



PROJETO DE GRADUAÇÃO

**Aplicação do Indicador OEE: Um estudo de caso
em impressoras 3D**

Por,
Julia Gomes de Paula Machado

Brasília, 20 de maio de 2021.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PROJETO DE GRADUAÇÃO

Aplicação do Indicador OEE: Um estudo de caso em impressoras 3D

Por,

Julia Gomes de Paula Machado

Relatório submetido como requisito parcial para
obtenção do grau de Engenharia de Produção

Banca Examinadora

Profa. Dra. Viviane Vasconcellos Ferreira Grubisic, UnB/EPR (Orientadora)

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Profa. Dra. Andrea Cristina dos Santos, UnB/EPR (Examinadora)

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Eng. Alexandre Crepory Abbot de Oliveira, UnB (Examinador)

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Brasília-DF, 20 de maio de 2021.

*'Ela é tão livre que um dia será presa. "Presa por
quê?" "Por excesso de liberdade".*

Clarice Lispector (1920-1977)

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente aos meus pais Ernani e Diane, pelo apoio e amor incondicional, por terem me proporcionado desde sempre uma boa educação e comemorarem comigo todas as minhas conquistas acadêmicas e profissionais. Ao meu irmão Túlio, quem eu admiro imensamente e teve um papel fundamental na construção da pessoa que eu me tornei. Sem vocês nada disso teria sido possível.

Aos amigos que fiz durante o curso e principalmente aos “Produmigos”, vocês tornaram essa experiência divertida e mais leve, sou muito feliz de ter dividido esses seis anos tão marcantes com vocês. Obrigada pelo apoio em todos os projetos que participamos juntos e por todas as risadas que compartilhamos.

À professora Viviane Grubisic, com quem trabalhei desde o início da faculdade, muito obrigada pelos ensinamentos e companheirismo na elaboração deste projeto e durante toda essa caminhada!

À Universidade de Brasília e ao Departamento de Engenharia de Produção, por proporcionarem um ensino de qualidade e as condições necessárias para a formação dos alunos de Engenharia de Produção.

Agradeço a todas a todas as iniciativas, projetos e empresas que tive a oportunidade de participar durante a faculdade e que contribuíram, de alguma forma, com a minha formação acadêmica e profissional.

Por fim e não menos importante, agradeço à Assessoria de Assuntos Internacionais da UnB por possibilitar que eu vivenciasse a experiência de intercâmbio que contribuiu imensamente para a minha formação acadêmica e pessoal.

Muito obrigada!

RESUMO

O atual cenário mundial de pandemia iniciado em março de 2020, causado pelo novo Coronavírus, aumentou a demanda de Equipamentos de Proteção Individual (EPI). Diante disto, a Universidade de Brasília iniciou um projeto, que consiste na produção emergencial e temporária de protetores faciais a fim de doação para hospitais e centros de saúde. O objetivo geral deste trabalho consiste em aplicar o indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) em impressoras 3D. Para alcançar o objetivo do trabalho, utilizou-se uma abordagem quantitativa de natureza aplicada e exploratória para a elaboração do estudo de caso. A fim de embasar o estudo de caso, foi elaborada uma revisão bibliográfica sobre o Sistema Toyota de Produção, manutenção e Manutenção Produtiva Total. Para o cálculo e análise do OEE uma planilha eletrônica foi utilizada. Como resultado, identificou-se que das 33 impressoras analisadas, 10 apresentam o valor do indicador OEE dentro do valor referência recomendado pela literatura e as demais 23 impressoras encontram-se fora do valor referência, portanto, melhorias podem ser adotadas para elevar o indicador dessas impressoras.

Palavras-chave: *Overall Equipment Effectiveness*, Impressora 3D, Estabilidade de Máquinas, Sistema Toyota de Produção, Protetores Faciais.

ABSTRACT

The current global pandemic scenario started in March 2020, caused by the new Coronavirus, has increased the demand for Personal Protective Equipment. Therefore, the Brasília University initiated a project, which consists of the temporary and emergency production of face shields in order to donate to hospitals and health centers. The main objective of this study is to apply the Overall Equipment Effectiveness (OEE) indicator to 3D printers that were used to carry out the project. To achieve the objective of this study, a quantitative approach of an applied and exploratory nature was used to do the case study. In order to support the case study, a bibliographic review on the Toyota Production System, maintenance and Total Productive Maintenance was elaborated. For the calculation and analysis of the OEE an electronic spreadsheet was used. As a result, it was identified that of the 33 printers analyzed, 10 present the value of the OEE indicator within the reference value recommended by the literature and the remaining 23 printers are outside the reference value, therefore, improvements can be adopted to raise the indicator of these printers.

Keywords: Overall Equipment Effectiveness, 3D Printers, Machine Stability, Toyota Production System, Face Shields.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Casa do Sistema Toyota de Produção..... | 20 |
| Figura 2 – Cálculo da Eficácia Geral do Equipamento. | 27 |
| Figura 3 – Característica do ciclo de vida e contramedidas para falhas..... | 31 |
| Figura 4 – Classificação da pesquisa..... | 35 |
| Figura 5 – Protetor Facial..... | 37 |
| Figura 6 – Apoio de Testa..... | 38 |
| Figura 7 – Etapas do processo de produção do protetor facial..... | 38 |
| Figura 8 – Aba Atuações na Planilha de Impressão..... | 39 |
| Figura 9 – Aba S1 – Produção na Planilha de Impressão..... | 40 |
| Figura 10 – Impressora 3D..... | 41 |
| Figura 11 – Planilha de Cálculo..... | 42 |
| Figura 12 – Cálculo do indicador de disponibilidade..... | 45 |
| Figura 13 – Cálculo do indicador de desempenho..... | 47 |
| Figura 14 – Cálculo do indicador de qualidade..... | 48 |
| Figura 15 – Cálculo do indicador OEE..... | 49 |
| Figura 16 – As cinco contramedidas para eliminar falhas..... | 54 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Resumo da evolução da manutenção..... | 16 |
| Quadro 2 – Quadro de capacidade do processo. | 23 |
| Quadro 3 – Classificação das perdas. | 29 |
| Quadro 4 – Legenda do Gráfico 1. | 52 |
| Quadro 5 – Medidas de melhorias para o OEE..... | 53 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Marca das impressoras..... | 42 |
| Tabela 2 – Correspondência número e marca..... | 44 |
| Tabela 3 – Análise de disponibilidade por marcas..... | 46 |
| Tabela 4 – Tempo para manutenção corretiva..... | 46 |
| Tabela 5 – Análise de desempenho por marcas..... | 48 |
| Tabela 6 – Análise de qualidade por marcas..... | 49 |
| Tabela 7 – Análise do OEE por marcas..... | 50 |
| Tabela 8 – Quantidade de impressoras fora do percentual ideal..... | 50 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 – Diagrama de Pareto dos modos de falha | 51 |
|---|----|

LISTA DE SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

EPI – Equipamento de Proteção Individual

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*

FTA – *Failure Tree Analysis*

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

JIT – *Just in Time*

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia e Informações

OEE – *Overall Equipment Effectiveness* (Eficácia Geral do Equipamento)

PDCA – *Plan, Do, Check, Act* (Planejar, fazer, Checar e agir)

PETG – Polietileno Tereftalato de Etileno Glicol

STP – Sistema Toyota de Produção

TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)

UnB – Universidade de Brasília

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 | OBJETIVOS | 13 |
| 1.1.1 | Objetivo Geral | 13 |
| 1.1.2 | Objetivos Específicos | 13 |
| 1.2 | ESTRUTURA DO TRABALHO | 14 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 15 |
| 2.1 | MANUTENÇÃO | 15 |
| 2.1.1 | Evolução da Manutenção | 15 |
| 2.1.2 | Tipos de Manutenção | 17 |
| 2.2 | SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO | 18 |
| 2.3 | ESTABILIDADE | 20 |
| 2.3.1 | Estabilidade de Mão de Obra | 21 |
| 2.3.2 | Estabilidade de Material | 22 |
| 2.3.3 | Estabilidade de Método | 22 |
| 2.3.4 | Estabilidade de Máquina | 22 |
| 3 | METODOLOGIA | 33 |
| 3.1 | CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA | 33 |
| 3.2 | ESTRUTURA DA PESQUISA | 35 |
| 4 | ESTUDO DE CASO | 37 |
| 4.1 | O PROTETOR FACIAL | 37 |
| 4.2 | COLETA DE DADOS | 39 |
| 4.3 | ANÁLISE DOS DADOS | 42 |
| 4.4 | SUGESTÃO DE MELHORIAS | 52 |
| 5 | CONCLUSÕES | 56 |
| 6 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 57 |
| | APENDICE I | 59 |

1 INTRODUÇÃO

O Sistema Toyota de Produção (STP) surgiu em um cenário pós Segunda Guerra Mundial com o objetivo de eliminação de desperdícios, uma vez que as demandas de mercado exigiam a produção de pequenas quantidades de diversas variabilidades de produtos. Entretanto, o STP não é apenas um sistema de produção, é também um sistema gerencial adaptado à era de mercados globais e sistemas computadorizados de informações de alto nível (OHNO, 1997).

A base do STP se encontra na estabilidade de mão de obra, material, método e máquina, sendo definida como a capacidade de produzir resultados consistentes ao longo do tempo (LIKER; MEIER, 2006).

A estabilidade de máquinas busca a realização de manutenções periódicas, a fim de prevenir falhas antes que ocorram. Segundo Nakajima (1988) a realização de reparos nos equipamentos de forma preventiva gera menos custos do que esperar a completa falha deles.

Neste contexto, encontra-se a *Total Productive Maintenance* (TPM), um programa que visa o aumento da disponibilidade das máquinas por meio da identificação, análise e correção de perdas na produção relacionadas ao componente máquina, a fim de garantir a estabilidade de máquinas (SMALLEY, 2006).

A estabilidade de máquinas, foco deste trabalho, se refere a disponibilidade das máquinas no momento em que é solicitada. De acordo com Bamber et al. (2003), o indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), em português: Eficácia Geral do Equipamento, é utilizado como métrica para avaliar o desempenho de cada máquina, uma vez que se concentra em questões de disponibilidade, desempenho e qualidade.

O OEE é um sistema de detecção de perdas que teve origem na TPM, parte integrante do STP, sendo um indicador “tri-dimensional” composto pelos três fatores que originam as perdas na produção relacionadas com os equipamentos. Esses fatores são: (i) disponibilidade, (ii) desempenho e (iii) qualidade (SILVA, 2013).

A boa gestão da estabilidade de máquinas pode reduzir as seis grandes perdas elencadas por Nakajima (1988): (i) perdas por falhas no equipamento, (ii) *setup* e ajustes, (iii) tempo ocioso e pequenas paradas, (iv) redução na velocidade, (v) defeitos no processo e (vi) perda de rendimento, fatores que geram altos custos para a produção.

Com foco na aplicação da gestão de estabilidade de máquinas, realizou-se um estudo de caso utilizando como objeto de pesquisa impressoras 3D.

O atual cenário mundial de pandemia, iniciado em março de 2020, causado pelo novo Coronavírus trouxe a necessidade da utilização constante EPIs para a população, em específico para os profissionais da saúde que estão trabalhando na linha de frente de atendimento. Diante do aumento na procura por EPIs, observou-se a escassez dos *face shields*, em português, protetores faciais no mercado.

Além disso, um estudo de simulação realizado por Lindsley et al. (2014), utilizou um aerossol carregado com o vírus da Influenza e identificou que a utilização dos protetores faciais reduz a exposição inalatória do usuário em 96% no período imediatamente após o episódio de tosse. O que evidencia a importância da utilização deste EPI para reduzir a probabilidade de contato com o vírus.

O presente trabalho busca apresentar um estudo de caso visando a análise de indicadores de estabilidade de máquinas para auxiliar na gestão e eliminação das perdas durante a produção dos protetores faciais pelas impressoras 3D.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o indicador OEE para a gestão da estabilidade de máquinas em impressoras 3D.

1.1.2 Objetivos Específicos

A fim de alcançar o objetivo geral, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar as principais contribuições da literatura acerca do Sistema Toyota de Produção;
- Realizar uma revisão bibliográfica sobre a manutenção e, principalmente, sobre Manutenção Produtiva Total (MPT), com foco na estabilidade de máquinas;
- Coletar dados para o cálculo do OEE de impressoras 3D, por meio de um estudo de caso;
- Analisar os dados coletados em termos das perdas segundo a TPM;
- Propor sugestões de melhorias com base nos resultados da análise do OEE das impressoras 3D.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos: introdução, referencial teórico, metodologia, estudo de caso e considerações finais.

No Capítulo 1 é apresentada a introdução do tema junto aos objetivos gerais e específicos do trabalho.

O Capítulo 2 traz o referencial teórico que servirá de base teórica para a realização do estudo de caso. Neste capítulo são descritos conceitos sobre Manutenção, Sistema Toyota de Produção, Estabilidade e sobre o indicador OEE.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada para a realização do trabalho.

Por sua vez, o Capítulo 4 apresenta o estudo de caso, os resultados obtidos e as sugestões de melhorias.

Por fim, o Capítulo 5 apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo tem como objetivo explicar os principais conceitos referentes a manutenção e ao Sistema Toyota de Produção (STP), com foco no indicador OEE, a fim de construir a base teórica necessária para o desenvolvimento do estudo de caso.

2.1 MANUTENÇÃO

2.1.1 Evolução da Manutenção

Para Kardek e Nascif (2019), a evolução da manutenção pode ser dividida em seis gerações que serão descritas a seguir.

A primeira geração abrange o período antes da Segunda Guerra Mundial, quando a indústria era pouco mecanizada e os equipamentos eram simples. Apenas os serviços de limpeza e lubrificação eram sistematizados e os reparos sempre ocorriam após a quebra da máquina, ou seja, a manutenção era fundamentalmente corretiva não planejada (KARDEK; NASCIF, 2019).

A segunda geração ocorreu entre os anos 50 e 70 do século passado, cenário em que a demanda por produtos aumentou ao mesmo tempo que o contingente de mão de obra industrial diminuiu sensivelmente. Como consequência, o naquele período houve forte aumento na mecanização e surgiu a ideia de que as falhas nos equipamentos deveriam ser evitadas. Surge o conceito de manutenção preventiva na década de 1960 que consistia em intervenções nos equipamentos feitas a intervalos fixos (KARDEK; NASCIF, 2019).

A terceira geração inicia-se na década de 70 quando se acelerou o processo de mudança nas indústrias. Houve crescimento da automação e da mecanização e o conceito de confiabilidade começou a ser cada vez mais aplicado pela Engenharia de Manutenção. Nesta geração, reforçam-se os conceitos e utilização da manutenção preditiva (KARDEK; NASCIF, 2019).

Por sua vez, na quarta geração a disponibilidade é uma das medidas de desempenho mais importantes da manutenção e a confiabilidade dos equipamentos é um fator de constante busca pela manutenção. Com o objetivo de intervir cada vez menos na planta, as práticas de manutenção preditiva e monitoramento de condições de equipamentos e do processo são cada vez mais utilizadas. Nesta geração há o início da visão do Custo do Ciclo de Vida da instalação (KARDEK; NASCIF, 2019).

