Qualidade(Q) = \frac{QPC}{QTP} \quad (2.4)$$

O OEE pode se embasar na seguinte classificação conforme seu resultado: inaceitável se menor que 65%; bom se entre 65% e 75% e muito bom se resultar no intervalo de 75% a 85%. O alcance de um OEE ideal equivale ou supera 85%, para atingi-lo, os níveis deverão estar próximos de 90% para a disponibilidade, 95% para a performance e 99% em relação a qualidade (HANSEN, 2006).

2.4.2 - Estudos de caso sobre a aplicação do indicador

No estudo de SOUZA e CARTAXO (2016) tem-se como objetivo principal aumentar o desempenho de um equipamento, que vem apresentando constantes atrasos ocasionando perdas de eficiência no processo em uma fornecedora do setor de petróleo e gás. Encontraram-se dificuldades na limitação dos parâmetros da pesquisa, pelo fato do equipamento estudado possuir diferentes tipos de produtos, com diferentes velocidades em cada máquina, sendo necessário controlar a velocidade linear da máquina, durante o estudo, para assim ter projeções de performance mais eficazes. Estes dados de velocidade também divergiam dos dados utilizados pelo PCP para cálculos de capacidade e demanda.

O estudo apresenta poucos motivos de parada que diminuem a disponibilidade do equipamento, desta forma fica muito mais fácil saber qual causa está afetando mais o parâmetro. Também foi evidenciada a necessidade de automatização para coleta dos dados, pois a veracidade dos dados era questionada, principalmente nos turnos da noite e madrugada. Mencionam também, mudanças nos horários dos turnos administrativos, para ter engenheiros e analistas disponíveis em todos os turnos em que a empresa opera.

Para o estudo de FRADE *et al.* (2016) foi feita uma escolha estratégica e eleito um equipamento piloto para coleta dos dados. A coleta foi feita somente no

equipamento piloto e como proposta para futuros trabalhos, ampliar para os demais equipamentos, para assim reduzir as perdas do processo.

Como propostas para trabalhos futuros ficam o fortalecimento da cultura de medição das etapas de processamento que ainda não está difundida na empresa, assim como a implantação de “*Dashboards* de O.E.E” (um tipo de painel ilustrado que mostra o desempenho do equipamento) e outras tecnologias de automação, para facilitar a medição das variáveis. Porém, segundo os autores, seria necessário um estudo da viabilidade econômica do projeto visando retorno na diminuição das perdas.

BELICANTA *et al.* (2006) aplicaram OEE em uma empresa do setor metal mecânico que oferece serviços de usinagem para algumas montadoras multinacionais do setor automobilístico, onde se exige um alto padrão de qualidade em seus produtos e processos.

O indicador foi escolhido como método de monitoramento da produção pelos resultados obtidos em outras empresas, como as grandes montadoras, de quem é fornecedor. Desta forma, devido a amplitude do indicador, poderia mensurar o alto índice de falhas nas máquinas, que tem gerado perdas de produtividade. O índice de eficiência global do equipamento foi escolhido como método de monitoramento da produção pelos resultados obtidos em outras empresas.

Como é o caso das grandes montadoras que possuem o conceito de produção enxuta e que frequentemente adotam a filosofia de Manutenção Produtiva Total, bem como pelas características de produção da empresa, que conta com uma diversidade muito grande de produtos/serviços, tornando difícil uma abordagem do processo por produto (MORAES, 2004).

Uma observação sobre o modelo proposto neste artigo, é que ele não considera paradas para setup como perda de disponibilidade e sim perda de performance operacional. Isto porque, na empresa estudada, o setup é realizado pelo próprio operador e não pela equipe de manutenção.

Porém, o modelo contradiz os ensinamentos da filosofia JIT (*Just in Time*), que defende que todo tempo gasto com setup é considerado perda e deveria ser eliminado OHNO (1997). O questionário utilizado neste estudo utiliza a carga horária total de produção, onde o operador marca os espaços de tempo em que a máquina produziu, assim como marca também as horas em que a máquina não produziu. O estudo também contempla resultados de apenas 1 máquina, identificada como gargalo, o que não reflete a realidade geral do setor.

Os autores alegam ainda dificuldades na orientação dos responsáveis por preencher os formulários de coleta. Sendo assim, é mencionada a viabilidade de um sistema que simplificará o lançamento e automatizará o cálculo do indicador.

As limitações e propostas observadas nos trabalhos supracitados foram analisadas e levadas em consideração para a presente pesquisa, que justifica sua consistência e relevância no âmbito industrial, que serão observadas no capítulo a seguir.

CAPÍTULO 3

ESTUDO DE CASO - ANÁLISE DO DESEMPENHO GLOBAL DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE UMA INDÚSTRIA MADEIREIRA

3.1 - IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

Este estudo foi realizado uma indústria multinacional brasileira presente em mais de 120 países. Esta indústria fica situada no distrito industrial de Icoaraci, região metropolitana de Belém. Foi fundada em 1986, sendo atraída para o estado através de incentivos fiscais ofertados pelo governo, assim como o interesse na proximidade das principais madeireiras que iriam fornecer matéria prima, reduzindo assim custos logísticos.

A fábrica produz móveis e acessórios, além de diversos utensílios domésticos, todos tendo como matéria-prima a madeira. É segregada em 3 principais setores: móveis, cabos de faca/ferramenta e tábuas. Os nomes são sugestivos e indicam o que cada setor produz.

3.2 - MAPEAMENTO DO PROCESSO

O processo de produção dos produtos de madeira é de acordo com o fluxograma descrito na Figura 3.1.

O foco do nosso estudo está no segundo setor da empresa na quarta etapa do processo produtivo, cabos de faca/ferramenta. A escolha deste setor foi definida juntamente com os gestores e coordenadores da empresa, por ser um dos setores que tem sua produção mais facilmente quantificada, além de ser o setor que apresenta maior demanda de serviços. É ele, sozinho, o responsável por 25% do faturamento da empresa, sendo que este faturamento se resume a um baixo *mix* de cabos, de 5 madeiras diferentes, o que facilitaria a coleta dos dados, melhorando a veracidade do resultado.

Devido a essas circunstâncias, o comitê executivo da empresa decidiu priorizar este setor para iniciar os estudos a respeito do indicador, pois eles têm grande interesse em maximizar sua capacidade produtiva.

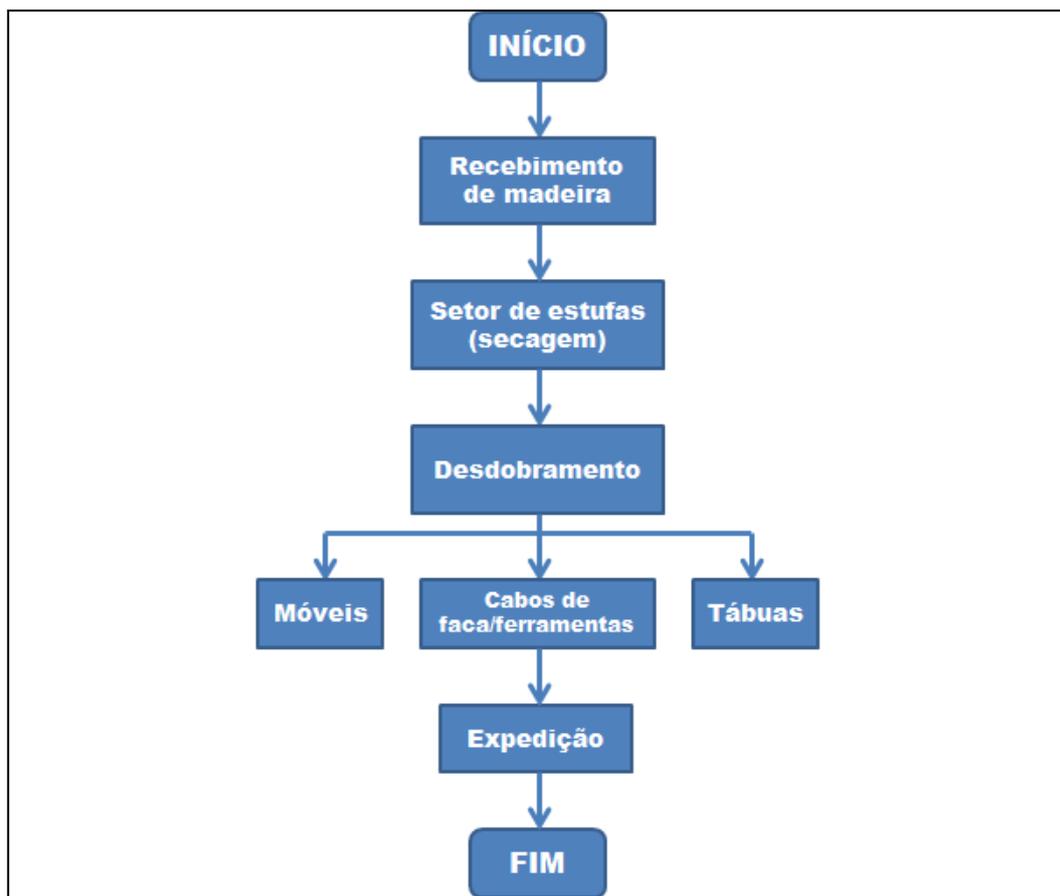


Figura 3.1 - Fluxograma do processo produtivo em estudo.

3.3 - DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS

O estudo teve seu início em abril de 2017, com o conhecimento da empresa em questão, seus processos e particularidades, além de acompanhar os controles que a empresa já possuía para controlar sua produção. Ocorreu também a formatação e programação de planilhas eletrônicas, usando o *software Excel 2012*, que organizaram os dados coletados e calcularam seus coeficientes e o próprio indicador de eficácia global, de cada máquina e o geral do setor. Esta primeira etapa demorou um mês.

Em concomitante, começou a ser feito o levantamento do referencial teórico necessário para a pesquisa e execução do trabalho. Com base nestas informações e no referencial das variáveis que compõe o indicador, deu-se início à coleta dos dados. Sendo este feito diariamente pelo autor.

O trabalho conta também com registros fotográficos que facilitarão o entendimento dos processos e coleta dos dados. Já que se trata de um estudo de caso com coleta de dados, sendo estes escritos, como é o caso de documentos oficiais, ou

não, como fotografias. Podendo vir de fontes públicas, particulares ou estatísticas (LAKATOS e MARCONI, 2002).

Abaixo é descrita a sequência adotada para a realização do trabalho, avaliando os processos da empresa em questão assim como seus setores de programação e manutenção. Depois, elencando as dificuldades com os trabalhos estudados, foi feita uma comparação com o este trabalho, explicando como essas adversidades foram amenizadas ou sanadas.

- a) Conhecer minuciosamente o processo produtivo da empresa, evidenciando como e quando seriam feitas as coletas dos dados que compõe o indicador.
- b) Coletar e tabular estes dados, a fim de calcular cada parâmetro separadamente, e então, posteriormente, o indicador OEE.
- c) Conhecer a rotina do setor de programação, assim como a capacidade de produção da fábrica.
- d) Identificar gargalos, através do cálculo do indicador, e suas causas para assim propor melhorias ou ações para a empresa.
- e) Conhecer o setor de manutenção dos equipamentos da fábrica e posteriormente, propor melhorias com base nos resultados mostrados pelo indicador OEE.

3.4 - DIFICULDADES E LIMITAÇÕES DE TRABALHOS ANTERIORES

Durante a Revisão Bibliográfica, foram encontradas algumas dificuldades informadas pelos autores na execução da pesquisa. As principais são descritas a seguir:

- Dificuldade na limitação dos parâmetros de performance, devido à alta diversidade de produtos com diferentes velocidades nas máquinas;
- Escolha de somente um equipamento para fazer coleta dos dados (equipamento piloto), por não conseguir coletar dados em todas as máquinas do setor.
- Falta de automatização para a coleta dos dados. A maioria era feita de forma manual o que aumenta a margem de erros e diminui a veracidade dos dados.

Estes empecilhos também são realidade no proposto trabalho. Todas as máquinas ativas do setor trabalham com cinco tipos de madeiras diferentes (Ipê, Tauari, Massaranduba, Jatobá e Cumaru). Embora cada espécie de madeira tenha sua particularidade, quando expostas ao esforço das máquinas fresadoras, se comportam de

maneira semelhante. Sendo assim, não importa a espécie da madeira, o tempo padrão para produção de um mesmo cabo permanece igual.

Entretanto, as dimensões dos cabos devem ser rigorosamente respeitadas, com tolerâncias mínimas permitidas pelo controle de qualidade. Desta forma, propõe-se que o tempo padrão seja coletado no momento da produção da peça piloto (o primeiro cabo fresado, após os ajustes de regulagem que o *setup* exige). Desta forma, o tempo padrão de cada cabo estará sempre atualizado e as projeções de produção estarão sempre em conformidade com o plano de produção e as máquinas.

A proposta inicial deste trabalho está em coletar os dados do segundo setor da indústria, porém serão coletados dados em todas as máquinas ativas do setor, e não somente em uma. Isto pode não refletir a eficiência real da indústria, já que ela possui 3 setores, porém mostrará a eficiência de todo o setor 2 (cabos de faca/ferramenta).

A empresa já possui alguns tipos de automatizações para coleta de dados de produção. E após a aplicação do estudo, prevê mais investimentos para melhorar a coleta dos dados e torná-los mais didáticos para todos da empresa. Estes investimentos serão abordados na conclusão do trabalho, após apurar quais parâmetros necessitam de mais atenção.

3.5 - DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS

O primeiro passo incidiu no levantamento das máquinas ativas do setor, totalizando 18 máquinas (Tabela 3.1). Essas máquinas se resumem em fresadoras, que fresam o taco bruto de madeira, já previamente cortado, deixando-o no formato do cabo desejado. Algumas máquinas produzem cabos maiores, outras menores.

Tabela 3.1 - Lista de máquinas ativas no setor.

LISTAS DE MÁQUINAS DO SETOR

Roteiro 1				Roteiro 2						Roteiro 3							
Hempel 1	Hempel 2	Hempel 3	Hempel 4	CNC 1	CNC 2	CNC 3	CNC 4	CNC 5	CNC 6	Centrinho 1	Centrinho 2	Centrinho 3	Centrinho 4	Centrinho 5	Centrinho 6	Centrinho 7	Centrinho 8

3.6 - DISPONIBILIDADE DO EQUIPAMENTO

3.6.1 - Carga horária das máquinas

Como citado anteriormente, esta era a única variável que a empresa não tinha o devido controle, entretanto o supervisor da área, com base nas ordens de produção e prazos de entrega, estipulava diariamente carga horária para as máquinas, determinando quais operadores ficariam alocados em quais máquinas. Para coleta desta variável, foi pensado em algo novo, que facilitasse o entendimento de todos do setor, além de ser alimentada rapidamente.

Com base nisto, foi elaborado, em AutoCAD, um *layout* do setor com todas as suas 18 máquinas, plotado e fixado na parede da sala do supervisor (Figura 3.2), com o objetivo de facilitar sua gestão e controle da carga horária das máquinas. O *layout* contava ainda com um quadro ao lado de cada máquina, onde foi acordado que, diariamente, o supervisor da área escreveria ali a carga horária de cada equipamento. Em seguida esses dados seriam coletados pelo autor, também diariamente.

A sala do supervisor fica bem ao lado do galpão onde funciona o setor cabos de faca/ferramenta. É onde também acontecem as reuniões diárias de programação, para estipular o que será produzido e com que prioridade. Sendo assim, é durante estas reuniões que ele estipula a carga horária das máquinas, além de prever a necessidade de horas extras que também contam no cálculo da disponibilidade do equipamento.

Estas informações de carga horária foram coletadas diariamente, com alimentação das planilhas de cada máquina individualmente.

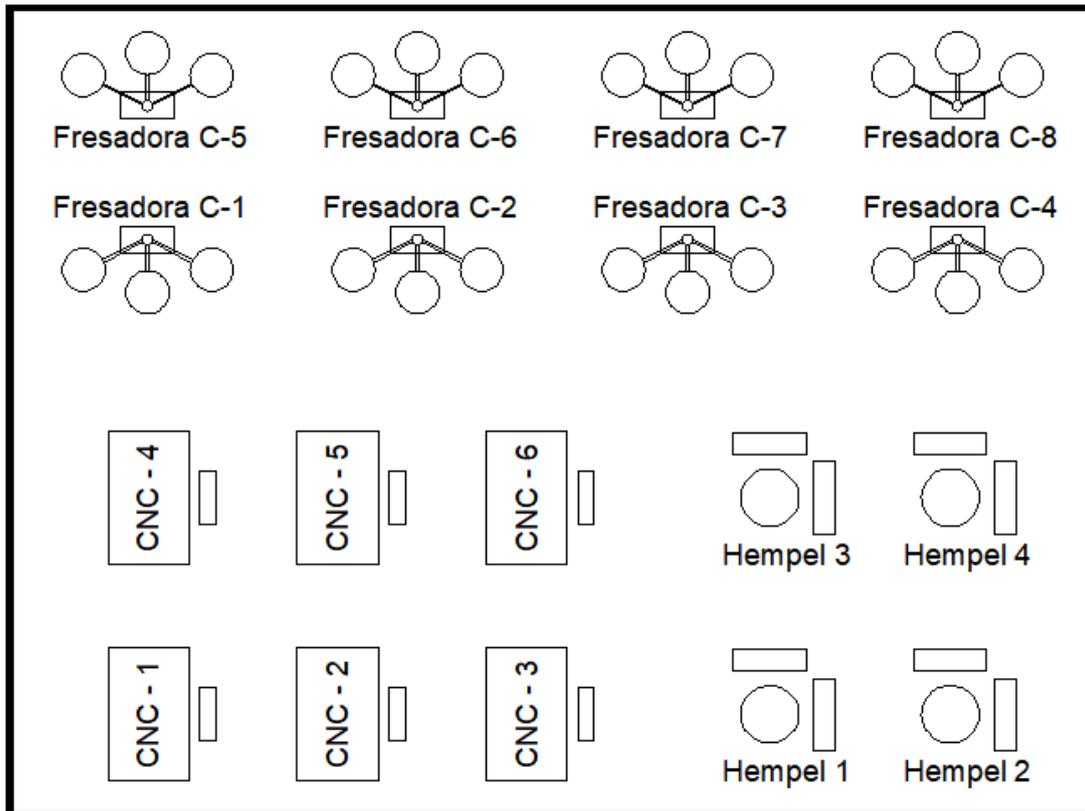


Figura 3.2 - *Layout* do setor cabos de faca para carga horária das máquinas.

3.6.2 - Tempos de parada de máquina não programados

A empresa já dotava de um eficiente controle desta variável. Este consiste em um quadro (Figura 3.3) fixado em cada máquina juntamente com um cronometro, onde no momento em que se der a parada não programada do equipamento, o mesmo é iniciado, e com a volta do funcionamento, parado e zerado. O tempo marcado no cronometro é anotado no quadro de paradas da máquina, no campo do seu respectivo motivo.

O método de apontamento de paradas de máquina e estratificação dos motivos consta em um treinamento de integração que todo operador, ao ser contratado, recebe. Isto assegura que, cada operador, sem exceção, seja ele novato ou veterano na indústria, saiba apontar corretamente as paradas, além de saber diferenciar suas estratificações para possíveis análises minuciosas. Porém para este estudo foi levado em consideração o somatório dos tempos de parada. Já que todas as causas que constam nos quadro das máquinas são tidas como não programadas.

Os motivos adotados pela empresa são listados a seguir, juntamente com a sua definição (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Motivos de paradas não programados e seus conceitos.

Motivo	Conceito
Problema mecânico (quebra):	É quando o equipamento deixa de executar sua função, ficando indisponível para a produção;
Regulagem	É o ajuste do equipamento quando esse começa a produzir itens com as dimensões fora dos limites (tolerâncias);
Troca de ferramenta	Define-se quando há troca de ferramentas, devido seu desgaste com o funcionamento;
Setup	É o conjunto de ajustes necessários no equipamento para trocar de modelo de item a ser produzido;
Problema elétrico	Quando motores e/ou dispositivos elétricos da máquina param de funcionar;
Ar comprimido	Quando baixar a pressão do ar impossibilitando a máquina de funcionar;
Falta de madeira	Quando falta matéria-prima para execução da atividade;
Falta de energia	Quando é interrompido o fornecimento de energia para o funcionamento das máquinas;
Problemas de exaustão	Define-se quando as tubulações deixam de aspirar a serragem;
Fazer limpeza	Quando é realizada a limpeza na máquina antes do final do expediente e/ou durante;
Realocação	O colaborador é realocado por surgir outra atividade de maior prioridade (Obs.: O supervisor do setor deve informar);
Reunião	Quando o colaborador é convocado para alguma reunião (Obs.: O supervisor do setor deve informar);
Outros	Qualquer motivo de parada que não se encaixe em nenhuma das definições anteriores;

Em seguida, esses tempos de parada são coletados pelo supervisor da área, com o auxílio de um coletor (Figura 3.4) que, através da leitura de códigos de barra das máquinas e dos motivos que estão no quadro, inseri *online* os dados no sistema da empresa.

A coleta dos dados é feita sempre no final de cada turno, onde são coletadas as paradas daquele dia. Depois de coletados, os dados são apagados pelo supervisor para confirmar que já constam no sistema.