Na quinta geração, as práticas adotadas na quarta geração são mantidas, há o aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição *on-line* e *off-line*. Há a consolidação

da necessidade da boa prática gerencial e da contratação por resultados, além disso, há o foco em engenharia de manutenção (KARDEK; NASCIF, 2019).

Por fim, a sexta geração se passa em um cenário de Indústria 4.0 criada na Alemanha em 2010. Na Indústria 4.0, com as novas tecnologias que surgem no período, é possível aprimorar o monitoramento e controle das máquinas e sistemas por meio de sensores avançados, sistemas de coletas de dados, sistemas de armazenamento e transferência de dados e algoritmos que em conjunto terão capacidade de prever a ocorrência de falhas (KARDEK; NASCIF, 2019).

Segundo Kardek e Nascif (2019), esse conjunto de tecnologias surgidas na sexta geração tem o nome de Manutenção Prescritiva que se baseia na análise prescritiva que além de prever, também pode oferecer alternativas de solução. O elemento que permite a prescrição é o aprendizado de máquinas (*machine learning*) que é o conjunto de técnicas que extraem conhecimento de dados para que os sistemas possam tomar decisões inteligentes e até autônomas (KARDEK; NASCIF, 2019).

O Quadro 1 apresenta, de forma visual, o resumo das gerações, desde 1940 até 2025.

Quadro 1 – Resumo da evolução da manutenção.

| Ano | 1ª Geração 1940 1950 | 2ª Geração 1960 1970 | 3ª Geração 1980 1990 | 4ª Geração 2000 2005 | 5ª Geração 2010 2015 | 6ª Geração 2020 2025 |
|--|--|---|--|---|--|--|
| Aumento das expectativas em relação à manutenção | Conserto após a falha | Disponibilidade crescente Maior vida útil dos equipamentos | Maior confiabilidade Maior disponibilidade Melhor relação custo-benefício Prevenção do meio ambiente | Maior confiabilidade Maior disponibilidade Prevenção do meio ambiente Segurança Gerenciar os ativos Influir nos resultados do negócio | Gerenciar os ativos Otimizar o ciclo de vida dos ativos Influir nos resultados do negócio | Elevada confiabilidade Elevada disponibilidade Otimizar o ciclo de vida dos ativos Influir nos resultados do negócio Manutenção inteligente |
| Visão quanto à falha do ativo | Todos os equipamentos se desgastam com a idade e por isso falham | Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira | Existência de 6 padrões de falhas | Reduzir drasticamente falhas prematuras | Planejamento do ciclo de vida desde o projeto para reduzir falhas | Falhas monitoradas por sensores inteligentes e algoritmos Aprendizado das máquinas |
| Mudanças nas técnicas de manutenção | Habilidades voltadas para o reparo | Planejamento manual da manutenção Computadores grandes e lentos Manutenção preventiva (por tempo) | Monitoramento da condição Manutenção preditiva Análise de risco Computadores pequenos e rápidos Softwares potentes Grupos de trabalho multidisciplinares Projetos voltados para a confiabilidade | Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição Redução nas manutenções preventiva e corretiva não planejada Análise de falhas Técnicas de confiabilidade Manutenibilidade Engenharia de manutenção Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade Contratação por resultados | Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição "on e off-line" Participação efetiva no projeto, aquisição, instalação, comissionamento, operação e manutenção dos ativos Garantir que os ativos operem dentro de sua máxima eficiência Implementar melhorias objetivando redução de falhas Excelência em engenharia de manutenção Consolidação da contratação por resultados | Adoção da manutenção prescritiva Manutenção preditiva associada à análise complexas Monitoramento via imagens Redução significativa nos demais tipos de manutenção Big Data concentra todas as informações permitindo auto diagnóstico e atuação seletiva Capacitação do pessoal em tecnologia da informação e da comunicação |

Fonte: Kardek e Nascif (2019). (Adaptado).

2.1.2 Tipos de Manutenção

Kardek e Nascif (2019) citam sete tipos de manutenção, que segundo eles também podem ser consideradas como políticas ou estratégias de manutenção, são elas:

- Manutenção corretiva não planejada;
- Manutenção corretiva planejada;
- Manutenção preventiva;
- Manutenção preditiva;
- Manutenção detectiva;
- Manutenção prescritiva;
- Engenharia de manutenção.

A manutenção corretiva não planejada não é feita de acordo com um programa preestabelecido, mas depois da recepção de uma informação relacionada ao estado de um item (ABNT 5462, 1994). Normalmente, ela implica em altos custos, uma vez que a quebra inesperada pode acarretar perdas de produção, perdas de qualidade do produto e elevados custos de manutenção (KARDEK; NASCIF, 2019).

Por sua vez, a manutenção corretiva planejada é caracterizada pela atuação no equipamento antes da falha ocorrer. É a ação de correção do desempenho menor do que o esperado baseado no acompanhamento dos parâmetros de condição do equipamento. Esse acompanhamento é feito pelas manutenções preditiva, detectiva e prescritiva (KARDEK; NASCIF, 2019), a serem apresentadas a seguir. Segundo a NBR 5462, a manutenção corretiva planejada é equivalente a manutenção preventiva efetuada de acordo com um programa pré estabelecido.

A manutenção preventiva é efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item (ABNT 5462, 1994). Esta manutenção proporciona um conhecimento prévio das ações permitindo uma boa condição de gerenciamento das atividades, ela se mostra mais conveniente quanto maior for a simplicidade da reposição, quanto mais alto forem os custos de falhas, quanto mais as falhas prejudicarem a produção e quanto maiores forem as implicações das falhas na segurança pessoal (KARDEK; NASCIF, 2019).

Segundo a NBR 5462 (1994), a manutenção preditiva permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centrados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. Seu objetivo é prever falhas nos equipamentos

ou sistemas permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível, quando o grau de degradação se aproxima ou atinge o limite previamente estabelecido é tomada a decisão de intervenção.

Kardek e Nascif (2019) definem a manutenção detectiva como a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. Segundo os autores, a identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade.

Com a chegada da Indústria 4.0 surge a análise prescritiva que estabelece a manutenção prescritiva. Essa capacidade analítica das máquinas e sistemas não somente mostrará o que e quando uma falha acontecerá, mas também porque isso está acontecendo (KARDEK; NASCIF, 2019).

Por fim, a engenharia de manutenção é o suporte técnico da manutenção que está dedicada a consolidar a rotina e implantar a melhorias (KARDEK; NASCIF, 2019).

2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O STP surgiu em um cenário pós Segunda Guerra Mundial com o objetivo de eliminação de desperdícios, uma vez que as demandas de mercado exigiam a produção de pequenas quantidades de diversas variabilidades (OHNO, 1997).

O STP é baseado em dois pilares, o *Jidoka* e o *Just in time* (JIT). *Jidoka* é uma palavra japonesa para automação e dentro da Toyota significa automação com um toque humano (OBARA; WILBURN, 2012). *Just in time* significa realizar a produção no momento em que ela é necessária, a fim de eliminar a superprodução antecipada (SHINGO, 1996). Além desses dois pilares, a condição primordial para produzi-lo é a eliminação de desperdícios (OHNO, 1997).

No que tange a eliminação de desperdício, SHINGO (1996) classifica como perda qualquer atividade que não agrega valor, ou seja, são atividades de suporte para o trabalho efetivo. Já as atividades que agregam valor são aquelas que transformam a matéria prima, modificando a sua forma ou qualidade. A eliminação de desperdícios visa a constante eliminação das perdas e minimização dos trabalhos que não geram valor.

O objetivo da produção, ainda dentro do pilar do JIT, é produzir a demanda de maneira rápida e com o menor tempo de entrega possível em um processo de fluxo contínuo, ou seja, o produto é processado e transferido diretamente de um processo para o próximo, uma parte por vez, visando reduzir o tamanho do lote entre eles (OBARA; WILBURN, 2012).

Quando se trata do sistema de produção é necessário entender que ele é uma rede de processos e operações, assim, para realizar melhorias é necessário distinguir fluxo de processos e fluxo de operações. Fluxo de processos (produto) é referente ao fluxo de materiais no tempo, sendo assim a transformação da matéria prima em um produto acabado, ao passo que o fluxo de operações (trabalho) se refere ao trabalho realizado sobre o produto pelo operador para possibilitar a efetivação dessa transformação (SHINGO, 1996). Desta forma, toda a produção deve ser entendida como uma rede funcional de processos e operações. Para garantir melhorias feitas na operação seu impacto também deve ser analisado no fluxo de processos (SHINGO, 1996).

O STP é um esquema representado por uma “Casa” e contempla diversos princípios como o *jidoka* e o JIT mencionados anteriormente. A “Casa” do STP foi formulada para propagar o pensamento STP dentro da empresa e para fornecedores (BALLÉ; EVESQUE, 2016). Segundo Hoeft (2013), o modelo da Casa Toyota continua sendo a melhor representação simplificada dos princípios e da filosofia Toyota, não sendo um simples conjunto de ferramentas.

Além disso, a Casa Toyota mostra como cerca de 20 ferramentas e os princípios do STP funcionam em conjunto para construir um empreendimento sólido, com o objetivo de melhorar a qualidade, custo e entrega do setor (HOEFT, 2013).

Hoeft (2013) indica alguns princípios-chave na base da casa, são eles:

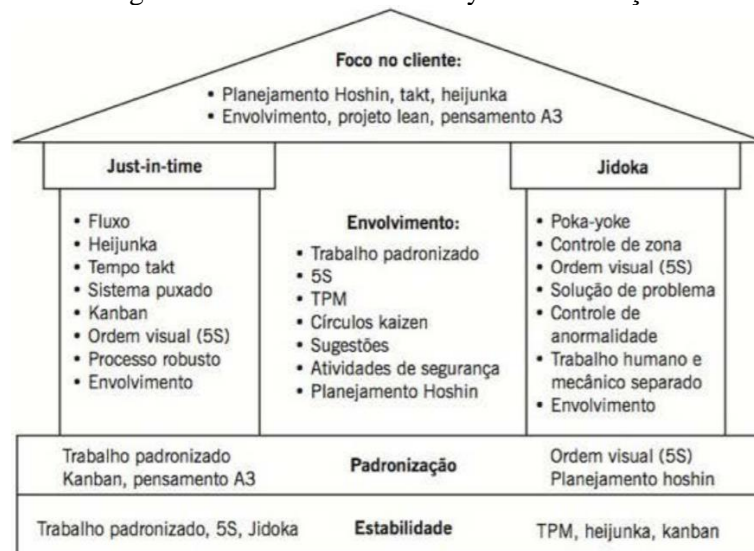
- Trabalho padronizado – há uma melhor forma de realizar o trabalho e deve ser documentada;
- Manutenção preventiva – os equipamentos e recursos críticos necessitam estar funcionando e disponíveis durante a maior parte do tempo;
- Processos e produtos sólidos – todos os processos são repetitivos e produzem peças de alta qualidade e todos os produtos são bem projetados e de fácil produção;
- Envolvimento prévio do fornecedor;
- Planejar-Fazer-Verificar-Agir (PDCA);
- Eliminação de desperdícios;
- Gestão visual.

Segundo o autor, esses princípios devem se consolidar para que as paredes e os pilares da Casa Toyota possam ser erguidos.

A Figura 1 apresenta a Casa Toyota, onde é possível visualizar que o foco no cliente, apresentado no topo da casa, é sustentado pelos princípios do JIT, *Jidoka*, Envolvimento,

Padronização e Estabilidade. Para ser possível sustentar uma casa, é necessário ter todos os pilares fortes, a analogia se dá da mesma forma na Casa Toyota, para se obter um processo sólido e com foco no cliente, é necessário que todos os componentes da Casa sejam implementados e funcionem devidamente (LIKER; MEIER, 2006).

Figura 1 – Casa do Sistema Toyota de Produção.



Fonte: DENNIS (2008).

O foco desta revisão está no estudo da Estabilidade, base da Casa Toyota, e será detalhado a seguir.

2.3 ESTABILIDADE

Estabilidade no STP é definida como a capacidade de produzir resultados consistentes ao longo do tempo (LIKER; MEIER, 2006). Segundo Ghinato (2000), a estabilidade dos processos é a base do STP, uma vez que apenas processos capazes, sob controle e estáveis, podem ser padronizados a fim de garantir a produção de itens sem defeitos, na quantidade e momento corretos de produção. Um alto grau de estabilidade é necessário para que o sistema não seja interrompido constantemente (LIKER, 2003).

Segundo Kamada (2007), a estabilidade na produção ocorre quando consegue-se produzir de acordo com o planejado, desta forma é necessário calcular o ritmo da demanda (*takt time*), e determinar a quantidade de recursos necessários (mão-de-obra, máquinas e materiais) para se produzir com o menor desperdício possível. Além disso, deve-se atender a 95% do planejado com recursos para recuperar o atraso durante o período. De acordo com Obara e Wilburn (2012), o cálculo do *takt time* é realizado de acordo com a Equação I.

$$takt\ time = \frac{\text{tempo disponível para a produção por dia}}{\text{demanda diária do cliente}} \quad (I)$$

As principais ferramentas que dão suporte à estabilidade, como pode-se observar na Figura 1 são: trabalho padronizado, 5S, *Jidoka*, Manutenção Produtiva Total (TPM), *Heijunka* e o *Kanban*.

O trabalho padronizado torna as anormalidades imediatamente visíveis, um padrão é uma imagem clara de uma condição desejada. De acordo com Dennis (2008), um padrão deve ser simples, claro e visual.

Dito isso, pode-se definir os 5S, que são práticas projetadas para criar um local de trabalho visual, auto-explicativo, auto-organizativo e auto-melhorável, essa prática consiste em: separar, classificar, limpar e inspecionar, padronizar e manter os itens no ambiente de trabalho (DENNIS, 2008).

O *Jidoka* significa nunca deixar um defeito passar para a próxima estação de trabalho utilizando a automação com um toque humano (LIKER, 2004). Por sua vez, TPM é definida como um programa que visa aumentar a disponibilidade das máquinas e será detalhada no item 2.3.4.

Por fim, o *Heijunka* e o *Kanban* são ferramentas do JIT, o primeiro pode ser traduzido como Nivelamento da Produção, em que a meta é produzir no mesmo ritmo todos os dias para minimizar os picos e vales na carga de trabalho. Já o *Kanban* é um conjunto de ferramentas visuais que sincronizam e fornecem instruções para fornecedores dentro e fora da fábrica (DENNIS, 2008).

Como mencionado anteriormente, a estabilidade está relacionada a previsibilidade e disponibilidade dos 4M's, desta forma, estes devem ser minuciosamente planejados de modo a evitar ao máximo os desperdícios. A seguir os 4M's são detalhados com enfoque em máquinas, foco deste trabalho.

2.3.1 Estabilidade de Mão de Obra

A estabilidade básica começa com a mão-de-obra bem treinada (SMALLEY, 2005). De acordo com Liker e Meier (2007), o trabalhador deve ser treinado para saber precisamente o que fazer, como fazer e quando fazer.

Smalley (2005) cita o modelo de treinamento para supervisores de produção. De acordo com o autor esse modelo é composto por três componentes específicos:

- Instrução de trabalho: ensina os supervisores como planejar os recursos corretos necessários na produção;
- Métodos de trabalho: ensinam a como analisar tarefas e fazer melhorias simples dentro de seu domínio de controle;
- Relações no trabalho: ensinam os supervisores como tratar as pessoas como indivíduos e resolver problemas comuns de relacionamento humano.

2.3.2 Estabilidade de Material

De acordo com Cheng e Podolsky (1993), a estabilidade de material significa obter os materiais na quantidade e qualidade necessária nos postos de trabalho quando solicitados, evitando que a produção seja interrompida por falta ou defeito do deles.

A principal característica do STP consiste na ênfase da produção sem estoque ou estoque zero. Há dois tipos de estoque, o que ocorre naturalmente como resultado de práticas de produção e o “necessário” que ocorre devido a ineficiências tanto no processo como nas operações, ambos causam perdas (SHINGO, 1996).

Entretanto, o autor ainda afirma que a eliminação radical de estoque pode causar atrasos na entrega e queda na taxa de operação das máquinas. Desta forma, as condições que produzem e geram a necessidade de estoque devem ser corrigidas, assim entende-se a redução do estoque como uma consequência de um processo.

2.3.3 Estabilidade de Método

Para obter-se estabilidade básica precisa-se de métodos padrão, um padrão é uma ferramenta de medição de como algo está sendo feito e uma referência quando deseja-se mudar algo (SMALLEY, 2006).

De acordo com Dennis (2008), o trabalho padronizado tem como objetivo fornecer base para melhorias, desta forma ele se modifica constantemente.

2.3.4 Estabilidade de Máquina

A estabilidade de Máquina está diretamente relacionada ao indicador de disponibilidade, porém a utilização do indicador isoladamente não garante que a estabilidade seja alcançada. Segundo Smalley, (2006), caso tenha-se capacidade teórica e capacidade demonstrada para atender a demanda do cliente, não haverá problemas de estabilidade de máquinas.

O processo de produção deve ser flexível para responder rapidamente as mudanças dos pedidos dos clientes, especialmente mudanças relacionadas a variedade dos produtos (LIKER; MEIER, 2006).

Como citado anteriormente, de acordo com Dennis (2008), o *Heijunka* promove o nivelamento na produção e dá o suporte para a demanda flutuante, outro fator que influencia na estabilidade de máquinas, uma vez que instabilidade relacionadas a máquinas ocorrem quando não há capacidade de produção para suprir a demanda (SMALLEY, 2006). Desta forma, é essencial conhecer a demanda, a capacidade do processo e a média real de produção, para que eventuais flutuações não interfiram negativamente na produção

Smalley (2005) aponta que o Quadro de Capacidade de Processo é um documento que pode ser utilizado para medir o verdadeiro potencial de um processo durante um turno típico. Esse quadro é utilizado para calcular a capacidade de cada máquina em processos conectados, a fim de identificar a capacidade real e eliminar gargalos.

Representado no Quadro 2, o Quadro de Capacidade do Processo busca determinar fatores como o tempo de ciclo das máquinas que, de acordo com Alvarez e Antunes (2001), representa o período transcorrido entre a repetição de um mesmo evento que caracteriza o início ou fim desse ciclo, o tempo de troca de ferramentas, intervalos de trocas de ferramentas, e por fim registra o tempo de trabalho manual e automatizado.

Quadro 2 – Quadro de capacidade do processo.

| Quadro de Capacidade do Processo | Aprovado por: | | Peça Nº: | | | Aplicação: | | Reistrado por: |
|----------------------------------|---------------------|------------|---------------|------|-------|---------------------|-------|---------------------------------|
| | | | Nome da Peça: | | | Linha: | | |
| Nº | Nome do Processo | Máquina Nº | Tempo Básico | | | Troca de Ferramenta | | Capacidade de Processamento por |
| | | | Manual | Auto | Total | Troca | Tempo | |
| 1 | Corte | Cc100 | 5 | 25 | 30 | 500 | 2 min | 896 |
| 2 | Trituração | Gg200 | 5 | 12 | 17 | 1000 | 5 min | 1570 |
| 3 | Trituração Refinada | Gg300 | 5 | 27 | 32 | 300 | 5 min | 823 |

Fonte: <https://www.lean.org.br/conceitos/126/o-que-e-trabalho-padronizado.aspx> (Adaptado).

Para garantir máquinas capazes e estáveis tem-se a Manutenção Produtiva Total (TPM) que de acordo com Dennis (2008), é um programa que visa o aumento da disponibilidade das máquinas, por meio da identificação, análise e correção de perdas na produção relacionadas ao componente máquina (SMALLEY, 2006).

A TPM tem como objetivo maximizar a efetividade do equipamento por meio da eliminação de seis grandes perdas: (i) tempo de equipamento parado por conta de falha, (ii) *setup*, (iii) ociosidades e pequenas paradas, (iv) lentidão do equipamento devido a discrepância entre a rapidez projetada e a real, (v) defeito no processo e (vi) queda no rendimento causado pelo tempo em que a máquina liga até a estabilização (NAKAJIMA, 1988).

As perdas por equipamento parado por conta de falha são aquelas que ocorrem quando a máquina quebra e permanece sem produzir até que os reparos sejam completados (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), perdas durante *setup* e ajuste são aquelas decorrentes do tempo necessário para preparação da máquina para esta passar a produzir outro tipo de produto, incluindo os ajustes para alcançar os níveis usuais de qualidade.

As perdas por ociosidades e pequenas paradas ocorrem quando o equipamento precisa ser parado por alguns minutos, ou trabalhar sem carga devido a oscilações no fluxo do processo, exigindo intervenção do operador para que retorne a produzir. Em geral estão nessa categoria perdas cuja interrupção dura menos que 4 minutos (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Ainda de acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), a perda por queda na rapidez de produção ocorre quando o equipamento opera em velocidade inferior ao projetado. Uma das razões para a ocorrência dessa perda são problemas no equipamento que o impossibilitem de operar na velocidade projetada.

Perdas por defeito no processo ocorrem na linha de produção e estão associadas a produtos defeituosos ou fora das especificações, esses produtos devem ser retrabalhados ou sucateados (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Por fim, as perdas por queda no rendimento ocorrem cada vez que o processo é interrompido e reiniciado. Essas perdas podem estar sendo geradas enquanto o equipamento não atinge as condições ideais de operação (pressão, temperatura, concentração etc.) (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Como mencionado anteriormente, o cálculo da disponibilidade é essencial para a gestão da estabilidade de máquinas, entretanto, de acordo com Nakajima (1988), o indicador sozinho não reflete precisamente as condições do equipamento, para tal, é necessário levar em consideração todas as seis grandes perdas da TPM.

O OEE é um indicador essencial na estabilidade de máquinas, uma vez que é uma métrica quantitativa que permite mensurar a produtividade individual de uma determinada máquina. Esse indicador é, frequentemente, utilizado como um guia para melhorar o desempenho da máquina por concentrar-se em questões de disponibilidade, qualidade e produtividade (BAMBER et al. 2003).

Ainda de acordo com Bamber et al. (2003), o OEE pode ser aplicado em diferentes níveis. Primeiramente, pode ser usado como uma espécie de marca de referência para medir o desempenho inicial de uma planta de manufatura e ser comparado com medições futuras,

podendo-se assim quantificar melhorias realizadas. Em seguida, a medição do OEE, em uma planta de manufatura, serve como base para identificar máquinas com desempenho inferior ao desejado, indicando assim onde devem ser aplicados recursos da TPM. Por fim, a aplicação do OEE também permite a identificação de linhas de manufatura com necessidade de melhoria no desempenho.

O papel da OEE vai muito além de apenas monitorar e controlar a efetividade de máquinas, a aplicação do indicador gera insumos para iniciativas de melhorias no processo, previne a sub utilização de máquinas ou linhas de produtos, provê um método sistemático para estabelecer alvos de produção e incorpora ferramentas práticas de gerenciamento para alcançar uma visão balanceada da disponibilidade, desempenho e qualidade do processo (BAMBER et al. 2003).

De acordo com Nakajima (1988), o OEE é calculado de acordo com a Equação II.

$$OEE = Disponibilidade * Desempenho * Qualidade \quad (II)$$

Como pode-se observar na Equação II, o OEE é composto por três indicadores que serão detalhados a seguir.

O indicador de Disponibilidade das máquinas é essencial para o entendimento da capacidade produtiva de linhas de produção e, por tanto, para assegurar a estabilidade de máquinas. A disponibilidade é definida como a capacidade de um item, mediante manutenção apropriada, desempenhar sua função requerida em um determinado instante do tempo ou em um período de tempo (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

De acordo com Nakajima (1988), a disponibilidade é calculada conforme a Equação III.

$$disponibilidade = \frac{\text{Tempo de Carregamento} - \text{Tempo de parada não planejada}}{\text{Tempo de carregamento}} \quad (III)$$

Nakajima (1988) afirma que o tempo de carregamento é o resultado da subtração do tempo total disponível para a produção e o tempo de paradas programadas, ou seja, paradas para a manutenção programada, ou para atividades gerenciais como uma reunião, por exemplo. A subtração entre o tempo de carregamento e o tempo de paradas não planejadas, ou seja, tempo em que o equipamento ficou parado por conta de falhas, procedimentos e ajustes ou *set up*, é chamado de tempo de operação. A divisão do tempo de operação pelo tempo de carregamento resulta no indicador de disponibilidade da máquina.

Em seguida tem-se o indicador de Desempenho, que auxilia na identificação das perdas geradas por tempo de ociosidade da máquina e pequenas paradas e por redução na velocidade.

O indicador de Desempenho é o produto da taxa de velocidade operacional e a taxa operacional líquida. A taxa de velocidade operacional é referente a discrepância entre a velocidade operacional projetada do equipamento e a velocidade operacional real dele, denominadas tempo de ciclo teórico e tempo de ciclo real, respectivamente (NAKAJIMA, 1988). A Equação IV representa a taxa de velocidade operacional.

$$\text{Taxa de velocidade operacional} = \frac{\text{tempo de ciclo teórico}}{\text{tempo de ciclo real}} \quad (\text{IV})$$

Como mencionado anteriormente, de acordo com Alvarez e Antunes (2001), o tempo de ciclo é definido como o período transcorrido entre a repetição de um mesmo evento que caracteriza o início ou fim de um ciclo.

Por sua vez, a taxa operacional líquida mede se a operação se mantém estável apesar dos períodos em que os equipamentos operam em uma velocidade mais baixa. O indicador calcula perdas resultantes de paradas mínimas como pequenos problemas e ajustes (NAKAJIMA, 1988).

A taxa operacional líquida é calculada como o produto da quantidade de itens processada e tempo de ciclo real sobre o tempo de operação, como observado na Equação V.

$$\text{Taxa operacional líquida} = \frac{\text{quantidade processada} \times \text{tempo de ciclo real}}{\text{Tempo de operação}} \quad (\text{V})$$

Como pode-se observar, o produto da taxa de velocidade operacional pela taxa operacional líquida resulta no indicador de desempenho indicado na equação VI.

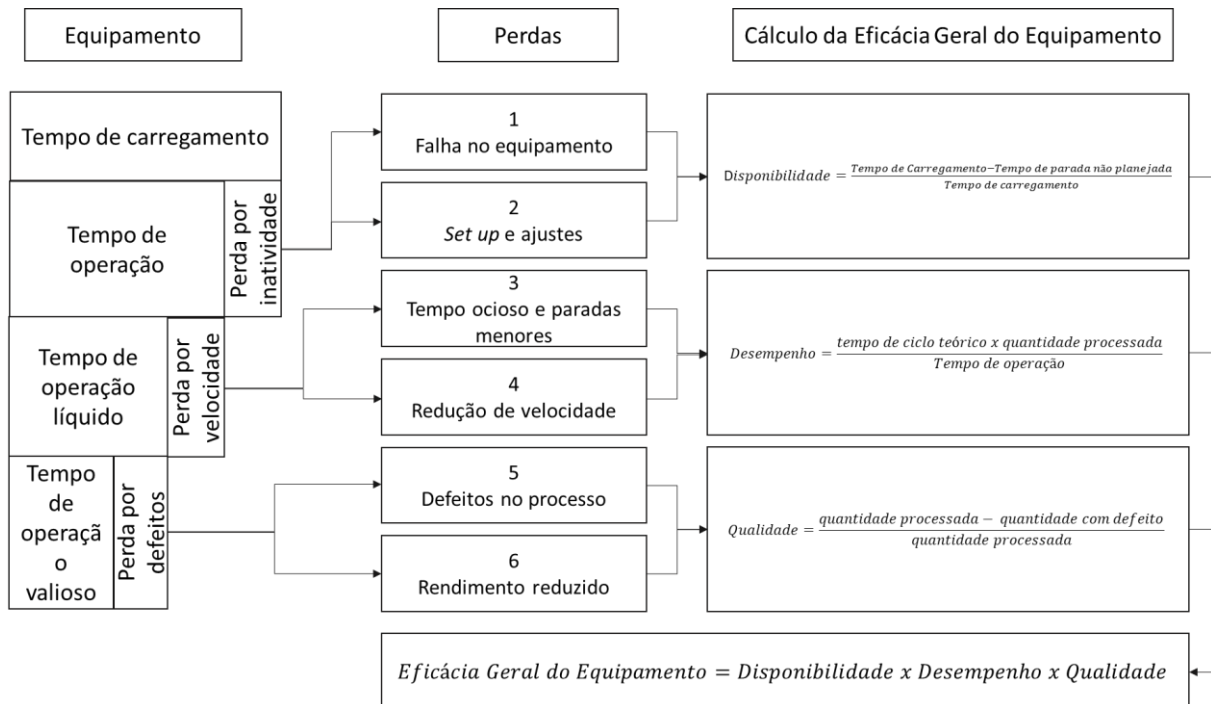
$$\text{Desempenho} = \frac{\text{tempo de ciclo teórico} \times \text{quantidade processada}}{\text{Tempo de operação}} \quad (\text{VI})$$

Por fim, o terceiro indicador que compõe o cálculo do OEE é a qualidade que está relacionada a identificação de perdas causadas por defeitos no processo e por rendimento reduzido. De acordo com Nakajima (1988), esse indicador é calculado pela subtração da quantidade de peças processadas e da quantidade de peças com defeito dividida pela quantidade processada como apresentado na Equação VII.

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{quantidade processada} - \text{quantidade com defeito}}{\text{quantidade processada}} \quad (\text{VII})$$

A Figura 2 apresenta cada um dos indicadores associados ao OEE a duas das grandes perdas elencadas pelo TPM, anteriormente.

Figura 2 – Cálculo da Eficácia Geral do Equipamento.