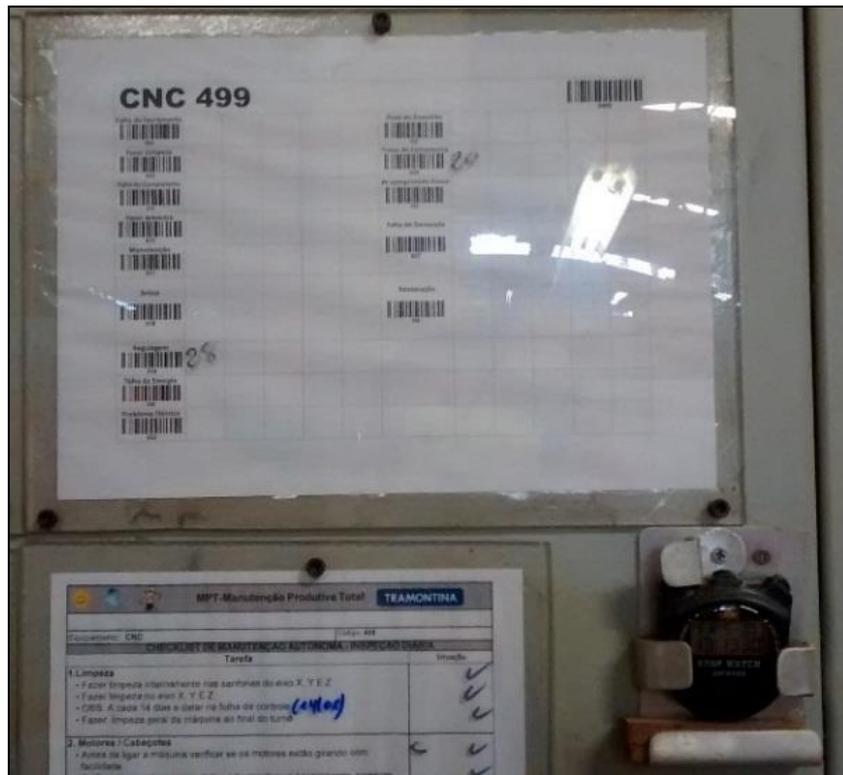


Figura 3.3 - Quadro de apontamento de paradas de máquina junto com cronometro.



Figura 3.4 - Coletor de dados de parada de máquina.

Feito isto, é gerado um relatório (Figura 3.5), com base nos dados inseridos no sistema da empresa através da coleta dos supervisores. Este relatório mostra a quantidade de horas que cada uma, das 18 máquinas do setor, ficou parada naquele dia. Além de desmembrar a quantidade de horas que cada máquina parou por um determinado motivo.

SECAO : 017 - CABOS DE FACAS				
MAQ	DESCRICAO	T.HORAS	VEZ	HR.DIA
0429	FRESADORA CABO FACA/CUTELARIA			
	019 REGULAGEM	0:40	1	0:40
	024 TROCA DE FERRAMENTA	0:25	1	0:25
	005 FAZER LIMPEZA	0:05	1	0:05
	TOTAL MAQ. 0429 ->	1:10	3	1:10
0431	FRESADORA CABO FACA/CUTELARIA			
	019 REGULAGEM	0:39	3	0:39
	005 FAZER LIMPEZA	0:12	2	0:12
	024 TROCA DE FERRAMENTA	0:09	1	0:09
	TOTAL MAQ. 0431 ->	1:00	6	1:00
0433	FRESADORA CABO FACA/CUTELARIA			
	019 REGULAGEM	0:36	3	0:36
	005 FAZER LIMPEZA	0:12	2	0:12
	024 TROCA DE FERRAMENTA	0:06	1	0:06
	TOTAL MAQ. 0433 ->	0:54	6	0:54
0435	FRESADORA CABO FACA/CUTELARIA			
	019 REGULAGEM	0:25	2	0:25
	005 FAZER LIMPEZA	0:12	2	0:12
	024 TROCA DE FERRAMENTA	0:08	1	0:08
	TOTAL MAQ. 0435 ->	0:45	5	0:45
0437	FRESADORA CABO FACA/CUTELARIA			
	028 REALOCAÇÃO	3:00	1	3:00
	019 REGULAGEM	0:37	1	0:37
	005 FAZER LIMPEZA	0:19	3	0:19
	TOTAL MAQ. 0437 ->	3:56	5	3:56
0443	FRESADORA CABO FACA/CUTELARIA			
	017 MANUTENCAO	11:48	2	11:48
	005 FAZER LIMPEZA	0:07	1	0:07
	TOTAL MAQ. 0443 ->	11:55	3	11:55

Figura 3.5 - *Print* do relatório de paradas de máquina gerado pelo sistema da empresa.

3.7 - PERFORMANCE DO EQUIPAMENTO

3.7.1 - Levantamento do tempo padrão de cada operação em seu ciclo ideal

O estudo de tempos é um processo dado por amostragem, sendo assim, quanto maior o número da amostra, maior a confiabilidade do resultado (BARNES, 1977).

Para determinar o número ideal de cronometragens, utilizou-se a equação abaixo que contempla o grau de confiança do resultado e seu erro relativo, além dos dados de uma amostra preliminar.

$$N = \frac{Z^2 R^2}{Er^2 d_x^2} \quad (3.1)$$

Onde:

- N = número ideal de cronometragens;
- Z = grau de confiabilidade adotado (95%);
- R = amplitude da amostra preliminar;
- Er = é o erro relativo (5%);

d_2 = coeficiente em função das cronometragens preliminares;
 \bar{x} = média da amostra preliminar.

A empresa trabalhava com cronometragens de quatro ciclos, independentemente do tipo de cabo ou madeira. Os cálculos mostraram que esta cronometragem de quatro ciclos é um parâmetro seguro e confiável para este estudo.

Os dados dessa amostra preliminar foram coletados com a máquina em seu ciclo ideal. Quanto ao operador, a sua única função, enquanto a máquina está operando, é abastecê-la com a matéria prima, portanto, não foi levado em consideração o fator de ritmo para cálculos de cronometragens.

Foi cronometrado o tempo padrão de produção de cada cabo e em cada máquina, respeitando suas especificações dimensionais. Com base nestes tempos e de acordo com o plano de produção do equipamento para aquele dia, calculamos uma projeção da produção diária do equipamento, multiplicando a quantidade de peças produzidas, durante o tempo padrão, pelo tempo real de operação da máquina, naquele mesmo dia (Apêndice).

Devido às condições insalubres do setor, como poeira e calor excessivo, a empresa trabalha com uma tolerância de 20%. Isso significa que, nos cálculos de performance, a projeção ideal de peças produzidas foi 20% menor.

3.7.2 - Qualidade das peças

3.7.2.1 - Quantidade de peças produzidas e inutilizadas

Esta variável também já possuía controle pela empresa. No final de cada turno, cada operador preenche o chamado “boletim de coleta geral” (figura 3.6). Este boletim contém informações como: a data, referência do cabo que foi produzido, máquina, quantidade de cabos que a máquina fez e também as peças inutilizadas naquele dia (reprovadas pelo controle de qualidade).

BOLETIM DE COLETA GERAL

DATA: / /

FUNCIONÁRIO: _____ REPREG. _____
 OPERAÇÃO: _____
 DIMENSÃO: _____

1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª
REF.	QUANT.	REAP.	INUT.	TACOS	Nº EST.	Nº MÁQ.	ROTEIRO	SIM	RETORNO	INÍCIO / FIM
										/
										/
										/

OBS.: COMO PREENCHER SEU BOLETIM:
 1ª - REFERÊNCIA DO PRODUTO FRESADO
 2ª - QUANTIDADE PRODUZIDA SEM DEFEITO
 3ª - PEÇAS QUE PODEM SER REAPROVEITADAS (JÁ FRESADO)
 4ª - PEÇAS INUTILIZADAS NÃO REAPROVEITADAS (JÁ FRESADO)
 5ª - QUANTIDADE DE TACOS SEPARADO DO ESTALEIRO (ANTES DE FRESAR)

6ª - NÚMERO DA FICHA DO ESTALEIRO
 7ª - NÚMERO DA MÁQUINA
 8ª - ROTEIRO ONDE ORDEM E PRODUÇÃO FOI ABERTA
 9ª - VOCE DEIXOU ESTALEIRO PARCIAL (PELA METADE)
 10ª - Nº DA FILHA QUE RETORNOU AO ESTOQUE OU A ESTUVA
 11ª - HORA INÍCIO E FIM DA PRODUÇÃO

Figura 3.6 - Boletim de coleta geral.

Embora o OEE, descrito por NAKAKIMA (1998) seja visto como medida fundamental, ainda requer adaptações adicionais a fim de atender requisitos de cada organização (ANVARI *et al.*, 2010).

Em linhas gerais, para implementação da metodologia OEE em uma indústria, são descritas as principais etapas a seguir, fazendo uma síntese dos dados necessários para calcular o indicador.

1. Identificação dos equipamentos ativos da indústria.
2. Levantamento de quantas horas esses equipamentos deveriam estar disponíveis para produção.
3. Levantamento de quantas horas eles realmente estão.
4. Levantamento do tempo padrão de cada operação em seu ciclo ideal.
5. Conferir quantidade de peças produzidas.
6. Conferir quantidade de peças inutilizadas.

Seguindo estas seis etapas, temos os dados que servem como base para cálculo do indicador, e implantação da metodologia em qualquer organização.

3.8 - COLETA DOS DADOS

Com a definição das variáveis, foi estipulado métodos para coleta desses dados. As variáveis supracitadas foram coletadas em cada uma das 18 máquinas ativas do setor, e calculadas, individualmente, seu OEE diário. As informações de cada máquina

foram tabuladas e somadas em planilhas eletrônicas e, através de uma média aritmética, calculamos o OEE geral diário e posteriormente o mensal geral do setor.

O OEE médio geral foi calculado de acordo com as fórmulas listadas nas Equações (3.2) - (3.5).

$$Disponibilidade\ M = \sum_{n=1}^{18} = \frac{Disp}{18} \quad (3.2)$$

$$Performance\ M = \sum_{n=1}^{18} = \frac{Perf}{18} \quad (3.3)$$

$$Qualidade\ M \sum_{n=1}^{18} = \frac{Qual}{18} \quad (3.4)$$

$$OEEM \sum_{n=1}^{18} = \frac{Disp \times Perf \times Qual}{18} \quad (3.5)$$

3.9 - TABULAÇÃO DOS DADOS

Todos os dados descritos acima eram coletados diariamente e inseridos em suas respectivas planilhas pelo autor. As planilhas, foram previamente programadas para calcularem os coeficientes de disponibilidade, performance e qualidade, assim como a eficácia global do equipamento. Além de campos que indicavam o dia e os dados que deveriam ali ser inseridos.

Como dito anteriormente, cada uma das 18 máquinas do setor possui sua planilha que calcula seu OEE diário. Somando-se as 18 máquinas e calculando a média aritmética temos o OEE geral diário do setor. E, somando OEE geral de cada dia, em todos os dias úteis do mês, e também calculando sua média, temos o OEE geral mensal.

Esses cálculos de somatórios e médias foram feitos através de vínculos entre as planilhas, que ao serem alimentadas diariamente, iam calculando seus coeficientes automaticamente.

Os dados eram expressos graficamente, levando em consideração os de maior e menor incidência, chamado gráfico de Pareto. Desta forma, os itens de maior relevância

tem maior evidência, facilitando a gestão visual e a tomada de decisão quanto ao problema.

Os problemas mais relevantes eram analisados, fazendo o chamado tratamento de falhas, que identifica a causa raiz do problema e a bloqueia através de um plano de ação, com o objetivo de evitar sua reincidência.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, na Tabela 4.1, uma amostra de resultados coletados em uma máquina, nos primeiros dias do estudo. Posteriormente, os resultados analíticos dos meses de junho, julho e agosto, para algumas análises mais minuciosas (Tabela 4.2).