Fonte: NAKAJIMA (1988). (Adaptado).

Com relação a primeira coluna da Figura 2, Nakajima (1988) descreve o tempo de carregamento como o tempo disponível por dia, ou mês para a operação, já considerando o tempo em que a máquina ficará parada por conta de paradas programadas. Como observa-se na Figura 2, o tempo de carregamento é o tempo total em que a máquina pode operar (tempo de operação), mais as perdas por inatividade que ocorrem durante a operação. O tempo de operação, como mencionado anteriormente, é o resultado da subtração do tempo de paradas não programadas do tempo de carregamento da máquina, ou seja, é o tempo em que a máquina operou de fato. A perda por inatividade é causada por falhas no equipamento ou pelo tempo desprendido em *setup* e ajustes na máquina e como observado na Figura 2.

O indicador de disponibilidade metrifica essas perdas, uma vez que em seu cálculo considera o tempo de carregamento e o tempo de parada não programada.

Por sua vez, o tempo de operação líquido é o resultado da subtração das perdas por velocidade do tempo de operação. As perdas por velocidades são geradas por tempo ocioso e paradas menores da máquina e por redução na velocidade de operação da máquina. O indicador de desempenho metrifica essas perdas.

Por fim, tem-se o tempo de operação valioso, que é o resultado da subtração das perdas por defeitos do tempo de operação líquido. Essas perdas são oriundas de defeitos no processo

e rendimento reduzido. Para metrificar a perda por defeitos, utiliza-se o indicador da taxa de qualidade.

Segundo Nakajima (1988), os resultados ideais para cada um dos indicadores são:

- Disponibilidade superior ou igual a 90%;
- Desempenho superior ou igual a 95%;
- Taxa de qualidade superior ou igual a 99%.

Assim, ao calcular o OEE pela multiplicação do resultado mínimo ideal dos três indicadores, chega-se ao resultado igual ou superior a 85% como resultado ideal para o OEE. Vale ressaltar que o aumento no OEE gera aumento na produtividade.

Hansen (2001) faz a seguinte classificação para os índices do OEE:

- $OEE < 65\%$ é inaceitável e deve-se buscar ajuda;
- $65\% < OEE < 75\%$ é aceitável somente perante tendências de melhoras trimestrais;
- $75\% < OEE < 85\%$ é muito bom, entretanto deve-se continuar melhorando em direção ao nível de Classe Mundial, ou seja, $OEE > 85\%$ para processos em lotes, $OEE > 90\%$ para processos discretos e contínuos e $OEE > 95\%$ para indústria de fluxo contínuo.

A utilização do OEE e o estabelecimento de um sistema disciplinado de relatórios de desempenho de equipamentos ajudará qualquer área de manufatura a se concentrar nos parâmetros críticos para seu sucesso (HANSEN, 2001).

Silva (2013) apresenta o Quadro 3 com exemplos de ocorrências que provocam os seis tipos de perdas e suas consequências.

Quadro 3 – Classificação das perdas.

| Perdas | Ocorrências | Consequências | Observações |
|--|---|--|--|
| 1. Avarias | Avaria mecânica, eléctrica ou de outros sistemas que provoquem a interrupção da produção; Falha geral do equipamento; Quebra de ferramentas; Paradas não planeadas para intervenções de manutenção; Falhas de energia/utilidades. | Reduzem o tempo disponível para o equipamento produzir ou operar. | Consideram-se paragens superiores a 5-10 minutos, registadas pelo operador ou automaticamente. |
| 2. Mudança, afinação e outras paragens | Mudança de produto; Aquecimento/arrefecimento para mudança de ferramentas; Substituição de ferramentas de desgaste; Paragens para limpeza; Falta de materiais; falta de operador. | | As perdas por mudança são reduzidas ou eliminadas pela implementação de técnicas <i>Single minute exchange of die</i> (SMED). |
| 3. Pequenas paragens | Limpeza e pequenos ajustes; Obstrução no fluxo de produto a montante ou justante; Falha na alimentação de materiais; Substituição de ferramentas de desgaste pelo operador; Verificação/regulação de parâmetros. | Afetam a eficiência do equipamento, não permitindo que ele funcione no tempo de ciclo nominal. | Paragens inferiores a 5 -10 minutos e que não requerem intervenção de pessoal da manutenção, normalmente não registadas pelo operador. |
| 4. Redução de velocidade | Funcionamento abaixo da velocidade especificada; Funcionamento irregular; Incapacidade do operador em garantir o funcionamento regular. | | Todas as ocorrências que impossibilitem produzir à velocidade máxima especificada para o produto. |

| | | | |
|--------------------------|--|---|---|
| 5. Defeitos e retrabalho | Sucata; Produto fora de especificação; Retrabalho do produto; Montagem incorreta; Componente incorreto; Falta de componentes. | | Produto rejeitado durante o funcionamento normal do equipamento. |
| 6. Perda de arranque | Sucata; Produto fora de especificação; Retrabalho do produto. | Reduzem a quantidade de produto que cumpre as especificações de primeira. | Produto rejeitado durante a fase de arranque ou paragem do equipamento, devido a causas normais (pré-aquecimento) ou a erros de afinação. |

Fonte: SILVA (2013). (Adaptado).

De acordo com Nakajima (1988), para aumentar o resultado do OEE é necessário eliminar as seis grandes perdas citadas anteriormente. A seguir, serão descritas maneiras de eliminar essas perdas e aumentar os indicadores de disponibilidade, desempenho e qualidade que compõe o OEE.

O indicador de disponibilidade pode ser aumentado diminuindo a taxa de falhas da máquina. Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), a manutenção preventiva é uma ação que ocorre antes da falha, sendo constituída de ações como a lubrificação, reposição de partes e componentes e pequenos ajustes, de forma programada. A eficiência dessa manutenção é medida por meio do indicador de disponibilidade.

Nakajima (1988) afirma que a realização de reparos nos equipamentos de forma preventiva é mais barata que esperar a completa falha dos mesmos.

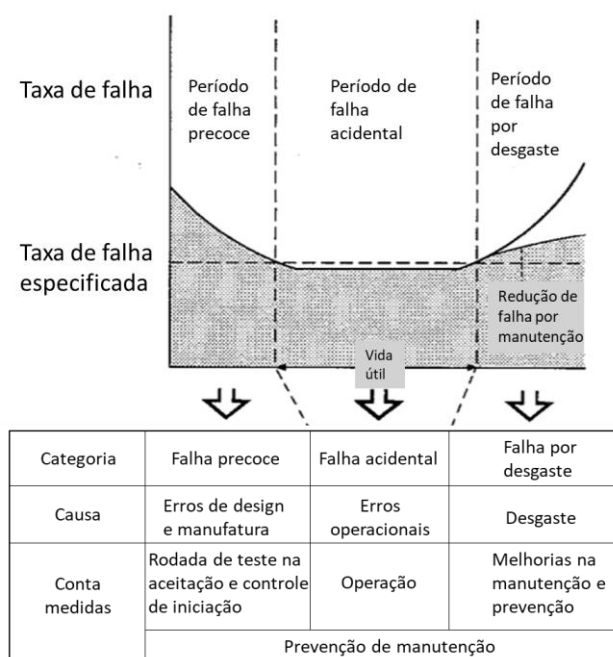
Uma questão relevante para a manutenção preventiva diz respeito a quais componentes podem ser beneficiados por atividades de recuperação e substituição (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009). Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), componentes que possuam taxas de falhas constantes, como chips eletrônicos, por exemplo, não são passíveis de manutenção preventiva, uma vez que esses componentes não envelhecem com o tempo, sendo o risco de falhas essencialmente o mesmo ao longo do primeiro ano ou décimo ano de uso.

Por outro lado, em muitos casos, nos quais a ocorrência de falha depende diretamente da existência de desgaste ou degradação, as atividades preventivas realizadas com regularidade tornam a probabilidade de falha praticamente nula (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Nakajima (1988) afirma que as causas de falha dos equipamentos mudam conforme o tempo de operação, desta forma, cada caso de falha deve ser tratado com diferentes contramedidas para que se alcance o sucesso.

No início da vida útil, há uma alta taxa de falhas (período de falha precoce) que eventualmente estabiliza com o tempo e fica constante por um longo período denominado período de vida útil (período de falhas acidentais). Finalmente, o equipamento chega ao fim de sua vida útil (período de falhas por desgaste) e a taxa de falhas volta a crescer (NAKAJIMA, 1988). A Figura 3 ilustra este comportamento.

Figura 3 – Característica do ciclo de vida e contramedidas para falhas.



Fonte: NAKAJIMA (1988). (Adaptado).

A Figura 3 ilustra que as falhas precoce, acidental e por desgaste possuem diferentes causas e diferentes contramedidas a serem tomadas para mitigá-las. Entretanto, a prevenção por meio da manutenção é uma contramedida efetiva para os três tipos de falha.

As causas das falhas precoces costumam ser erros de projeto e manufatura e para combatê-las, é necessário conduzir testes no estágio inicial de operação da máquina (NAKAJIMA, 1988).

Falhas acidentais são causadas principalmente por erros na operação, desta forma a melhor contramedida a ser aplicada é assegurar que o operador utiliza o equipamento de forma correta (NAKAJIMA, 1988).

Já as falhas por desgaste decorrem da vida útil limitada das peças do equipamento, para aumentá-la deve-se aplicar manutenção preventiva e melhorias na manutenção, por meio de mudanças no projeto (NAKAJIMA, 1988).

O presente capítulo buscou apresentar os principais conceitos do Sistema de Produção Toyota e da estabilidade no STP. A estabilidade de máquina foi detalhada, bem como o principal indicador utilizado para metrificá-la, o OEE que avalia a eficácia da operação de uma máquina levando em consideração as seis grandes perdas do TPM por meio da coleta dos indicadores de disponibilidade, desempenho e qualidade.

3 METODOLOGIA

O presente capítulo tem como objetivo descrever a metodologia utilizada para a elaboração do presente trabalho.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A definição de pesquisa é o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos (GIL, 2002).

Gerhardt e Silveira (2009) afirmam que as pesquisas são classificadas de acordo com quatro critérios: quanto à abordagem, à natureza, aos objetivos e aos procedimentos.

Quanto à abordagem, a pesquisa pode ser qualitativa ou quantitativa. A primeira não se preocupa com a representatividade numérica, mas sim com o aprofundamento e compreensão de um grupo social. Já a segunda tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Quanto à natureza, Gerhardt e Silveira (2009) afirmam que a pesquisa pode ser uma pesquisa básica, ou seja, que visa gerar conhecimentos novos sem aplicações práticas previstas, ou uma pesquisa aplicada que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigida a problemas específicos.

Quanto aos objetivos, Gil (2002) define três grandes grupos de classificação de pesquisas, são eles: exploratórias, descritivas e explicativas.

A pesquisa exploratória tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento permite a consideração de variados aspectos relativos ao fato estudado e na maioria dos casos assume a forma de pesquisa bibliográfica ou de estudo de caso (GIL, 2002).

A pesquisa descritiva tem como objetivo a descrição de características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 2002).

Gil (2002) define as pesquisas explicativas como tendo o ponto de preocupação central em identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos.

Por fim, quanto aos procedimentos, Gil (2002) aponta dez classificações que podem ser utilizadas, são elas: pesquisa bibliográfica; documental; experimental; *ex-post facto*; estudo de corte; levantamento; estudo de campo; pesquisa-ação; pesquisa participante e estudo de caso.

A pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de artigos científicos e livros. Sua principal vantagem reside no fato de permitir

ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente (GIL, 2002).

A pesquisa documental assemelha-se a pesquisa bibliográfica, a diferença entre elas, segundo Gil (2002) reside no fato de a pesquisa documental valer-se de materiais que ainda não receberam um tratamento analítico, sendo constituídas sobretudo de materiais impressos e possuem fontes mais diversas e dispersas.

A pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto (GIL, 2002).

Segundo Gil (2002), a pesquisa *ex-post facto* possui o mesmo propósito da pesquisa experimental o que difere as duas é que nesta o autor não dispõe de controle sobre a variável independente, que constitui o fator presumível do fenômeno, porque ele já ocorreu.

O estudo de coorte refere-se a um grupo de pessoas que têm alguma característica em comum, constituindo uma amostra a ser acompanhada por um período (GIL, 2002).

Segundo Gil (2002), o levantamento caracteriza-se pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer.

No estudo de campo a pesquisa é desenvolvida por meio da observação direta das atividades do grupo estudado e de entrevistas com informantes para captar suas explicações e interpretações do que ocorre no grupo (GIL, 2002).

A pesquisa ação é definida por Thiollent (1985) como uma pesquisa com base empírica em que o pesquisador e os participantes estão envolvidos de modo cooperativo.

A pesquisa participante, assim como a pesquisa ação caracteriza-se pela interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas (GIL, 2002).

Por fim, o estudo de caso caracteriza-se como o estudo de uma entidade bem definida, visando conhecer o como e o porquê de uma determinada situação (FONSECA, 2002). Pode ser construído de um ou múltiplos casos, utiliza-se um único caso quando o acesso a múltiplos casos é difícil. A utilização de múltiplos casos proporciona evidências inseridas em diferentes contextos o que proporciona mais qualidade à pesquisa (GIL, 2002). Desta forma, o presente trabalho pode ser classificado como um estudo de caso, uma vez que um fenômeno será investigado dentro de seu contexto real.

A Figura 4 representa a classificação do presente trabalho quanto a abordagem, natureza, objetivos e procedimentos.

Figura 4 – Classificação da pesquisa.



Fonte: O autor (2021).

3.2 ESTRUTURA DA PESQUISA

A estrutura de um estudo de caso é definida por sete etapas de acordo com Gil (2002), são elas:

- Formulação do problema;
- Definição da unidade-caso;
- Determinação do número de amostras;
- Elaboração do protocolo;
- Coleta de dados;
- Avaliação e análise dos dados;
- Preparação do relatório.

Dentro da formulação do problema, o primeiro passo foi a elaboração do referencial teórico para construir base conceitual a fim de auxiliar na execução do estudo de caso. Para tal utilizou-se bases de dados do Google Acadêmico e do *Web of Science* (WoS) com os seguintes termos de busca: “Sistema Toyota de Produção”, “estabilidade de máquinas” e “*Overall Equipment Effectiveness*”.

A delimitação da unidade-caso se refere a definição do objeto a ser estudado (GIL, 2002). Desta forma, neste trabalho, o objeto escolhido foram impressoras 3D que têm sido utilizadas na produção temporária e emergencial na produção de protetores faciais com a finalidade de doação à hospitais e centros de saúde referência no tratamento da Covid-19 no Distrito Federal (DF).

São 48 impressoras 3D na produção dos protetores faciais, sendo que para a realização do cálculo do indicador OEE é necessário dados referentes ao tempo em que a impressora ficou parada por conta de falhas e para manutenção. Desta forma, apenas 33 das 48 impressoras possuíam o registro desses dados nas planilhas de monitoramento de produção e puderam ser utilizadas para a elaboração deste estudo. Essas impressoras são de 5 marcas distintas: Prusa i3 MK2S, Prusa i3 MK3S, Creality Ender-3, Creality Ender-5 Plus e Creality Ender-3 Pro.