Tabela 4.1 - Amostra de dados Centrinho 1.

OEE CABOS DE FACA - ROTEIRO 3										
CENTRINHO 1										
DIA	Tempo de carga	Tempo de parada	Tempo de operação	Disp.	Produção ideal	Produção real	Perf.	Inut.	Qual.	OEE
01/06/2018	19,80	1,23	18,57	93,8%	12720	7667	60,3%	289	96,2%	54,4%
02/06/2018	18,00	1,57	16,43	91,3%	11731	6801	58,0%	263	96,1%	50,9%
05/06/2018	17,00	1,28	15,72	92,5%	11271	7603	67,5%	274	96,4%	60,1%
06/06/2018	17,00	0,76	16,24	95,5%	11352	7254	63,9%	364	95,0%	58,0%
07/06/2018	17,00	9,80	7,20	42,4%	4954	3152	63,6%	151	95,2%	25,7%

Tabela 4.2 - Dados analíticos, por máquina, do mês de Junho.

	Máquinas	Tempo de carga	Tempo de parada	Tempo de operação	Disp.	Produção ideal	Produção real	Perf.	Inut.	Qual.	OEE
Roteiro 1	Hempel 1	386	46	340	88%	235229	126066	54%	3672	97%	46%
	Hempel 2	386	42	344	89%	237759	132500	56%	3725	97%	48%
	Hempel 3	386	38	348	90%	240565	136123	57%	4086	97%	49%
	Hempel 4	390	44	346	89%	239293	126464	53%	4019	97%	45%
Roteiro 2	CNC 1	402	60	342	85%	98381	46740	48%	1628	97%	39%
	CNC 2	410	58	352	86%	202752	91393	45%	3123	97%	37%
	CNC 3	400	63	337	84%	97056	41719	43%	1543	96%	35%
	CNC 4	412	65	347	84%	199809	87941	44%	3193	96%	36%
	CNC 5	400	72	328	82%	94464	41253	44%	1590	96%	34%
	CNC 6	410	67	343	84%	197568	89589	45%	2877	97%	37%
Roteiro 3	Centrinho 1	388	42	346	89%	242152	154862	64%	5923	96%	55%
	Centrinho 2	389	41	348	89%	240538	148821	62%	5117	97%	53%

Centrinho 3	390	43	347	89%	239846	153499	64%	5801	96%	55%
Centrinho 4	390	41	349	89%	241229	158785	66%	5546	97%	57%
Centrinho 5	390	38	352	90%	243026	161355	66%	5583	97%	58%
Centrinho 6	392	44	348	89%	240538	162985	68%	5855	96%	58%
Centrinho 7	390	50	340	87%	234960	157815	67%	7080	96%	56%
Centrinho 8	392	46	346	88%	239183	162368	68%	5553	97%	58%
TOTAL	7103	900	6203	87%	3764347	2180278	58%	75914	97%	49%

Este percentual demonstra o quanto do planejado realmente foi utilizado para uma produção eficiente; neste caso, no mês de junho temos quase 50% de perda (OEE = 49%).

Através do cálculo do indicador de eficiência global, identificamos vários gargalos ou falhas no processo produtivo da empresa, o que resultou num OEE próximo dos 50%, muito abaixo do considerado ideal (*Benchmarking*). Na figura 4.1, temos os resultados do OEE geral do setor, durante os três meses em que os dados foram coletados.

4.1 - INDICADOR OEE

Através do produto dos três parâmetros que compõem o indicador (disponibilidade, performance e qualidade), obtemos o resultado do indicador de eficiência global dos equipamentos (OEE), expressados na Figura 4.1.

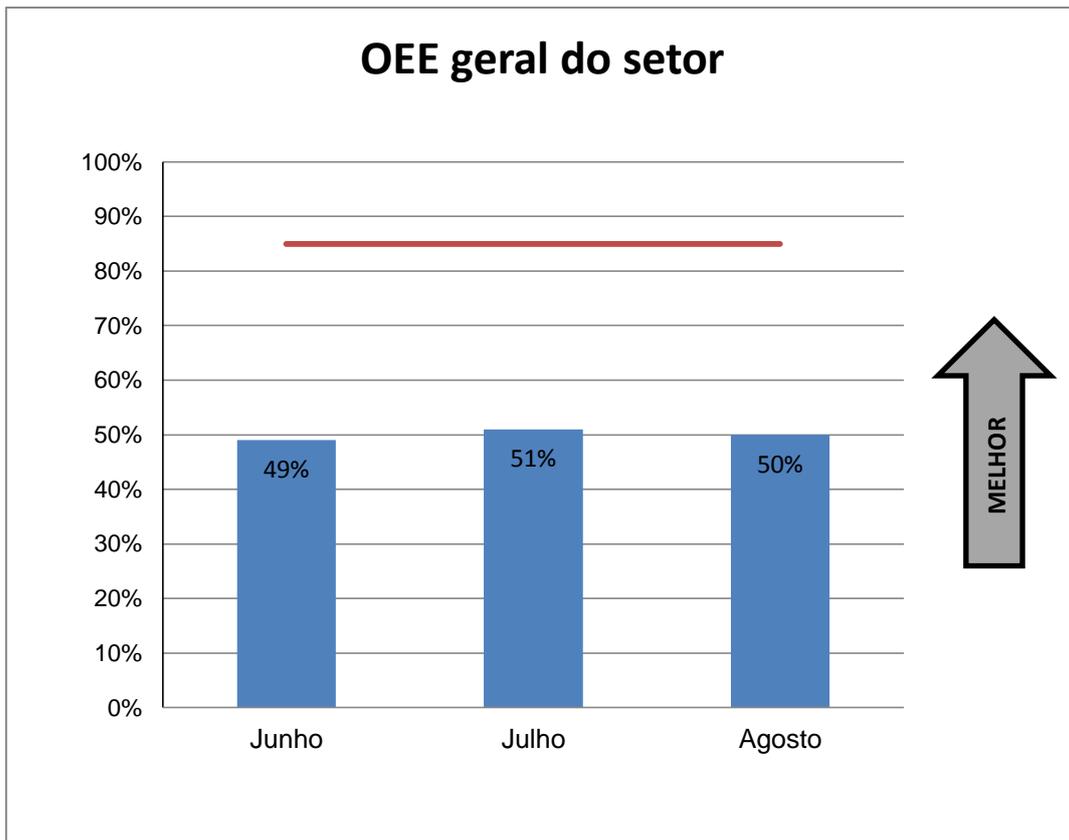


Figura 4.1 - Gráfico do indicador de eficiência global OEE, nos meses de junho, julho e agosto.

O gráfico demonstra quanto da produção realizada, foi aproveitada, de fato. Neste caso, para os 3 roteiros, temos um OEE médio de 46%.

Podemos afirmar que menos da metade (50%) da produção realizada foi considerada eficaz. O restante, são perdas em disponibilidade, performance do equipamento e qualidade, que foram mensuradas separadas, para análises mais eficazes.

Em linhas gerais, a empresa gasta recursos para produzir 100 peças, mas apenas 46 são aprovadas e chegam ao consumidor final. Índice preocupante, porém já esperado.

NAKAJIMA (1989) explica que este resultado demonstra quanto do percentual planejado realmente foi utilizado para uma produção eficiente, neste exemplo temos em média 50% de perda. Sendo fácil identificar em qual parâmetro há um potencial de melhoria ou qual deles está prejudicando o indicador.

Para análises mais minuciosas, os equipamentos do setor foram segregados por roteiro, contemplando três roteiros. Foram segregadas de acordo com seu modelo o que levará a análises de produtividade sobre cada tipo de equipamento.

Foram utilizados como meta, um índice conhecido como *World Class OEE*. Oriundo do termo *World Class Manufacturing – WCM*, definido por PADDOCK (1993) como aquele usado para descrever os melhores fabricantes do mundo.

Segundo YAMASHINA (2009), WCM é o nível de excelência do ciclo logístico/produtivo, levando em conta as metodologias utilizadas e o desempenho das melhores organizações mundiais.

No website leanproduction.com, da empresa Vorne Industries Inc, temos as classificações dos percentuais de OEE utilizados como benchmarking pelos padrões industriais.

- OEE de 100%: representa uma produção perfeita onde apenas bons produtos são produzidos, o mais rápido possível e sem paradas.
- OEE de 85%: é considerado o *world class* e muitas vezes objetivado pelas empresas.
- OEE de 60%: é bastante típico, mas indica que há bastante espaço para melhorias.
- OEE de 40%: não é bastante incomum para empresas que estão começando a controlar e melhorar o seu desempenho produtivo. É uma pontuação baixa e que pode ser melhorada através de medidas simples.

Os dados coletados mostram certa estabilidade em todos os meses, porém os dados do mês de junho foram destrinchados para algumas análises mais minuciosas. Analisamos a disponibilidade, performance e qualidade isoladamente e segregamos os dados por roteiro de máquinas, como mostrado na tabela 3.4, para sugerir melhorias em todos os quesitos.

A segregação dos dados por roteiro é importante, pois cada roteiro produz determinados tipos de cabos. Assim podemos identificar, em nível de produtos, quais são mais problemáticos para a empresa e sugerir melhorias em seus processos.

Também foram feitas entrevistas com alguns operadores do setor para nortear nossas análises e conclusões.

4.1.1 - Análise do parâmetro de disponibilidade

O percentual do parâmetro de disponibilidade dos equipamentos, por roteiro, é mostrado no gráfico a seguir (Figura 4.2).

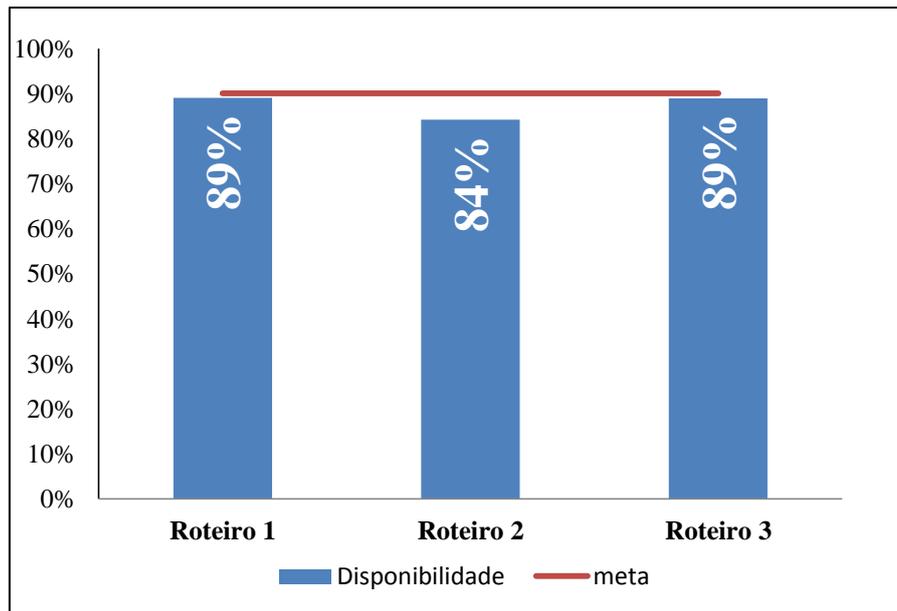


Figura 4.2 - Gráfico do parâmetro de disponibilidade dos equipamentos, por roteiro, nos meses de junho, julho e agosto.

Há uma expressiva diferença na disponibilidade dos equipamentos dos roteiros 1 e 3 para o roteiro 2, que tem uma disponibilidade média de 84%. O roteiro 2, segunda a tabela 1 no capítulo “Estudo de caso” possui 6 máquinas. Essas máquinas (que são CNC’S) são diferentes das demais (Hempel e Centrinho) pois elas são responsáveis em produzir cabos de dimensões maiores, como facas para churrasco, cortar temperos, legumes ou para ferramentas de maior porte.

Segundo alguns operadores que trabalham em máquinas do roteiro, os lotes ali produzidos são pequenos, o que geraria muitas paradas para *Setup*, diminuindo assim a disponibilidade do equipamento.

Os demais roteiros (1 e 3) tem uma produção predominantemente contínua. As paradas de setup, nesses roteiros, ocorrem com menos frequência, quando há mudança de madeira no qual será produzido o cabo. Como as dimensões dos cabos geralmente não mudam, os setups costumam ser mais rápidos.

Outro aspecto levantado por eles também é que, como os cabos produzidos nessas máquinas são maiores, a quantidade de madeira utilizada é maior.

A madeira chega na empresa bruta, e é desdobrada em vários pequenos tacos. Esses tacos abastecem as máquinas fresadoras que formam os cabos desejados (Figuras 4.3, 4.4 e 4.5). Logo, as máquinas que fresam os cabos maiores acabam gerando mais serragem do que as máquinas que fresam cabos menores, acarretando em mais paradas de máquina para fazer limpeza e retirar este acúmulo de serragem.

A informação passada pelos operadores é que as máquinas do roteiro costumam parar para fazer limpeza em média, 4 ou 5 vezes ao dia, paradas de 5 minutos, em média, cada. Enquanto nas demais máquinas dos outros roteiros, que produzem cabos menores, param em média 2 vezes ao dia, também com 5 minutos, em média, cada.



Figura 4.3 - Amostra de um tipo de cabo com seu respectivo taco, produzido nas máquinas do roteiro 1.

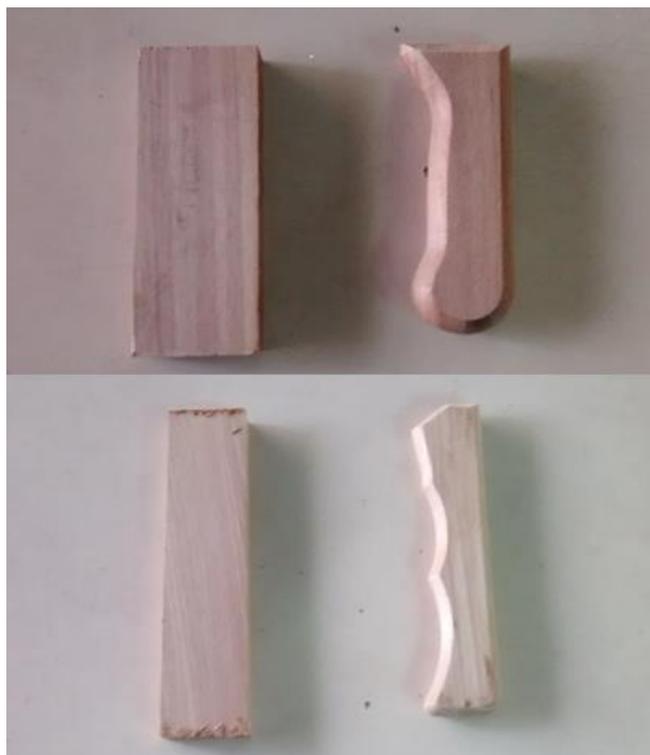


Figura 4.4 - Amostra de dois tipos de cabos com seus respectivos tacos produzidos nas máquinas do roteiro 2.



Figura 4.5 - Amostra de um tipo de cabo com seu respectivo taco, produzido nas máquinas do roteiro 3.

Além da diferença dimensional visual dos cabos produzidos em cada roteiro, o que já tornaria plausível a maior frequência de paradas para limpeza nas máquinas do roteiro 2, foi feito um levantamento dos tempos de parada para setup e limpeza, no mês de junho, em todas as máquinas do setor e segregados por roteiro (Tabelas 4.3, 4.4 e 4.5).

Tabela 4.3 - Paradas para *setup* e limpeza, nos meses de junho, julho e agosto, nas máquinas do roteiro 1.

	Máquinas	Paradas setup	Tempo médio	Tempo total (setup)	Paradas limpeza	Tempo médio	Tempo total (limpeza)
Roteiro 1	Hempel 1	15	00:12:00	03:00:00	44	00:05:00	03:40:00
	Hempel 2	17	00:12:00	03:24:00	49	00:05:00	04:05:00
	Hempel 3	18	00:12:00	03:36:00	53	00:05:00	04:25:00
	Hempel 4	18	00:12:00	03:36:00	45	00:05:00	03:45:00
	TOTAL	68	00:12:00	13:36:00	191	00:05:00	15:55:00

Tabela 4.4 - Paradas para setup e limpeza, nos meses de junho, julho e agosto, nas máquinas do roteiro 2.

	Máquinas	Paradas Setup	Tempo médio	Tempo total (setup)	Paradas limpeza	Tempo médio	Tempo total (limpeza)
Roteiro 2	CNC 1	37	00:20:00	12:20:00	88	00:05:00	07:20:00
	CNC 2	32	00:20:00	10:40:00	90	00:05:00	07:30:00
	CNC 3	34	00:20:00	11:20:00	95	00:05:00	07:55:00
	CNC 4	34	00:20:00	11:20:00	89	00:05:00	07:25:00
	CNC 5	35	00:20:00	11:40:00	89	00:05:00	07:25:00
	CNC 6	33	00:20:00	11:00:00	97	00:05:00	08:05:00
	TOTAL	205	00:20:00	68:20:00	548	00:05:00	45:40:00

Tabela 4.5 - Paradas para *setup* e limpeza, nos meses de junho, julho e agosto, nas máquinas do roteiro 3.

	Máquinas	Paradas setup	Tempo médio	Tempo total (setup)	Paradas limpeza	Tempo médio	Tempo total (limpeza)
Roteiro 3	Centrinho 1	18	00:14:00	04:12:00	44	00:05:00	03:40:00
	Centrinho 2	19	00:14:00	04:26:00	52	00:05:00	04:20:00
	Centrinho 3	18	00:14:00	04:12:00	51	00:05:00	04:15:00
	Centrinho 4	18	00:14:00	04:12:00	48	00:05:00	04:00:00
	Centrinho 5	15	00:14:00	03:30:00	47	00:05:00	03:55:00
	Centrinho 6	17	00:14:00	03:58:00	45	00:05:00	03:45:00
	Centrinho 7	20	00:14:00	04:40:00	46	00:05:00	03:50:00
	Centrinho 8	17	00:14:00	03:58:00	48	00:05:00	04:00:00
	TOTAL	142	00:14:00	33:18:00	381	00:05:00	31:45:00

Os dados são bem claros quanto á quantidade de setups e limpeza. Há uma diferença expressiva do roteiro 2 para os demais roteiros. Além de ter mais paradas para setup, o tempo médio de setup é maior.

Foi feito um comparativo desses tempos e as informações constam nas tabelas a seguir (Tabela 4.6 e 4.7).

Tabela 4.6 - comparativo dos tempos de setup e limpeza, nos meses de junho, julho e agosto, das máquinas do roteiro 2 com o roteiro 1.

	Roteiro 1	Roteiro 2	Diferença (%)
Setup	68	205	201%
Limpeza	191	548	287%

Tabela 4.7 - comparativo dos tempos de setup e limpeza, nos meses de junho, julho e agosto, das máquinas do roteiro 2 com o roteiro 3.

	Roteiro 3	Roteiro 2	Diferença (%)
Setup	142	205	44%
Limpeza	381	548	144%

Os dados comparativos entre os roteiros 1 e 2 mostram que o roteiro 2 teve 201% setups a mais que o roteiro 1, assim como 287% a mais de paradas para fazer limpeza.

As diferenças continuam sendo evidenciadas nos dados comparativos do roteiro 3 e 2, que mostram que o roteiro 2 teve 44% de setups a mais que o roteiro 3, assim como 144% a mais de paradas para fazer limpeza.

Podemos afirmar, então, que as informações fornecidas pelos operadores são verídicas, sendo necessário ações em cima das máquinas do setor 2 para diminuir a quantidade de paradas para setup e limpeza, além de tentar reduzir o tempo médio de setup nessas máquinas, aumentando assim sua disponibilidade.

Comparando resultados, para SOUSA *et al.* (2016), temos uma baixa disponibilidade na máquina escolhida como piloto, para o estudo. O resultado é expresso na Figura 4.6, a seguir.

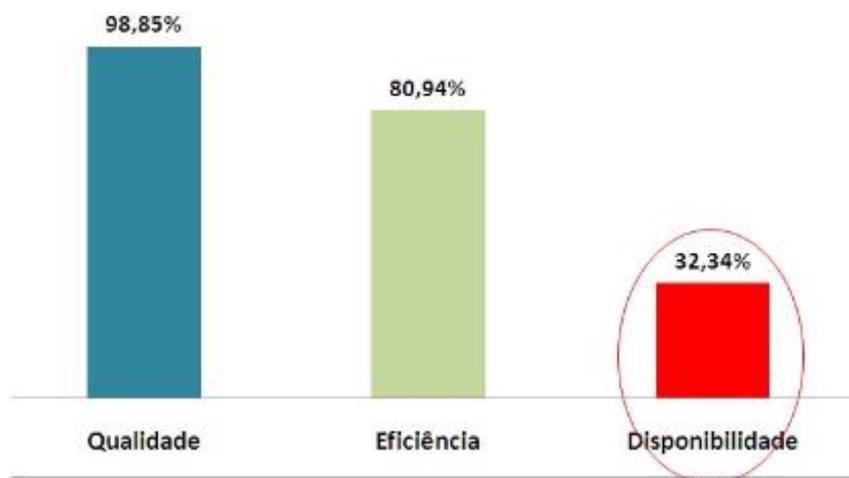


Figura 4.6 - Pilares do OEE da máquina M05.
 Fonte: SOUSA *et al.* (2016).