A próxima etapa consiste na elaboração do protocolo, que segundo Gil (2002) é um documento que contém o instrumento de coleta de dados e a conduta de sua aplicação. Segundo o autor o protocolo é a melhor forma de aumentar a confiabilidade do estudo de caso. Neste trabalho utilizou-se o *software Excel* para realizar a extração, registro e manipulação dos dados necessários e o cálculo dos indicadores.

A coleta de dados pode ser feita mediante a análise de documentos, entrevistas, depoimentos pessoais, observação espontânea, observação participante e análise de artefatos físicos (GIL, 2002). O presente trabalho utilizou, para a coleta de dados, as planilhas de impressão preenchida diariamente durante a operação, conversas informais com os operadores das impressoras e por fim, realizou-se uma visita ao local de impressão a fim de conhecer o processo de produção e as impressoras. A descrição desta etapa será feita no item 4.1 deste documento.

A análise e avaliação dos dados foi feita por meio de planilhas de cálculo no *software Excel* e os resultados foram expostos em tabelas e gráficos e serão apresentados no Capítulo 4.3 deste documento.

4 ESTUDO DE CASO

O presente capítulo tem como objetivo apresentar o processo da coleta de dados para o estudo de caso, apresentar a análise dos dados coletados e, por fim, apresentar sugestões de melhorias para aumentar o indicador OEE.

4.1 O PROTETOR FACIAL

A solução considerada no presente estudo de caso é o protetor facial (Barreira Física) proposto pela empresa Prusa (PRUSA, 2020). Uma determinada empresa disponibilizou projetos na forma *open-source*, (OLIVEIRA et al. 2020).

O protetor facial atua como uma barreira física que, usada em conjunto com a máscara, impede que ela sofra contaminação grosseira, prolongando sua vida útil (GRSS/DIVISA/SVS/SES-DF, 2020). Ele é composto por três partes, como ilustrado na Figura 5: (i) apoio de testa (*headband*), (ii) visor (*shield*) e (iii) elástico (*rubberband*), sendo que o apoio de testa é fabricado em manufatura aditiva, por meio de impressão 3D do tipo deposição de material fundido (FDM).

Figura 5 – Protetor Facial.



Fonte: Disponível em: <www.2aimportados.com.br/beleza-saude/mascaras/protetor-facial-135x175x240mm>

As impressoras analisadas neste trabalho operaram na produção do apoio de testa semelhante ao ilustrado na Figura 6.

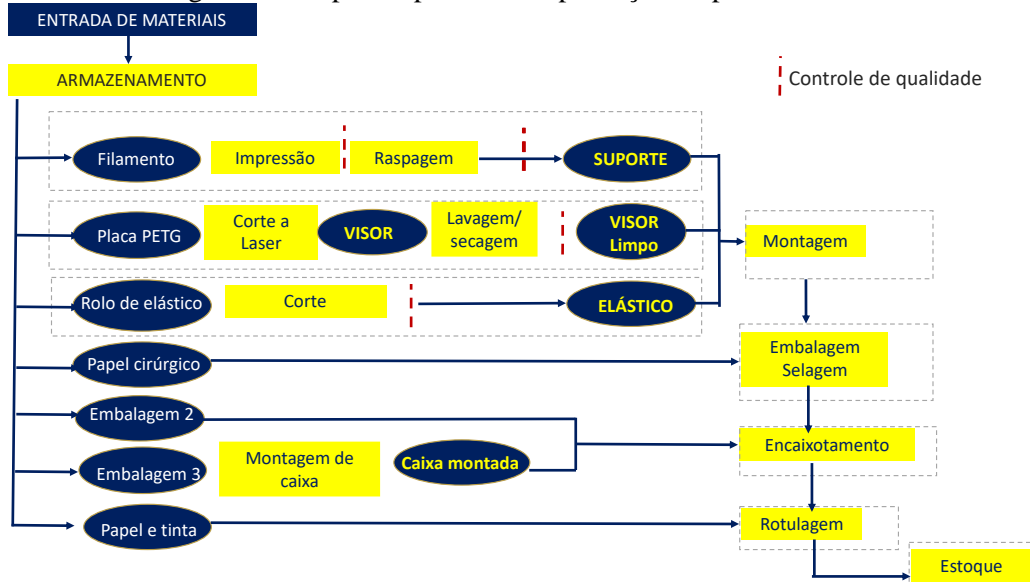
Figura 6 – Apoio de Testa.



Fonte: Disponível em: <www.printit3d.com.br/product-page/protetor-facial-modelo-prusa>

A Figura 7 apresenta as etapas do processo de produção do protetor facial, desde a montagem, embalagem, encaixotamento, rotulagem e por fim direcionamento ao estoque (OLIVEIRA et al. 2020). Pode-se observar na Figura 7 que os materiais necessários para a produção dos protetores faciais são: (i) filamento, utilizado para a impressão 3D do suporte para a cabeça, (ii) placa composta do material Polietileno Tereftalato de Etileno Glicol (PETG), que após o corte a laser irá resultar no visor e pelo (iii) rolo de elástico, que após cortado, irá ser fixado ao suporte de cabeça para compor o produto final que é o protetor facial.

Figura 7 – Etapas do processo de produção do protetor facial.



Fonte: Oliveira et. al. (2020).

A etapa analisada neste trabalho foi somente a de impressão 3D do apoio de testa utilizado para a confecção do protetor facial.

4.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados para o cálculo do OEE foi feita com base na Planilha de Impressão preenchida diariamente durante o período de produção dos protetores faciais. O preenchimento começou em abril de 2020 e perdurou até janeiro de 2021. A planilha sofreu alterações nos dados que eram coletados durante o período citado, por exemplo, apenas em setembro de 2020 começou a ser registrado o tempo de parada por conta de falhas.

As planilhas mencionadas no início deste item são elaboradas no *software Excel* em que há o registro mensal dos dados referentes a produção daquele mês. Para cada mês há um arquivo separado.

A título de exemplo, a Figura 8 ilustra a aba de “Atuação” da Planilha de Impressão referente ao mês de setembro de 2020 que possui a mesma estrutura de coleta e organização dos dados para os meses seguintes até janeiro de 2021. Nesta aba, são registrados os dados como o tempo de duração da manutenção e o tipo de manutenção realizada, se corretiva ou preventiva, contém também a descrição e o motivo de cada manutenção.

Figura 8 – Aba Atuações na Planilha de Impressão.

| Data | Nº da Máquina | Horário de Início | Duração Real | Situação | Descrição | Motivo |
|------------|---------------|-------------------|--------------|------------|--|--|
| 08/09/2020 | 011 | 14:30 | 00:20 | Finalizada | Recalibração XYZ, PID, Offset | Fraqueza estrutural e brechas |
| 08/09/2020 | 036 | 14:45 | 00:20 | Finalizada | Recalibração XYZ, Belt, PID, Offset | Fraqueza estrutural e brechas |
| 08/09/2020 | 021 | 15:30 | 00:15 | Finalizada | Desentupimento de bico e troca da fita | Brechas entre camadas |
| 08/09/2020 | 037 | 17:05 | 00:20 | Finalizada | Recalibração XYZ, Belt, PID, Offset | Fraqueza estrutural e brechas |
| 08/09/2020 | 061 | 16:55 | 00:15 | Finalizada | Calibração XYZ, correia, troca de fita e offset | Base com pé de elefante e borda serrilhada |
| 08/09/2020 | 038 | 17:33 | 00:10 | Finalizada | Ajuste de z offset | Peça estava muito difícil de tirar da mesa |
| 10/09/2020 | 025 | 10:29 | 00:35 | Finalizada | Limpeza da mesa, rodinhas, frames e extrusor | Manutenção preventiva |
| 10/09/2020 | 028 | 10:35 | 00:35 | Finalizada | Limpeza da mesa, rodinhas, frames e extrusor | Manutenção preventiva |
| 10/09/2020 | 030 | 10:35 | 00:35 | Finalizada | Limpeza da mesa, rodinhas, frames e extrusor | Manutenção preventiva |
| 11/09/2020 | 026 | 10:23 | 00:30 | Finalizada | Limpeza da mesa, rodinhas, frames e extrusor | Manutenção preventiva |
| 11/09/2020 | 029 | 10:25 | 00:35 | Finalizada | Limpeza da mesa, rodinhas, frames e extrusor | Manutenção preventiva |
| 14/09/2020 | 021 | 10:25 | 00:25 | Finalizada | Limpeza da mesa, rodinhas, frames e extrusor | Manutenção preventiva |
| 14/09/2020 | 048 | 15:00 | 00:20 | Finalizada | Recalibração XYZ, Belt, PID, Offset | Fraqueza estrutural e brechas |
| 14/09/2020 | 058 | 15:14 | 00:20 | Finalizada | Recalibração XYZ, Belt, PID, Offset | Fraqueza estrutural e brechas |
| 14/09/2020 | 057 | 15:33 | 00:20 | Finalizada | Recalibração XYZ, Belt, PID, Offset | Fraqueza estrutural e brechas |
| 14/09/2020 | 061 | 15:52 | 00:20 | Finalizada | Recalibração XYZ, Belt, PID, Offset | Fraqueza estrutural e brechas |
| 14/09/2020 | 042 | 15:52 | 00:20 | Finalizada | Recalibração XYZ, Belt, PID, Offset | Fraqueza estrutural e brechas |
| 14/09/2020 | 024 | 15:52 | 00:30 | Finalizada | Limpeza da máquina, ajuste de tensão da correia eixo X, lubrificação do fuso eixo Z, desentupimento de bico, corte da ponta do teflon (contato com bico) | Manutenção preventiva |
| 14/09/2020 | 021 | 15:52 | 00:20 | Finalizada | Limpeza de bico, corta da ponta do teflon (contato com bico), limpeza da mesa, troca de fita, calibração da mesa | Fraqueza estrutural e brechas |

Fonte: Captura de Tela da Planilha de Impressão (2021).

A título de exemplo, a Figura 9 apresenta a aba “S1 – Produção” da Planilha de Impressão do mês de setembro de 2020, que contém os dados de destino de cada peça, se foi para uso hospitalar ou uso geral, quantidade de peças produzida no dia, quantidade de peças com defeito produzidas, duração real e estimada da produção.

Peças que possuem falha na estrutura, deformação, quebra no teste mecânico ao final da impressão, foram descartadas. Peças com destino geral, possuem pequenas deformações que não atrapalham o uso. Já as peças com destino ao hospital, são peças que passavam por todos os testes de qualidade.

Para a elaboração deste trabalho, utilizou-se os dados presentes nas duas abas apresentadas anteriormente das Planilhas de setembro 2020 a janeiro de 2021.

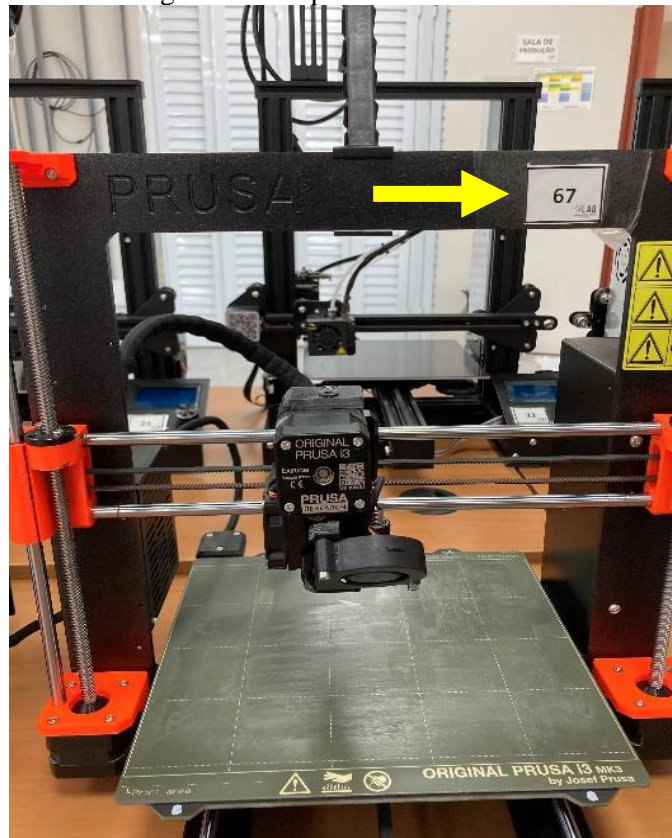
Figura 9 – Aba S1 – Produção na Planilha de Impressão.

| # | Lote | Data | Turno | Rodada | Operador Entrada | Operador Saída | Nº da Máquina | Horário de Início | Duração Real | Destino | Duração Estimada |
|----|------|------------|-------|--------|------------------|----------------|---------------|-------------------|--------------|------------|------------------|
| 1 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Amanda | Maryana | 062 | 10:59 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 2 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Amanda | Maryana | 063 | 10:59 | 01:41 | Hospitalar | 01:41 |
| 3 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Maryana | Maryana | 064 | 10:59 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 4 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Amanda | Maryana | 065 | 10:59 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 5 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Amanda | Maryana | 066 | 10:59 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 6 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Maryana | Lucas Bello | 054 | 11:00 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 7 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Maryana | Lucas Bello | 056 | 11:00 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 8 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Maryana | Lucas Bello | 057 | 11:00 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 9 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Maryana | Lucas Bello | 058 | 11:00 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 10 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Amanda | Lucas Bello | 059 | 11:00 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 11 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | João Vitor | Lucas Bello | 060 | 11:00 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 12 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Amanda | Maryana | 061 | 11:00 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 13 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Amanda | Lucas Bello | 033 | 11:04 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 14 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Lucas Bello | Lucas Bello | 034 | 11:04 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 15 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Lucas Bello | Lucas Bello | 035 | 11:04 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 16 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Lucas Bello | Lucas Bello | 036 | 11:04 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 17 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Amanda | Lucas Bello | 037 | 11:04 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 18 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Amanda | Lucas Bello | 038 | 11:04 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 19 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Lucas Bello | Maryana | 048 | 11:04 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 20 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Lucas Bello | Maryana | 049 | 11:04 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 21 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Lucas Bello | Maryana | 050 | 11:04 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 22 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Lucas Bello | Maryana | 051 | 11:04 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 23 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Maryana | Maryana | 052 | 11:04 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |
| 24 | 179 | 04/01/2021 | M | 1 | Maryana | Maryana | 053 | 11:04 | 01:40 | Hospitalar | 01:41 |

Fonte: Captura de Tela da Planilha de Impressão (2021).

Cada impressora possui um número de identificação, como indicado pela seta amarela na Figura 10. Esse número é utilizado nas planilhas de controle para a identificação da produção da respectiva impressora. O registro da marca referente ao número colado na impressora é feito em uma planilha do *Excel*, a fim de identificá-la nas planilhas.

Figura 10 – Impressora 3D.



Fonte: o Autor (2021).