A expressiva baixa do parâmetro de disponibilidade está relacionada as paradas de máquina não programadas. Foram analisados os motivos de parada mais recorrentes. O resultado é expresso na Figura 4.7, abaixo:

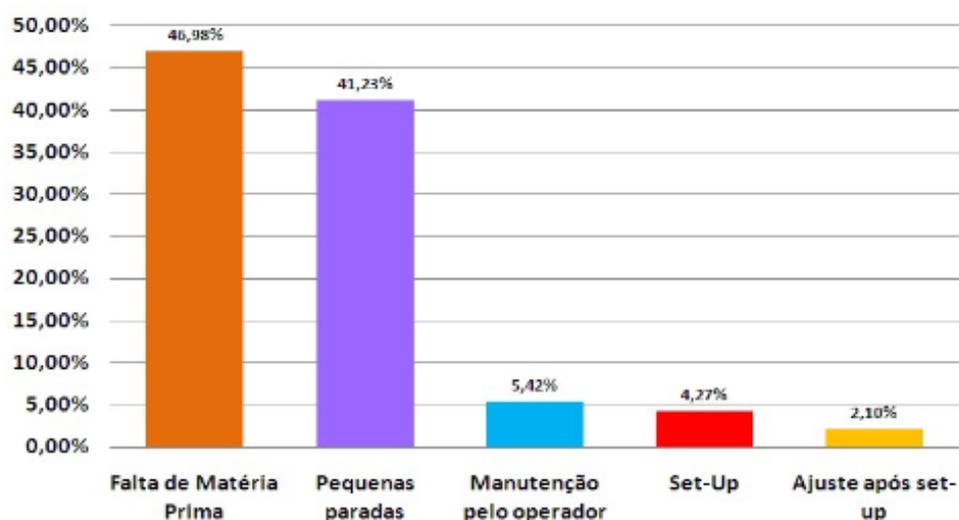


Figura 4.7 - Motivos de parada da máquina M05.
 Fonte: SOUSA *et al.* (2016).

Para o estudo de SOUSA *et al.* (2016) o motivo que mais impactou no parâmetro de disponibilidade do equipamento foi a falta de matéria prima.

Apesar de este motivo estar disponível para apontamento no estudo em questão, ele é apenas o 6º colocado no índice de motivos mais recorrentes na empresa. A fábrica

já teve problemas com o abastecimento há alguns anos, mas atualmente esse problema já foi solucionado, deixando este motivo pouco relevante.

Concluindo, dessa forma, apesar do método e aplicação do indicador serem os mesmos nos dois estudos, os resultados de uma empresa são completamente diferentes, já que cada organização expressará sua realidade e especificidade.

4.1.2 - Análise do parâmetro de performance

O percentual do parâmetro de performance dos equipamentos, por roteiro, é expressado no gráfico a seguir (Figura 4.8).

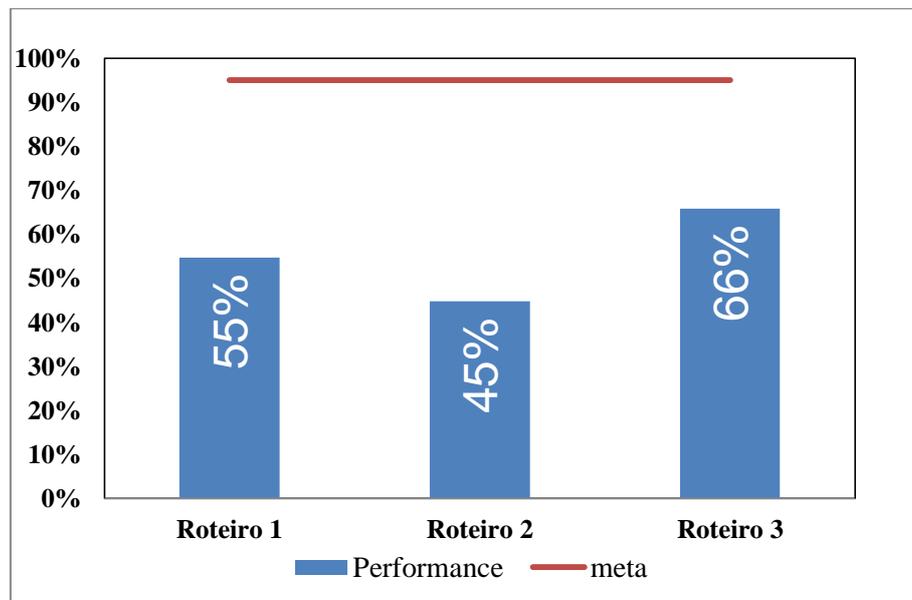


Figura 4.8 - Gráfico do parâmetro de performance dos equipamentos, por roteiro, nos meses de junho, julho e agosto.

Podemos observar que o parâmetro de performance é baixo em todos os roteiros do setor, porém é notável uma menor performance no roteiro 2.

Analisando de forma geral a performance do setor, é especulável que ela seja baixa pois os apontamentos de paradas de máquina são feitos pelos próprios operadores, o que nos deixa receosos quanto a confiabilidade dos dados. Segundo operadores do setor, alguns operadores não costumam apontar todas as paradas que a máquina realmente tem, desprezando algumas pequenas paradas que ele julgar não importante.

O fato é que, com base na carga horária, nos tempos de paradas e tempos padrões de operação, é feita uma projeção da produção de cada máquina. Sendo assim,

com a máquina tendo mais paradas do que realmente foi apontado, a projeção de produção deveria ser menor, se aproximando mais do real produzido, elevando assim o parâmetro de performance.

Conclui-se então que há baixa confiabilidade dos apontamentos de paradas por displicência de alguns operadores, que não apontam todas as paradas que a máquina realmente teve.

Como proposta de solução, a empresa providenciou a compra de 2 horímetros (aparelho temporizador) que foram instalados em 2 máquinas do setor. A função deste aparelho é contabilizar os tempos que a máquina fica parada, através de uma conexão do aparelho com o engate da máquina que fresa os cabos.

No final do dia, o tempo marcado no horímetro é comparado com o tempo apontado pelo operador. É feita a verificação da acuracidade dos apontamentos (Figura 4.9), sendo estabelecida uma tolerância de 10% para mais ou para menos. Em casos em que se ultrapassa esta tolerância, medidas são tomadas pelos supervisores, o que varia de uma conversa até sanções disciplinares caso seja um operador reincidente.

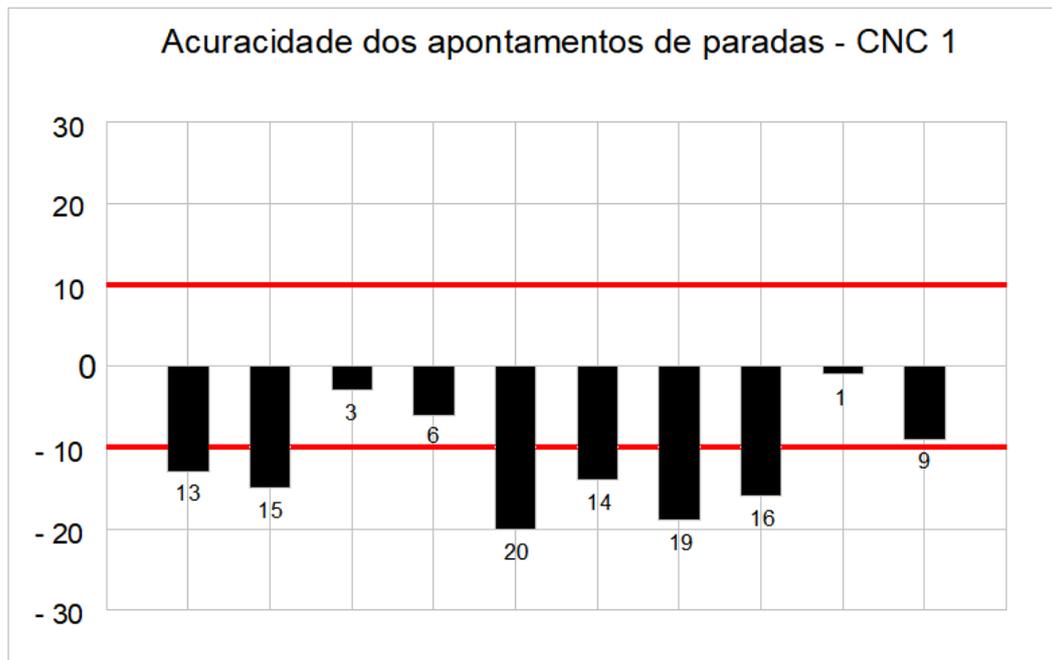


Figura 4.9 - Verificação da acuracidade dos apontamentos de parada.

Os aparelhos estão em esquema de rodízio no setor, migrando quinzenalmente de uma máquina para outra com o objetivo de mudar o comportamento dos operadores quanto à ferramenta.

Outro ponto levantado durante o estudo está no âmbito de saúde dos operadores. Dados fornecidos pelo setor de saúde e segurança no trabalho apontam alto ruído no setor, assim como calor excessivo.

A informação repassada pelo setor de Saúde e segurança no trabalho, é que dentro do galpão, os ruídos chegam a 95 dB e a temperatura se aproxima dos 50° C, principalmente em horários próximos do horário do almoço, que é quando costuma ser mais elevada a temperatura na cidade.

A empresa fornece EPI'S para seus colaboradores. Todos usam protetor tipo concha, que atenua cerca de 21 dB o ruído escutado dentro do galpão, porem pouco se pode fazer quanto a temperatura.

Levando em consideração os dados informados pelo setor de saúde e segurança no trabalho, como ruídos e temperatura, podemos justificar uma baixa performance na fábrica, devido aos casos de fadiga.

Analisando agora o parâmetro de performance segregados por roteiro, concluímos que a performance das máquinas do roteiro 2 costuma ser menor.

Esta baixa performance das máquinas do roteiro 2 pode ter sua causa no sistema de abastecimento das máquinas. Como dito anteriormente, as máquinas do roteiro 2 produzem cabos maiores que as demais máquinas, e por isso, tem seu sistema de abastecimento diferenciado.

As máquinas do roteiro 2 são maiores e mais altas, e seus depósitos de abastecimento de tacos ficam na sua parte superior (Figura 4.10) Assim sendo, para abastecê-la, o operador precisa subir uma pequena escada para depositar os tacos. Ressaltando ainda, que, os depósitos de tacos nas máquinas do roteiro 2 comportam menos tacos que nas demais máquinas (Figura 4.11). Concluindo, além de ser mais trabalhoso abastecer estas máquinas, a frequência com que isto é feito também vai ser maior.

Somando isto aos problemas de ruído e temperatura elevados, podemos justificar uma baixa performance nas máquinas deste roteiro.



Figura 4.10 - Forma de abastecimento nas máquinas do roteiro 2.



Figura 4.11 - Forma de abastecimento nas máquinas dos roteiros 1 e 3.

No estudo de Raposo (2011) temos uma alta performance dos equipamentos, com um resultado em torno de 91% para este indicador, como expressado a seguir (Figura 4.12).

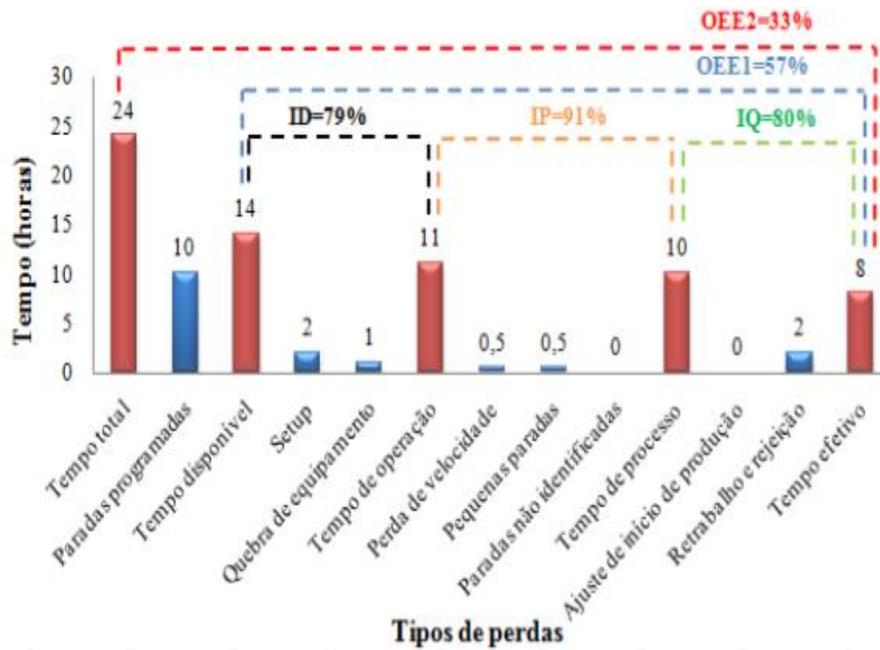


Figura 4.12 - Informações dos resultados do indicador OEE.
 Fonte: RAPOSO (2011).

Com um método de controle de paradas já estabelecido e sendo seguido, verifica-se, neste caso, que os apontamentos de parada estão sendo feitos corretamente pelos operadores, sem deixar brechas no tempo de produção, o que diminui o percentual de performance, como mostrado neste estudo.

Com a implantação do aparelho temporizador e a mudança comportamental na área de produção, espera-se maior confiabilidade no apontamento desses dados o que alavancaria o percentual de performance.

4.1.3 - Análise do parâmetro de qualidade

O percentual do parâmetro de qualidade dos equipamentos, por roteiro, é expresso no gráfico a seguir (Figura 4.13).

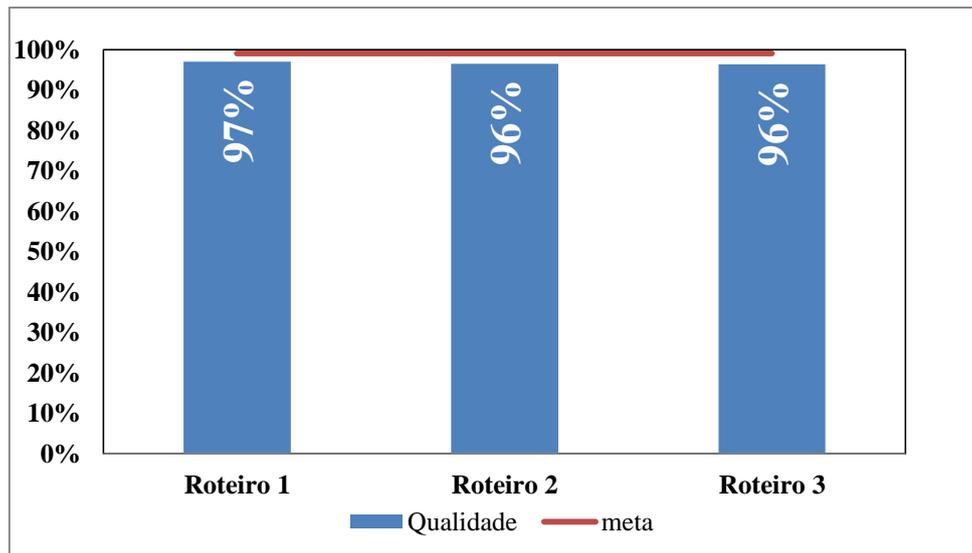


Figura 4.13 - Gráfico do parâmetro de qualidade dos equipamentos (por roteiro) nos meses de junho, julho e agosto.

O parâmetro de qualidade, dos três parâmetros, é o que possui melhor resultado. Também se conclui que este parâmetro é, em média, o mesmo, indiferente do roteiro.

Porém, analisando-se os dados brutos, na tabela 4.2, temos mais de 75.000 cabos inutilizados no setor somente no mês de junho. Informações repassadas pelo setor de custos, afirmam que isto trará um prejuízo, em média, de R\$25.000,00, o que é um valor expressivo.

Boa parte dos cabos inutilizados na empresa é por baixa qualidade da matéria prima. A empresa compra madeira “verde”, ou seja, as toras recém-cortadas e úmidas. E trabalha com um setor de secagem (estufas), onde essas toras ficam depositadas por semanas para secagem.

As toras chegam à empresa com umidade média de 25 a 30%. Porém o ideal para o processo é uma umidade de no máximo 10%, que é o limite estabelecido pelo setor de qualidade da empresa.

Após algumas semanas de secagem da madeira, a madeira sai da estufa, e através de coletas de dados de umidade, feitas por amostragem, com um equipamento chamado “medidor resistível da umidade da madeira” (Figura 4.14) ela é aprovada ou reprovada. Se reprovada volta para mais algum tempo no interior da estufa.



Figura 4.14 - Medidor resistível de umidade da madeira.

A alegação neste caso é que, para cumprir prazos estabelecidos de produção, as estufas trabalham em níveis elevados, fazendo uma secagem acelerada, mais forte do que a resistência da madeira, fazendo com que apareçam trincas quando o taco é fresado (Figura 4.15).



Figura 4.15 - Cabos inutilizados por conta de trincas no processo.

Outro aspecto levantado também é que, nem sempre a madeira chega ao processo produtivo com uma umidade menor que 10%. Tacos produzidos com alta

umidade também são descartados pelo setor de qualidade, devido à contração, que causa uma instabilidade dimensional da madeira, ficando fora dos padrões estabelecidos.

Todos os cabos inutilizados, assim como toda a serragem produzida nas máquinas, não são totalmente desprezados. A empresa possui um setor de geração de energia (figura 4.16) que tritura toda a madeira inutilizada e a queima em uma caldeira. Esta queima gera um vapor superaquecido, cerca de 350° C, que entra em contato com as turbinas do gerador, gerando parte da energia que abastece a fábrica.

Os inutilizados são coletados no final do dia, sendo descartados na área da geração. Já a serragem produzida nas máquinas é absorvida através de um exaustor (Figura 4.17), que leva esta serragem por tubulações até o setor de geração, onde o mesmo é reaproveitado juntamente com os inutilizados.

O agravamento das questões ambientais contribuiu pra alavancar muitas críticas ao ramo industrial, principalmente no setor madeireiro, isto como consequência do modelo de desenvolvimento definido, não tratando como prioridade assuntos relacionados ao meio ambiente.

Soluções como a de utilizar os inutilizados para gerar energia limpa pra abastecer parte da fábrica não visam minimizar a geração destes inutilizados, o que seria o ideal para o processo. Portanto, devem-se levar em consideração os números e aspectos aqui levantados para melhorar o processo de secagem de madeira, causa raiz do problema nas trincas no processo.



Figura 4.16 - Setor de geração de energia, através de vapor, da fábrica.



Figura 4.17 - Tubo de exaustão de serragem.

Para o estudo de SOUZA e CARTAXO (2016), temos uma qualidade média de 95%. Porém, segundo a meta estabelecida no estudo, está abaixo do considerado ideal, que seria 99% (Figura 4.18).

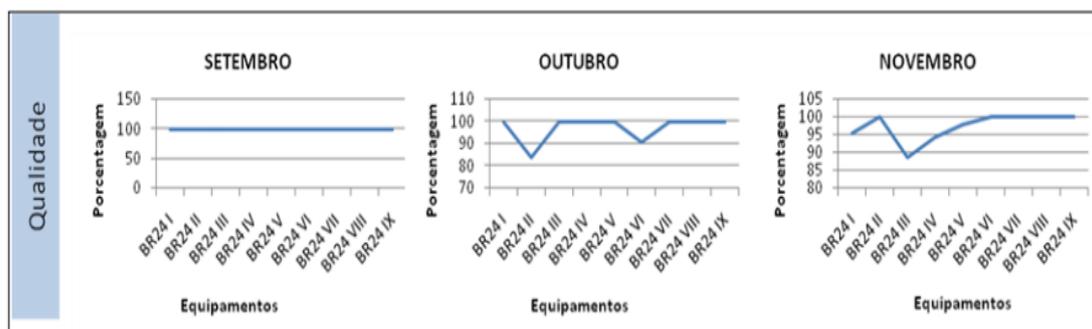


Figura 4.18 - Resultados para o parâmetro de qualidade.

Fonte: SOUZA e CARTAXO (2016).

O estudo trata de uma indústria fornecedora de cabos umbilicais e teve foco de melhoria nos processos de qualidade para melhorar este parâmetro.

Soluções como disponibilizar equipamentos para manutenção preventiva, evitando quebras e falhas no processo, assim como inserir analistas e engenheiros no terceiro turno para melhorar o processo nesse período.

Essas soluções não se encaixam dentre as soluções para o estudo presente, porém norteiam ideias de como alavancar o resultado.

4.2 - SÍNTESE DOS RESULTADOS E COMPARAÇÕES COM OUTROS AUTORES

Propõe-se aqui, uma tabela, sintetizando todos os resultados obtidos no presente estudo, e os resultados que serviram como comparação. Os resultados que estão abaixo do esperado seguem de justificativas, assim como a identificação das causas para este problema (Figura 4.19).

	Estudo	Coleta	Resultado	Motivo	Causa
Disponibilidade	Silva (2019)	Todas as máquinas do setor	87,33%	Muitas paradas para setup e limpeza	Alto mix de produção e acúmulo de serragem nas máquinas
	Sousa et al. (2016)	Máquina piloto (gargalo)	32,34%	Falta de matéria-prima	Falha no abastecimento da fábrica
Performance	Silva (2019)	Todas as máquinas do setor	55,33%	Falha nos apontamentos de parada de máquina	Falta de comprometimento com a ferramenta por parte de alguns operadores
	Raposo (2011)	Máquina piloto (gargalo)	91%	Resultado satisfatório	-
Qualidade	Silva (2019)	Todas as máquinas do setor	96,33%	Cabos inutilizados por trincas no processo	Pressa no processo de secagem
	Souza e Cataxo (2016)	Grupo de máquinas (etapa do processo)	95%	Alto número de peças não conformes	Rompimento na linha de trança (enforcamento)

Figura 4.19 - Síntese dos resultados obtidos/comparados.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As conclusões da pesquisa permitem confirmar alguns pressupostos abordados na fundamentação teórica, destacando:

- A adoção de um sistema avaliativo de desempenho que possibilita à empresa o conhecimento da “fábrica oculta” que existe dentro de si.
- A importância da utilização de indicadores de aspectos não financeiros para avaliar o desempenho mensal da empresa.

Com um OEE médio de 50% no setor, há muitas oportunidades de melhoria para a empresa em questão. Porém, analisando os dados segregados por roteiros de máquinas, observamos uma menor eficiência global nas máquinas do roteiro 2, seguidas do roteiro 1 e por último as do roteiro 3.