Os dados referentes a tempo de parada para manutenção, começaram a ser registrados a partir de setembro de 2020, desta forma, este trabalho utilizou para a análise apenas os dados de setembro de 2020 a janeiro de 2021.

Outro fator importante é que apenas as impressoras que estão presentes na aba “atuações” apresentada na Figura 8 puderam ser utilizadas para a análise, uma vez que os dados contidos nessa aba são primordiais para o cálculo dos indicadores que compõe o OEE.

Como visto no Capítulo 2, para o cálculo do OEE os dados necessários são: (i) tempo total disponível para a produção, (ii) tempo de paradas programadas, (iii) tempo de paradas causadas por falhas, (iv) tempo de ciclo teórico, (v) quantidade de itens fabricados e (vi) quantidade de itens fabricados com defeito.

O cálculo do OEE foi realizado para 33 das 48 impressoras que trabalharam na produção do suporte, uma vez que essas possuíam registro dos dados necessários para o cálculo do indicador. As 33 impressoras estão divididas em 5 marcas como ilustra a Tabela 2.

Tabela 1 – Marca das impressoras.

| Marca | Quantidade |
|-----------------------|------------|
| Creality Ender-3 Pro | 6 |
| Creality Ender-3 | 1 |
| Creality Ender-5 Plus | 6 |
| Prusa i3 MK3S | 19 |
| Prusa i3 MK2S | 1 |

Fonte: o Autor (2021).

As impressoras da marca Prusa i3 MK3S representam 57% das 33 impressoras analisadas neste trabalho.

Com os dados coletados nas Planilhas, utilizou-se o *software Excel* para realizar o cálculo dos indicadores de disponibilidade, desempenho, qualidade e por fim o OEE, essa etapa será descrita a seguir no Item 4.3.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS

Após a etapa de coleta de dados, foi elaborada uma planilha no *Excel* com o objetivo de extrair e tratar os dados necessários das Planilhas de Impressão citadas anteriormente, para o cálculo do indicador OEE.

A Figura 11 ilustra a planilha desenvolvida, nela há o cálculo do OEE e o cálculo dos três indicadores que o compõe, disponibilidade, desempenho e qualidade. Cada linha apresenta as informações referentes a uma impressora. Nota-se que na coluna “Impressora” elas estão representadas por números, foi necessário fazer, então, a relação entre o número da impressora e a marca a qual ela corresponde para as análises.

Os tempos utilizados na Planilha foram padronizados em minutos.

Figura 11 – Planilha de Cálculo.

| Data | IMPRESSORA: (MODELO/ NÚMERO) | INDICADORES | | | | | | | | | | | OEE |
|------------|------------------------------------|--|------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------|-------------------|------------|---------------------------------|-------------------|---------|
| | | DISPONIBILIDADE | | | | DESEMPENHO | | | | QUALIDADE | | | |
| | | Tempo total disponível para a produção | Tempo de paradas programadas | Tempo de Carregamento | Tempo de paradas causadas por falhas | Disponibilidade | Tempo de ciclo teórico | Quantidade Processada | Tempo de Operação | Desempenho | Quantidade de peças com defeito | Taxa de Qualidade | |
| 08/09/2020 | 11 | 600 | | 600 | 20 | 96,67% | 123 | 5 | 580 | 106,03% | 3 | 40% | 41,00% |
| 08/09/2020 | 21 | 600 | | 600 | 15 | 97,50% | 148 | 4 | 585 | 101,20% | 3 | 25% | 24,67% |
| 08/09/2020 | 36 | 600 | | 600 | 20 | 96,67% | 125 | 5 | 580 | 107,76% | 3 | 40% | 41,67% |
| 08/09/2020 | 37 | 600 | | 600 | 20 | 96,67% | 125 | 5 | 580 | 107,76% | 3 | 40% | 41,67% |
| 08/09/2020 | 38 | 600 | | 600 | 10 | 98,33% | 125 | 6 | 590 | 127,12% | 4 | 33% | 41,67% |
| 08/09/2020 | 61 | 600 | | 600 | 15 | 97,50% | 125 | 5 | 585 | 106,84% | 0 | 100% | 104,17% |
| 10/09/2020 | 25 | 600 | 35 | 565 | | 100,00% | 137 | 4 | 565 | 96,99% | 0 | 100% | 96,99% |
| 10/09/2020 | 28 | 600 | 35 | 565 | | 100,00% | 137 | 4 | 565 | 96,99% | 0 | 100% | 96,99% |
| 10/09/2020 | 30 | 600 | 35 | 565 | | 100,00% | 137 | 4 | 565 | 96,99% | 0 | 100% | 96,99% |
| 11/09/2020 | 26 | 600 | 30 | 570 | | 100,00% | 137 | 4 | 570 | 96,14% | 0 | 100% | 96,14% |
| 11/09/2020 | 29 | 600 | 35 | 565 | | 100,00% | 137 | 4 | 565 | 96,99% | 0 | 100% | 96,99% |
| 14/09/2020 | 21 | 600 | 25 | 575 | | 100,00% | 148 | 5 | 575 | 128,70% | 3 | 40% | 51,48% |
| 14/09/2020 | 21 | 600 | | 600 | 20 | 96,67% | 148 | 5 | 580 | 127,59% | 3 | 40% | 49,33% |
| 14/09/2020 | 24 | 600 | 30 | 570 | | 100,00% | 148 | 4 | 570 | 103,86% | 1 | 75% | 77,89% |
| 14/09/2020 | 42 | 600 | | 600 | 20 | 96,67% | 125 | 4 | 580 | 86,21% | 1 | 75% | 62,50% |
| 14/09/2020 | 48 | 600 | | 600 | 20 | 96,67% | 125 | 5 | 580 | 107,76% | 4 | 20% | 20,83% |
| 14/09/2020 | 57 | 600 | | 600 | 20 | 96,67% | 125 | 6 | 580 | 129,31% | 4 | 33% | 41,67% |
| 14/09/2020 | 58 | 600 | | 600 | 20 | 96,67% | 125 | 5 | 580 | 107,76% | 4 | 20% | 20,83% |
| 14/09/2020 | 61 | 600 | | 600 | 20 | 96,67% | 125 | 4 | 580 | 86,21% | 3 | 25% | 20,83% |
| 15/09/2020 | 21 | 600 | | 600 | 5 | 99,17% | 148 | 5 | 595 | 124,37% | 1 | 80% | 98,67% |

Fonte: o Autor (2021).

Como citado anteriormente, foram utilizadas duas abas das planilhas representadas na Figura 9 e Figura 10 para a extração dos dados e elaboração da Planilha de Cálculo apresentada na Figura 11. Da aba “atuações” foram extraídos os dados de tipo de manutenção e seu tempo de duração e a data em que ocorreu. Após a coleta desses dados, utilizando o número da impressora e a data da manutenção buscou-se na aba “S1 – Produção” os dados referentes a quantidade de itens produzidos com e sem defeito e tempo de ciclo teórico. Assim foi elaborada a Planilha de Cálculo utilizada para a realização dos cálculos dos indicadores do OEE.

A Planilha de Impressão é organizada de forma que cada linha apresenta os dados referentes a uma impressora, assim, impressoras que apresentaram mais de uma falha no mesmo dia, por exemplo, possuem duas linhas registradas na aba de “atuações” com a mesma data, porém com horários e motivos diferentes para as falhas. Para esses casos e para os casos em que houve o registro de falha do mesmo modelo de impressoras em mais de um dia de produção, utilizou-se o somatório do tempo total disponível para a produção, do tempo de paradas programadas, do tempo de carregamento, do tempo de paradas por falhas, da quantidade total produzida com defeito e sem defeito e foi feito o cálculo dos indicadores de disponibilidade, desempenho e qualidade, e por fim utilizando esses resultados, fez-se o cálculo do OEE, considerando assim, apenas uma linha para a impressora.

Com a Planilha de Cálculo organizada de maneira que cada linha representa os dados referentes a um modelo específico de impressora pôde-se realizar a correspondência entre número da máquina e modelo da máquina. A Tabela 2 apresenta a correspondência número e máquina das 33 impressoras analisadas.

Tabela 2 – Correspondência número e marca.

| Número Planilha LAB | Marca |
|---------------------|-----------------------|
| 11 | Prusa i3 MK2S |
| 14 | Creality Ender-3 Pro |
| 15 | Creality Ender-3 Pro |
| 18 | Creality Ender-3 |
| 21 | Creality Ender-3 Pro |
| 22 | Creality Ender-3 Pro |
| 23 | Creality Ender-3 Pro |
| 24 | Creality Ender-3 Pro |
| 25 | Creality Ender-5 Plus |
| 26 | Creality Ender-5 Plus |
| 27 | Creality Ender-5 Plus |
| 28 | Creality Ender-5 Plus |
| 29 | Creality Ender-5 Plus |
| 30 | Creality Ender-5 Plus |
| 36 | Prusa i3 MK3S |
| 37 | Prusa i3 MK3S |
| 38 | Prusa i3 MK3S |
| 40 | Prusa i3 MK3S |
| 42 | Prusa i3 MK3S |
| 43 | Prusa i3 MK3S |
| 44 | Prusa i3 MK3S |
| 45 | Prusa i3 MK3S |
| 48 | Prusa i3 MK3S |
| 49 | Prusa i3 MK3S |
| 51 | Prusa i3 MK3S |
| 52 | Prusa i3 MK3S |
| 54 | Prusa i3 MK3S |
| 57 | Prusa i3 MK3S |
| 58 | Prusa i3 MK3S |
| 61 | Prusa i3 MK3S |
| 62 | Prusa i3 MK3S |
| 63 | Prusa i3 MK3S |
| 65 | Prusa i3 MK3S |

Fonte: o Autor (2020).

A análise teve início com o cálculo de cada indicador que o compõe o OEE, disponibilidade, desempenho e qualidade, a fim de entender o número final que ele informa. Assim, é possível identificar qual dos três indicadores é responsável por influenciar o resultado do OEE para cima ou para baixo.

O primeiro indicador analisado foi disponibilidade que leva em consideração o tempo total disponível para a produção, tempo de carregamento e o tempo de parada não planejada das máquinas. Para a definição do tempo total disponível para a produção, foi utilizado o número de itens produzidos por dia. Em dias nos quais a impressora produziu 7 itens, considerou-se 720 minutos como o tempo total disponível para a produção dela, já em dias nos quais a produção foi de 6 itens, considerou-se 600 minutos com tempo total disponível.

Para o cálculo do tempo de paradas programadas foi considerado o tempo de manutenção preventiva registrado na Planilha de Impressão indicada na Figura 8. Já o tempo de parada não planejada foi calculado utilizando o tempo de manutenções corretivas indicado na aba de “atuações” da Planilha de Impressão, também presente na Figura 8 deste documento. O tempo de carregamento foi calculado por meio da subtração do tempo total disponível para a produção e o tempo de paradas programadas.

É importante apontar que os tempos de manutenções corretivas indicados na Planilha de Impressão são referentes a manutenções feitas na própria sala de impressão, ou seja, são manutenções simples. Entretanto, as manutenções corretivas mais complexas que não podem ser solucionadas por meio da atuação do operador da máquina são realizadas em outro ambiente. Uma limitação para este trabalho foi a obtenção do tempo em que as impressoras ficaram fora da linha de produção para a realização da manutenção corretiva complexa.

O tempo de *set up* não é registrado na Planilha de Impressão, entretanto, ele pode ser inferido pelo horário previsto para o início da impressão e a horário real de início da impressão. Desta forma, foi realizada a inferência do tempo de *set up* e este foi calculado por impressora. Após, foi calculada a média mensal do tempo de *set up* inferido para cada impressora, e essa média foi considerada para o cálculo do indicador de disponibilidade.

A Figura 12 apresenta uma amostra da planilha em que foi feito o cálculo do indicador de disponibilidade, cada linha representa a produção de uma impressora em um dia, determinado na coluna “Data”.

Figura 12 – Cálculo do indicador de disponibilidade.

| Data | IMPRESSOR A: (MODELO/ NÚMERO) | DISPONIBILIDADE | | | | |
|------------|-------------------------------|--|------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------|
| | | Tempo total disponível para a produção | Tempo de paradas programadas | Tempo de Carregamento | Tempo de parada não planejada | Disponibilidade |
| 08/09/2020 | 11 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% |
| 08/09/2020 | 21 | 600 | | 600 | 45 | 87,50% |
| 08/09/2020 | 36 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% |
| 08/09/2020 | 37 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% |
| 08/09/2020 | 38 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% |
| 08/09/2020 | 61 | 600 | | 600 | 45 | 87,50% |
| 10/09/2020 | 25 | 600 | 35 | 565 | 30 | 89,38% |
| 10/09/2020 | 28 | 600 | 35 | 565 | 30 | 89,38% |
| 10/09/2020 | 30 | 600 | 35 | 565 | 30 | 89,38% |
| 11/09/2020 | 26 | 600 | 30 | 570 | 30 | 89,47% |
| 11/09/2020 | 29 | 600 | 35 | 565 | 30 | 89,38% |

Fonte: o Autor (2021).

Após o cálculo da disponibilidade considerando os critérios apontados acima, foi identificado que as 33 impressoras apresentaram este indicador dentro do patamar ideal definido por Nakajima (1988), superior ou igual a 90%.

A Tabela 3 ilustra o total de impressoras de cada marca apresentado na segunda coluna, a média do indicador de disponibilidade na terceira coluna e a porcentagem de impressoras de cada marca que operaram abaixo do percentual ideal na quarta coluna. O indicador de % de disponibilidade apresentado na terceira coluna foi calculado utilizando a média dos indicadores das impressoras referentes a cada máquina.

Tabela 3 – Análise de disponibilidade por marcas.

| Disponibilidade | Total de Máquinas | % de Disponibilidade | % Fora do Ideal |
|------------------------------|-------------------|----------------------|-----------------|
| Creality Ender-3 Pro | 6 | 93,68% | 0% |
| Creality Ender-3 | 1 | 93,33% | 0% |
| Creality Ender-5 Plus | 6 | 94,73% | 0% |
| Prusa i3 MK3S | 19 | 83,32% | 0% |
| Prusa i3 MK2S | 1 | 91,67% | 0% |

Fonte: o Autor (2021).

Para a visualização da quantidade de tempo despendido para manutenções corretivas, elaborou-se a Tabela 4 que contém a quantidade de minutos que as impressoras ficaram em manutenções corretivas. As impressoras da marca Creality Ender-3 Pro apresentaram o maior tempo de manutenção corretiva por impressora, com média de 46 minutos por impressora.

Nota-se que a marca que apresentou menor média de tempo de manutenção corretiva por impressora foi a Creality Ender-5 Plus, com média de 9.7 minutos. Também, foi a marca que apresentou maior percentual de disponibilidade, com 94,73%.

Tabela 4 – Tempo para manutenção corretiva.

| Marca | Tempo de paradas causadas por falhas (minutos) | Quantidade de impressoras | Média de tempo parada por impressora (minutos) |
|-----------------------|--|---------------------------|--|
| Creality Ender-3 Pro | 273 | 6 | 45,5 |
| Creality Ender-3 | 10 | 1 | 10,0 |
| Creality Ender-5 Plus | 58 | 6 | 9,7 |
| Prusa i3 MK3S | 438 | 19 | 23,1 |
| Prusa i3 MK2S | 20 | 1 | 20,0 |

Fonte: o Autor (2021).

Em seguida, analisou-se o indicador de desempenho, que leva em consideração, para seu cálculo, o tempo de ciclo teórico, a quantidade de itens processados e o tempo de operação. Foi identificado que 26 das 33 impressoras (78%) possuem o indicador dentro do patamar ideal, superior a 95%, definido por Nakajima (1988).

A Figura 13 apresenta uma amostra da planilha em que foi feito o cálculo do indicador de desempenho. O tempo de ciclo teórico foi retirado da Planilha de Impressão por meio da coluna de “Duração Estimada” fornecido pelo *software* Fatiador, utilizado para programar a produção. A quantidade processada por dia de cada impressora foi extraída da aba “S1 – produção” e “S2 – produção” da Planilha de Impressão. Por fim, o tempo de operação foi calculado por meio da subtração do tempo de carregamento e o tempo de paradas para manutenções corretivas extraído da aba “Atuações” da Planilha de Impressão.

Figura 13 – Cálculo do indicador de desempenho.

| Data | IMPRESSOR A: (MODELO/ NÚMERO) | DESEMPENHO | | | |
|------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------|----------------|
| | | Tempo de ciclo teórico | Quantidade Processada | Tempo de Operação | Desempenho |
| 08/09/2020 | 11 | 123 | 5 | 580 | 106,03% |
| 08/09/2020 | 21 | 148 | 4 | 585 | 101,20% |
| 08/09/2020 | 36 | 125 | 5 | 580 | 107,76% |
| 08/09/2020 | 37 | 125 | 5 | 580 | 107,76% |
| 08/09/2020 | 38 | 125 | 6 | 590 | 127,12% |
| 08/09/2020 | 61 | 125 | 5 | 585 | 106,84% |
| 10/09/2020 | 25 | 137 | 4 | 565 | 96,99% |
| 10/09/2020 | 28 | 137 | 4 | 565 | 96,99% |
| 10/09/2020 | 30 | 137 | 4 | 565 | 96,99% |
| 11/09/2020 | 26 | 137 | 4 | 570 | 96,14% |
| 11/09/2020 | 29 | 137 | 4 | 565 | 96,99% |

Fonte: o Autor (2021).

Ao fazer a análise por marca das impressoras, identificou-se que as marcas Creality Ender-3 e Prusa i3 MK2S obtiveram todas as impressoras operando dentro do patamar ideal. Já a marca Creality Ender-3 Pro possui o maior percentual de impressoras fora do patamar ideal que representa 50% do total.

Vale ressaltar que o percentual de desempenho foi calculado a partir da média do indicador de desempenho das 33 impressoras, por isso na coluna 3 da Tabela 5 apresenta valores superiores ao ideal definido por Nakajima (1988) de 95%. O percentual fora do ideal apresentado na quarta coluna da Tabela 5 foi calculado a partir da contagem de impressoras que registraram percentual de desempenho inferior a 95% dividido pela quantidade total de impressoras daquela marca.

Análoga a Tabela 3, a Tabela 5 apresenta os dados referentes ao indicador de desempenho por marca.

Tabela 5 – Análise de desempenho por marcas.

| Desempenho | Total de Máquinas | % de Desempenho | % Fora do Ideal |
|-----------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Creality Ender-3 Pro | 6 | 111% | 50% |
| Creality Ender-3 | 1 | 106% | 0% |
| Creality Ender-5 Plus | 6 | 102% | 17% |
| Prusa i3 MK3S | 19 | 100% | 16% |
| Prusa i3 MK2S | 1 | 112% | 0% |

Fonte: o Autor (2021).

Por fim, para completar a análise individual dos três indicadores que compõe o OEE, analisou-se o indicador de qualidade, que leva em consideração a quantidade de itens produzidos por dia com defeito e a quantidade de itens passíveis de uso. Foi identificado que apenas 6, das 33 impressoras possuem o indicador dentro do patamar ideal, ou seja, taxa de qualidade acima de 99%. Sendo assim, 82% das impressoras possuem taxa de qualidade fora do patamar ideal.

A Figura 14 apresenta uma amostra da planilha em que foi feito o cálculo do indicador de qualidade. Os dados de quantidade processada e a quantidade de peças com defeito foram retirados das abas “S1 – produção” e “S2 – produção” da Planilha de Impressão e são referentes a produção de um dia, especificado na coluna “Data”, pela impressora determinada na coluna “Impressora: (Modelo/Número)”.

Figura 14 – Cálculo do indicador de qualidade.

| Data | IMPRESSORA: (MODELO/ NÚMERO) | QUALIDADE | | |
|------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------|
| | | Quantidade Processada | Quantidade de peças com defeito | Qualidade |
| | | 08/09/2020 | 11 | 5 |
| 08/09/2020 | 21 | 4 | 3 | 25% |
| 08/09/2020 | 36 | 5 | 3 | 40% |
| 08/09/2020 | 37 | 5 | 3 | 40% |
| 08/09/2020 | 38 | 6 | 4 | 33% |
| 08/09/2020 | 61 | 5 | 0 | 100% |
| 10/09/2020 | 25 | 4 | 0 | 100% |
| 10/09/2020 | 28 | 4 | 0 | 100% |
| 10/09/2020 | 30 | 4 | 0 | 100% |
| 11/09/2020 | 26 | 4 | 0 | 100% |
| 11/09/2020 | 29 | 4 | 0 | 100% |

Fonte: o Autor (2021).

Analisou-se também o indicador de qualidade por marca das máquinas a fim de identificar qual marca possuiu melhor performance neste indicador. No quesito qualidade, a

marca que apresentou melhor resultado no indicador foi a marca Creality Ender-5 Plus, que obteve apenas 33% das máquinas operando abaixo de 99% no indicador de qualidade.

Chegou-se à conclusão de que as impressoras que possuem pior desempenho neste indicador são das marcas Creality Ender-3 Pro, Creality Ender-3 e Prusa i3 MK2S, com 100% das máquinas operando abaixo do percentual ideal para a taxa de qualidade.

Análoga as Tabelas 3 e 5, a Tabela 6 apresenta os dados referentes ao indicador de desempenho por marca.

Tabela 6 – Análise de qualidade por marcas.

| Qualidade | Total de Máquinas | % de Qualidade | % Fora do Ideal |
|-----------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| Creality Ender-3 Pro | 6 | 64% | 100% |
| Creality Ender-3 | 1 | 58% | 100% |
| Creality Ender-5 Plus | 6 | 74% | 33% |
| Prusa i3 MK3S | 19 | 68% | 89% |
| Prusa i3 MK2S | 1 | 40% | 100% |

Fonte: o Autor (2021).

A análise separada de cada indicador tornou possível a identificação do impacto que cada um deles teve no resultado do OEE. Identificou-se que o indicador de qualidade é o que necessita de mais melhorias para atingir o patamar ideal, e seu resultado corroborou para a obtenção do 70% para o indicador OEE, 15 pontos percentuais abaixo do ideal definido por Nakajima (1988).

A Figura 15 apresenta uma amostra da planilha em que foi feito o cálculo do indicador OEE. O cálculo foi realizado por meio da multiplicação dos três indicadores, como apresentado na Figura 15. O indicador foi calculado para cada impressora no dia de produção especificado na coluna “Data” da Figura 15.

Figura 15 – Cálculo do indicador OEE.

| Data | IMPRESSORA: (MODELO/NÚMERO) | DISPONIBILIDADE | | | | | DESEMPENHO | | | QUALIDADE | | OEE | |
|------------|-----------------------------|--|------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------|-------------------|------------|---------------------------------|------|-------------------|
| | | Tempo total disponível para a produção | Tempo de paradas programadas | Tempo de Carregamento | Tempo de parada não planejada | Disponibilidade | Tempo de ciclo teórico | Quantidade Processada | Tempo de Operação | Desempenho | Quantidade de peças com defeito | | Taxa de Qualidade |
| 08/09/2020 | 11 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% | 123 | 5 | 520 | 118,27% | 3 | 40% | =S4*Q4*W4 |
| 08/09/2020 | 21 | 600 | | 600 | 45 | 87,50% | 148 | 4 | 525 | 112,76% | 3 | 25% | 24,67% |
| 08/09/2020 | 36 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% | 125 | 5 | 520 | 120,19% | 3 | 40% | 41,67% |
| 08/09/2020 | 37 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% | 125 | 5 | 520 | 120,19% | 3 | 40% | 41,67% |
| 08/09/2020 | 38 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 125 | 6 | 530 | 141,51% | 4 | 33% | 41,67% |
| 08/09/2020 | 61 | 600 | | 600 | 45 | 87,50% | 125 | 5 | 525 | 119,05% | 0 | 100% | 104,17% |
| 10/09/2020 | 25 | 600 | 35 | 565 | 30 | 89,38% | 137 | 4 | 505 | 108,51% | 0 | 100% | 96,99% |
| 10/09/2020 | 28 | 600 | 35 | 565 | 30 | 89,38% | 137 | 4 | 505 | 108,51% | 0 | 100% | 96,99% |
| 10/09/2020 | 30 | 600 | 35 | 565 | 30 | 89,38% | 137 | 4 | 505 | 108,51% | 0 | 100% | 96,99% |
| 11/09/2020 | 26 | 600 | 30 | 570 | 30 | 89,47% | 137 | 4 | 510 | 107,45% | 0 | 100% | 96,14% |
| 11/09/2020 | 29 | 600 | 35 | 565 | 30 | 89,38% | 137 | 4 | 505 | 108,51% | 0 | 100% | 96,99% |

Fonte: o Autor (2021).

A Tabela 7 ilustra o valor do OEE por marca das impressoras. Nota-se que assim como no indicador de qualidade, mencionado anteriormente, as marcas que possuíram maior

quantidade de impressoras fora do percentual ideal foram: Creality Ender-3 Pro, Creality Ender-3 e Prusa i3 MK2S.

O percentual do OEE indicado na terceira coluna da Tabela 7 foi calculado pela média do indicador OEE das impressoras separadas por marca e o percentual fora do ideal foi calculado pela contagem do resultado do OEE de cada impressora que ficou fora do patamar definido por Nakajima (1988) sobre o total de impressoras daquela marca.

Tabela 7 – Análise do OEE por marcas.

| OEE | Total de Máquinas | % do OEE | % Fora do Ideal |
|------------------------------|-------------------|----------|-----------------|
| Creality Ender-3 Pro | 6 | 71% | 100% |
| Creality Ender-3 | 1 | 74% | 100% |
| Creality Ender-5 Plus | 6 | 97% | 17% |
| Prusa i3 MK3S | 19 | 69% | 74% |
| Prusa i3 MK2S | 1 | 41% | 100% |

Fonte: o Autor (2021).

Vale ressaltar que a análise dos indicadores para as marcas Creality Ender-3 e Prusa i3 levou em consideração dados de apenas uma impressão, uma vez os dados registrados possibilitavam apenas a análise individual delas.

Após a organização dos dados e o cálculo dos indicadores, foi elaborada a Tabela 8 para visualizar quais dos três indicadores que compõe o cálculo do OEE estavam fora do percentual ideal definido por Nakajima (1988), em que os resultados ideais para cada um dos indicadores são:

- Disponibilidade superior ou igual a 90%;
- Desempenho superior ou igual a 95%;
- Taxa de qualidade superior ou igual a 99%.

A multiplicação do resultado ideal dos três indicadores acima resulta em superior ou igual a 85% como percentual ideal para o indicador OEE.

A Tabela 8 apresenta a quantidade de máquinas que operaram fora do percentual ideal de cada indicador. O percentual ideal indicado na Tabela 8 é em referência ao valor base definido por Nakajima (1988) indicado acima.

Tabela 8 – Quantidade de impressoras fora do percentual ideal.

| | Disponibilidade | Desempenho | Qualidade | OEE |
|----------------------------------|-----------------|------------|-----------|-----|
| Abaixo do % ideal | 0 | 7 | 27 | 23 |
| Dentro do % ideal | 33 | 26 | 6 | 10 |
| Total de Máquinas | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Porcentagem Fora do ideal | 0% | 21% | 82% | 70% |

Fonte: o Autor (2021).

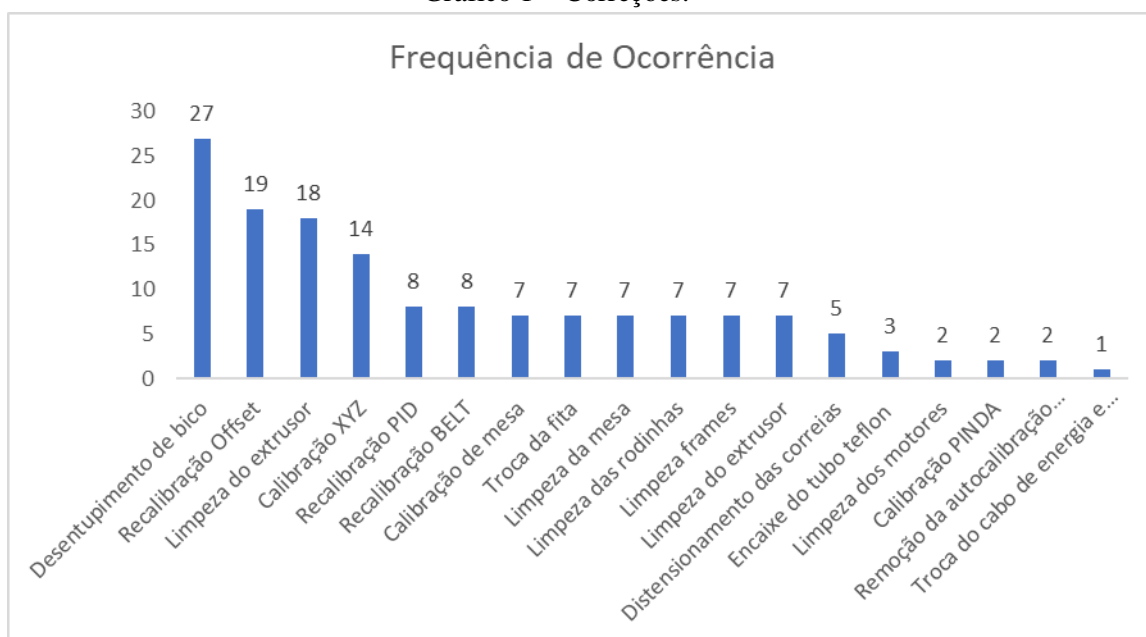
Nota-se que 70% das impressoras analisadas estão fora do percentual ideal de OEE definido por Nakajima (1988) e a média do OEE das 33 impressoras foi de 71,6%. Entretanto, todas as impressoras analisadas se encontram dentro do percentual ideal de disponibilidade e a média deste indicador foi de 98%. O indicador com maior porcentagem de impressoras operando fora do percentual ideal foi o de qualidade, com 82% das impressoras operando abaixo do ideal de 99%, apresentando uma média de 72,9%.