Segundo o índice *World Class OEE*, a empresa se enquadraria na classificação abaixo:

- OEE de 40%: não é bastante incomum para empresas que estão começando a controlar e melhorar o seu desempenho produtivo. É uma pontuação baixa e que pode ser melhorada através de medidas simples.

Esperava-se um resultado baixo, como este, já que a coleta e implantação do indicador foram feitas pela primeira vez na indústria. Sendo assim, melhorias simples no processo produtivo, como citadas no capítulo anterior, já podem alavancar o resultado do indicador.

Como mostrado no capítulo 3 – estudo de caso, item 3.5 – definição das variáveis que vão compor o indicador, as variáveis foram atentamente escolhidas, para dar suporte ao trabalho e conseguir identificar problemas em qualquer etapa do processo que fosse.

A metodologia de cálculo, assim como a definição das variáveis e rotina de coleta dos dados foi passada em treinamento para todos os operadores, supervisores e coordenador do setor, com o objetivo de conseguir implementar a filosofia do indicador, e não mais uma tarefa do dia.

Foi explicitado os objetivos do trabalho e o que a indústria poderia economizar, com as perdas no processo sendo reduzidas, e mostrando como esses números poderiam influenciar no programa de incentivos da empresa.

Os dados foram coletados, segregando as análises por roteiros de máquinas, que levam em consideração modelo e capacidade produzida. Isso foi feito com o objetivo de analisar as máquinas semelhantes, de forma separada, já que o setor contava com máquinas de três modelos diferentes.

Foram identificados problemas no processo, que estavam fora do alcance do setor, o que deixa claro a amplitude global do indicador, objetivo geral do trabalho.

Com os equipamentos segregados por roteiro, achamos problemas no acúmulo de serragem nos equipamentos, o que fazia determinados equipamentos pararem mais para a limpeza, o que acarretava uma menor disponibilidade do equipamento.

Concluiu-se também que há baixa confiabilidade dos apontamentos de paradas por displicência de alguns operadores que não apontam todas as paradas que a máquina realmente teve. Como ação, tivemos a compra de 2 horímetros (aparelho temporizador), que ligado ao cabo de alimentação da máquina, conta o tempo exato que a máquina ficou parada e em funcionamento. Esse tempo era confrontado com os apontamentos do operador, para verificar a acuracidade dos dados apontados, como mostra na figura 4.7, do capítulo 4.

Os equipamentos ficam em esquema de rodízio no setor, migrando de máquina a cada duas semanas, no intuito de mudar a atitude dos operadores com a ferramenta.

Também foi eleito o facilitador da ferramenta, que disseminava as estratificações de causas de parada, assim como a importância da ferramenta para o setor.

A importância do operador no chão de fábrica, não somente nesta, como em outras atividades de manutenção, já que ele conhece melhor as particularidades e problemas do equipamento, auxiliando e facilitando o trabalho da equipe de manutenção (OSAMA, 2010).

Foram identificadas também, trincas nos tacos oriundos de uma má secagem da madeira. Este trabalho não abrange a solução do problema, mas a direção executiva comemorou a descoberta da causa de um problema antigo da empresa, e sua solução já está sendo estudada pelo setor responsável.

A principal conclusão deste trabalho é que o indicador OEE mostrou ser uma poderosa ferramenta para identificar quais sintomas impedem o sistema produtivo de alcançar melhores resultados, tratando-os assim como prioridade nas ações de melhorias.

Como proposta, evidenciamos algumas oportunidades de melhoria nas futuras pesquisas.

- Mudar o foco do indicador, como ferramenta, para como filosofia, o que garantiria que os dados seriam lançados e coletados diariamente, sempre, tornando-o parte do auxílio a tomada de decisão da empresa.
- Tratando de madeira e desperdícios, quantificar a serragem que foi desperdiçada na fresagem dos cabos. Isso traria noções de quanto é dispersado diariamente, em matéria-prima, durante o processo produtivo.
- Identificar problemas na secagem da madeira, para evitar agregar valor ao produto que será desperdiçado em etapas futuras na cadeia produtiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARAZ, J. **Factores relacionados com el éxito del mantenimiento productivo total.** Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, Colombia, n. 60, v.1, pp. 129-140, 2011.

ANVARI, F., EDWARDS, R., STARR, A. **Evaluation of overall equipment effectiveness based on Market.** In: Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2010.

BAMBER, C. J., CASTKA, P, SHARP, J.M., MOTARA, Y. **Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE).** In: Journal Of Quality in Maintenance Engineering, 2003.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho.** 6. Ed. São Paulo: Edgard Blüchen, 1977.

BELINCANTA, F. P., MARCONATO, J. F., LUZ, M. L. S. **Implantação do índice OEE para monitoramento e melhoramento da produção: um estudo de caso em uma indústria mecânica.** In: Simpósio de engenharia de produção, 13, Bauru, 2006.

BIEHL, N. C., SELLITO, M. A. **TPM e Manutenção autônoma: estudo de casa em uma empresa da indústria metal-mecânica.** Revista produção online, Florianópolis, 2015.

BOER, H., GERTSEN, F. **The continuous improvement to continuous innovation: a retro perspective.** International Journal Technology Management, v. 26, n. 8, pp. 805-827, 2003.

BRIGOLINI, H. C., BARBOSA, I. S. M., SA, D. A. P., FRANCISCO, D. B., POLICARPO, R. V. S. **Indicador de desempenho OEE – Overall Equipment Effectiveness: uma análise bibliométrica de 2010 a 2011.** In: Encontro nacional de engenharia de produção, 36, João Pessoa, 2016.

CORRÊA, HENRIQUE L, CORRÊA, CARLOS A. **Administração de produções e operações.** São Paulo: Atlas, 2004.

FRADE, M. C., NUNAN, C., MORAIS, M. M., JUNIOR, J. J. C., RODRIGUES, B. **Implementação do indicador OEE (eficiência global dos equipamentos) para**

medição da eficiência produtiva de uma indústria cervejeira. In: Encontro nacional de engenharia de produção, 36, João Pessoa, 2016.

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

KARDEC, A. **Gestão estratégica e indicadores de desempenho.** Rio de Janeiro: Quality mar, 2002.

LAKATOS, E., MARCONI, M. **Técnicas de pesquisa.** 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MARTINS, P. G., LAUGENI, F. P. **Administração da produção.** São Paulo: Editora Saraiva, 2005.

MANCHINI, VERIDIANA. **Estudo de caso: uso de indicadores de desempenho de processos na gestão da produção de cultivares de algodão.** Revista produção online, Florianópolis, 2011.

MARANHÃO, MAURITI, MACIEIRA, MARIA ELSA B. **O processo nosso de cada dia: modelagem de processos de trabalho.** 1. Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

MENEZES, E. M. SILVA, E. L. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 4. Ed. Florianópolis: Laboratório de ensino à distância da UFSC, 2005.

MOELMANN, A. H., ALBUQUERQUE, A. S., CONTADOR, J. L., MARINS, F. A. S. **Aplicação da teoria das restrições e do indicador de eficiência global do equipamento para melhoria de produtividade em uma linha de fabricação.** Revista gestão industrial, Paraná, 2006.

MORAES, P. H. A. **Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística.** 2004. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Universidade de Taubaté, Taubaté.

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

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Editora Bookman, 1997.p. 149.

OSAMA, T. R. A. **Total productive maintenance review and overall equipment effectiveness measurement.** In: Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, 2010.

PEREIRA, M. J. **Engenharia de manutenção: teoria e prática.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna LTDA, 2009

PINTELON, L., MUCHIRI, P. **Performance measurement using overall equipment effectiveness (oee): literatur review & practical application discussion.** In: International Journal of Production Research, 2010.

PINTO, A. K., XAVIER, J. A. N. **Manutenção: função estratégica.** 3. Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

RAPOSO, CRISTIANE F. C. **Overall equipment effectiveness: Aplicação em uma empresa do setor de bebidas do pólo industrial de Manaus.** Revista Produção Online, Florianópolis, 2011.

SANTOS, A. C. O., SANTOS, M. J. **Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura: um estudo de caso.** In: Encontro nacional de engenharia de produção, 27, Foz do Iguaçu. 2017.

SERRA, N. R. C. **Utilização do OEE – Overall equipment effectiveness – na análise do desempenho dos processos de melhoria contínua na produção de condutores elétricos.** 2009. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade do Estado do Pará, Belém, Pará.

SOUZA, M. C. M, CARTAXO, G. A. A. **Aplicação do indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness) em uma indústria fornecedor de cabos umbilicais.** In: Encontro nacional de engenharia de produção, 36, João Pessoa, 2016.

SOUSA, T., CORRER, I., FRANCISCATO, L. S., FRANCISCATO, R. S., FRANCISCHETTI, C. E. **Implementação do indicador de eficiência global de equipamentos (OEE) para identificar o impacto da disponibilidade das máquinas em linhas de produção.** Revista Latino-americana de inovação e engenharia de produção, 2016.

TAKAHASHI, Y, OSADA, T. **TPM/MPT – Manutenção produtiva total.** São Paulo: IMAM, 1993.

TAVARES, L. **Excelência na manutenção**. Salvador: Casa da Qualidade, 1996.

TONDATO, R. **Manutenção produtiva total: estudo de caso na indústria gráfica**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004..

VIANA, H. R. G. **PCM – Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

APÊNDICE A

AMOSTRA DE CRONOMETRAGENS, PARA DEFINIÇÃO DE TEMPO PADRÃO DE OPERAÇÃO E PRODUÇÃO IDEAL, FEITAS NA MÁQUINA CENTRINHO 1.

Tabela A.1

TEMPO PADRÃO CENTRINHO 1						
DATA	AMOSTRA	TIPO PEÇA	QUANTIDADE	TEMPO		
01/06/2018	1	123521079	15	00:01:02		
01/06/2018	2	123521079	15	00:01:03		
01/06/2018	3	123521079	15	00:01:05		
01/06/2018	4	123521079	15	00:01:02	18:00:00	
			Tempo padrão	00:01:03	QUANTIDADE IDEAL (h)	685
02/06/2018	1	123521079	15	00:01:01		
02/06/2018	2	123521079	15	00:00:59		
02/06/2018	3	123521079	15	00:01:00		
02/06/2018	4	123521079	15	00:01:02		
			Tempo padrão	00:01:00	QUANTIDADE IDEAL (h)	714
03/06/2018	1	123521079	15	00:00:58		
03/06/2018	2	123521079	15	00:01:00		
03/06/2018	3	123521079	15	00:01:03		
03/06/2018	4	123521079	15	00:01:00		
			Tempo padrão	00:01:00	QUANTIDADE IDEAL (h)	717
04/06/2018	1	123521079	15	00:01:02		
04/06/2018	2	123521079	15	00:01:03		
04/06/2018	3	123521079	15	00:01:01		
04/06/2018	4	123521079	15	00:01:01		
			Tempo padrão	00:01:02	QUANTIDADE IDEAL (h)	699
05/06/2018	1	12352079	15	00:01:01		
05/06/2018	2	12352079	15	00:01:04		
05/06/2018	3	12352079	15	00:01:03		
05/06/2018	4	12352079	15	00:01:03		
			Tempo padrão	00:01:03	QUANTIDADE IDEAL (h)	688