A planilha completa com o cálculo dos indicadores de qualidade, desempenho, qualidade e por fim o OEE, de todas as impressoras analisadas neste estudo encontra-se no Apêndice I deste documento.

O último passo da análise de dados foi a construção do Gráfico 1 que aponta a frequência de atuações que foram necessárias serem feitas nas impressoras, durante o período de impressão, causando assim, a parada acidental dela.

A Gráfico 1 apresenta, no eixo x o procedimento realizado na impressora, e no eixo y, a quantidade de vezes que a impressora parou para a realização desse procedimento. A Quadro 4 apresenta uma melhor visualização dos procedimentos presentes no eixo x.

Gráfico 1 – Correções.



Fonte: o Autor (2021).

De acordo com o Gráfico 1, o desentupimento do bico foi o procedimento realizado com mais frequência durante o período de impressão, gerando assim, paradas para a sua correção.

O Quadro 4 apresenta a legenda correspondente ao eixo x para a melhor visualização.

Quadro 4 – Legenda do Gráfico 1.

| Legenda no gráfico | Frequência |
|--|------------|
| Desentupimento de bico | 27 |
| Recalibração Offset | 19 |
| Limpeza do extrusor | 18 |
| Calibração XYZ | 14 |
| Recalibração PID | 8 |
| Recalibração BELT | 8 |
| Calibração de mesa | 7 |
| Troca da fita | 7 |
| Limpeza da mesa | 7 |
| Limpeza das rodinhas | 7 |
| Limpeza frames | 7 |
| Limpeza do extrusor | 7 |
| Distensionamento das correias | 5 |
| Encaixe do tubo teflon | 3 |
| Limpeza dos motores | 2 |
| Calibração PINDA | 2 |
| Remoção da autocalibração inicial | 2 |
| Troca do cabo de energia e recolocação dos fios da fonte | 1 |

Fonte: o Autor (2021).

4.4 SUGESTÃO DE MELHORIAS

Conforme apresentado anteriormente, o indicador OEE é composto por três indicadores: disponibilidade, desempenho e qualidade. Os resultados obtidos na análise dos dados do LAB, apresentados no Capítulo 4.3, indicam que a média do OEE das 33 impressoras é de 71,6%, 11,1 pontos percentuais abaixo do valor ideal definido por Nakajima (1988), de 85%. Desta forma, há espaço para melhorias com o objetivo de aumentar o indicador e consequentemente aumentar a disponibilidade, desempenho e qualidade das impressoras. Essas melhorias serão apresentadas neste item.

A estabilidade de máquinas compõe a base do Sistema Toyota de Produção, sendo assim, diversas ferramentas que compõe o STP podem ser aplicadas a fim de melhorias no fluxo de processos e operações.

Hansen (2001) apresenta seis medidas gerenciais que podem ser aplicadas para a melhoria do indicador OEE, conforme mostrado no Quadro 5.

Quadro 5 – Medidas de melhorias para o OEE.

| | |
|--|---|
| 1. Adotar a disciplina e honestidade com os resultados | Computar as oportunidades financeiras das melhorias; Elaborar um plano de ação realista para reduzir a diferença entre o OEE obtido e o de classe mundial; Formar equipes para identificar as raízes dos problemas; Educar e treinar o time. |
| 2. Definir os processos críticos, assim como sua hierarquia | Definir as expectativas para as metas e a estrutura recompensas aos trabalhadores; Abordar os principais gargalos, uma vez que identificados; O OEE e os métodos de gerenciamento de restrições devem trabalhar em sinergia. |
| 3. Compartilhar as metas e planos para atacar os gargalos com os trabalhadores | Deixar claro o significado das melhorias e apresentar razões para realizar as mudanças necessárias; Deixar claro a estrutura de recompensa aos trabalhadores. |
| 4. Treinar os membros sobre as medições do OEE e como coletar e conciliar as informações | A compreensão das categorias de coleta de dados e como as perdas afetam o OEE auxilia que as equipes eliminem os problemas raiz. |
| 5. Gerir os recursos (dinheiro, pessoas, tempo e treinamento) | Introduzir novas técnicas e programas; Controlar falhas e técnicas de segurança; Exigir qualidade aos fornecedores; Aplicar técnicas de mudança rápida para operações e tarefas repetitivas de manutenção. |
| 6. Usar as medidas do OEE em todos os níveis da planta | Coletar os dados a fim de que qualquer melhoria seja refletida no OEE; Divulgar constantemente o resultado do OEE, assim qualquer anomalia pode ser identificada e rapidamente investigada. |

Fonte: Hansen, (2001). (Adaptado).

Conforme apresentado no Capítulo 2, Nakajima (1988) também aponta medidas gerenciais a serem tomadas com o objetivo de aumentar o OEE, são elas: manter registros precisos da operação dos equipamentos para que a gestão possa tomar decisões baseada em dados, e definir uma escala precisa para medir as condições de operação dos equipamentos.

Analisando pela ótica dos equipamentos, Nakajima (1988) propõe cinco contramedidas para ajudar a eliminar falhas, são elas: (i) manter bem reguladas as condições básicas de limpeza, lubrificação e trepidação, (ii) aderir aos procedimentos operacionais adequados, (iii) restaurar a deterioração, (iv) melhorar fraquezas no design e (v) melhorar habilidades de operação e manutenção.

Fogliatto e Ribeiro (2009) classificam a contramedida (i) como estruturação da manutenção autônoma, que segundo o autor implica o envolvimento dos operadores nas operações diárias de manutenção, são elas: limpeza, inspeção, lubrificação e reaperto. A manutenção autônoma permite detectar e tratar pequenas anomalias antes que elas se desenvolvam e conduzam a falha do equipamento. Sua estruturação se inicia por meio da capacitação dos operadores, atitude que reduz as seis grandes perdas (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

A etapa de aderir aos procedimentos operacionais adequados (ii) refere-se às atividades gerenciais de instalações e posta em marcha dos equipamentos assegurando a estes o desempenho oferecido pelo fabricante (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009). Ainda de acordo com o autor, essa é uma tarefa conduzida em conjunto pela engenharia e o departamento de manutenção.

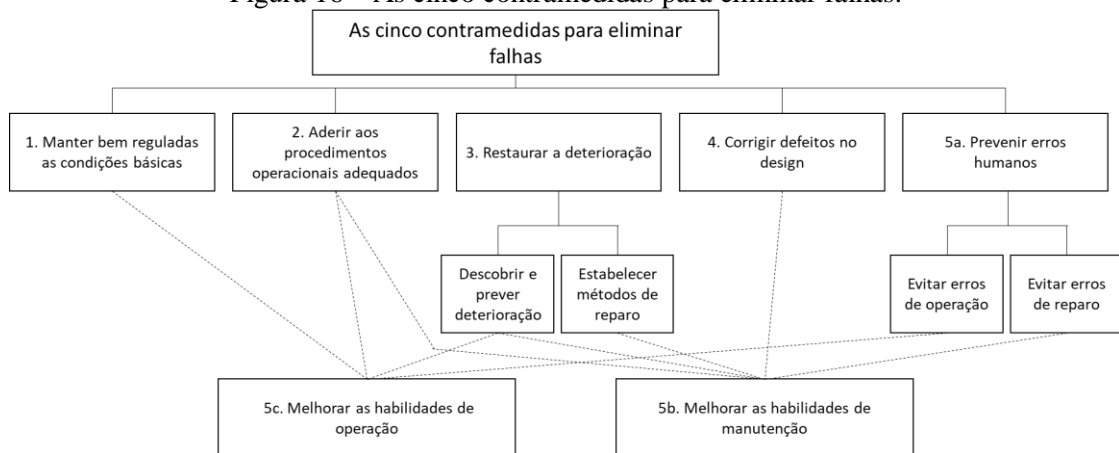
Restaurar a deterioração (iii) é nomeada por Fogliatto e Ribeiro (2009) como a estruturação da manutenção planejada e em geral conduz a reorganização do departamento de manutenção da empresa. Segundo o autor, a missão da manutenção no contexto organizacional deve estar alinhada com as estratégias de produção.

A melhoria nas fraquezas do projeto (iv) deve ser feita levando em consideração o papel do equipamento na linha de produção e os valores de OEE (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009). Devem ser priorizada a realização de melhorias em equipamentos gargalo e naqueles que não possuam redundância.

Quando se trata de melhorar as habilidades de operação e manutenção (v), refere-se à capacitação técnica dos operadores, que constitui a base que sustenta as demais atividades. A capacitação deve ser abrangente contemplando gerentes, engenheiros, supervisores, operadores e técnicos de manutenção (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

A Figura 12 apresenta as relações entre as cinco contramedidas propostas acima. Como pode se observar, deve-se haver o alinhamento e a cooperação entre os departamentos de operação e manutenção em que cada um deve entender o papel do outro e todos envolvidos com a operação de equipamentos devem trabalhar para eliminar falhas (NAKAJIMA, 1988).

Figura 16 – As cinco contramedidas para eliminar falhas.



Fonte: NAKAJIMA (1988). (Adaptado).

Nota-se que para obter-se aumento no OEE, além da aplicação das medidas citadas na Figura 12, deve-se, também, levar em consideração a aplicação de contramedidas corretas para cada etapa do ciclo de vida do equipamento.

Conforme observado na Figura 12, todas as contramedidas necessitam da melhoria nas habilidades de operação e manutenção, portanto, o investimento em capacitação técnica é essencial para a melhora dos indicadores do OEE. Nakajima (1988) aponta que as falhas acidentais são causadas principalmente por erros na operação, desta forma, é necessário assegurar que o operador tenha conhecimento para operar corretamente as máquinas.

Além de capacitação técnica, uma medida essencial para a prevenção de falhas é a manutenção. Conforme apresentado no Capítulo 2.2.1 deste documento, a manutenção preventiva é destinada a reduzir a probabilidade de falha ou degradação do funcionamento de um item (ABNT 5462, 1994).

A redução de falhas nos equipamentos aumenta os três indicadores que compõe o OEE. A disponibilidade aumenta uma vez que ao reduzir falhas, o tempo de paradas não planejadas diminui, aumentando o numerador da Equação III.

$$\text{disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de Carregamento} - \text{Tempo de parada não planejada}}{\text{Tempo de carregamento}} \quad (\text{III})$$

Por sua vez, o desempenho apresenta melhorias haja vista que ao reduzir as falhas, a quantidade processada aumenta no período analisado, aumentando assim, o numerador da Equação VI.

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{tempo de ciclo teórico} \times \text{quantidade processada}}{\text{Tempo de operação}} \quad (\text{VI})$$

Por fim, o indicador de qualidade sofre melhorias com a redução de falhas nos equipamentos, uma vez que a quantidade de itens com defeitos diminui, aumentando assim o numerador da Equação VII.

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{quantidade processada} - \text{quantidade com defeito}}{\text{quantidade processada}} \quad (\text{VII})$$

Conforme apresentado no Capítulo 4.3, o indicador de qualidade foi o que apresentou resultado mais distante do ideal de 99% definido por Nakajima (1988). As 33 impressoras apresentaram a média de 72,9% no indicador. Diante disso, com base em Hoeft (2013), sugere-se que inicialmente os esforços sejam direcionados ao aumento deste indicador por meio de manutenções preventivas e envolvimento prévio do fornecedor.

5 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho consiste em analisar o indicador OEE para a gestão da estabilidade de máquinas em impressoras 3D por meio de um estudo de caso. Os resultados apontam que a média do OEE das 33 impressoras analisadas resultou em 71,6%.

Como parte do desenvolvimento deste trabalho, realizou-se uma revisão de literatura sobre o Sistema Toyota de Produção, sobre manutenção e sobre a Manutenção Produtiva Total, apresentados no Capítulo 2, sendo essenciais para o embasamento da análise dos dados coletados.

A metodologia utilizada consiste no estudo de caso com objetivo exploratório, de natureza aplicada e abordagem quantitativa.

Conforme apresentado neste trabalho, o OEE é composto pela multiplicação de três indicadores: disponibilidade, desempenho e qualidade. O resultado apresentado na análise dos dados aponta que o indicador de qualidade é o que se encontra mais distante do valor ideal definido por Nakajima (1988). Desta forma, a fim de aumentar o indicador, é proposto a realização de manutenções preventivas programadas, o acompanhamento e o envolvimento dos fornecedores no processo produtivo.

Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se a análise dos custos referentes às paradas por falhas nas impressoras e o registro contínuo dos dados de falhas durante as impressões, a fim de realizar a comparação mensal do indicador OEE, tornando visível e metrificado a evolução do mesmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R; JR, J. TAKT-TIME: Conceitos E Contextualização Dentro Do Sistema Toyota De Produção. *Gestão & Produção*. V.8, n.1, p.1-18, abr. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Informação e documentação: Referências. Rio de Janeiro, p. 7. 1994.

BALLÉ, M.; EVESQUE, B. A casa STP é uma luz orientadora para a empresa que deseja iniciar sua jornada lean. Lean Institute Brasil, 2016. Disponível em: <<https://www.lean.org.br/artigos/453/a-casa-stp-e-uma-luz-orientadora-para-a-empresa-que-deseja-iniciar-sua-jornada-lean.aspx>>

BAMBER, C. J. et al. Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 9, n. 3, p. 223-238, 2003. <http://dx.doi.org/10.1108/13552510310493684>.

CHENG, T. C. E; PODOLSKY, S. Just-in-time manufacturing: an introduction. U.K.: Chapman & hall, 1993.

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica Active teaching methodologies principles: a theoretical approach. *Revista Thema*, v. 14, n. 268, p. 268–288, 2017.

DENNIS, P. Produção Lean Simplificada. 2ªed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FOGLIATTO, F; RIBEIRO, J. Confiabilidade e Manutenção Industrial. Elsevier Editora Ltda, 2009. ISBN 978-85-352-3353-7.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GHINATO, P. Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: Produção e Competitividade: aplicações e inovações. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000.

GIL, A. C.; Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª edição. São Paulo: Atlas, 2002.

GRSS/DIVISA/SVS/SES-DF. Nota Técnica GRSS/DIVISA n. 01/2020: Brasília, 2020. Disponível em: <http://www.saude.df.gov.br/wp-content/uploads/2020/02/Nota_Tecnica_Hospitais_Gerencia_Risco.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2021.

HANSEN R. C. Overall Equipment Effectiveness: a powerful productio/maintenance tool for increased profits. Industrial Press Inc. Novembro, 2001.

HOEFT, S. Histórias do meu Sensei: duas décadas de aprendizado implementando os princípios do Sistema Toyota de Produção. Porto Alegre: Bookman, 2013.

KAMADA, S. Estabilidade na Produção da Toyota do Brasil. Disponível em:

<<https://www.lean.org.br/artigos/86/estabilidade-na-producao-da-toyota-do-brasil.aspx#:~:text=De%20acordo%20com%20a%20Toyota,qual%20os%20problemas%20ce rtamente%20ocorrer%C3%A3o>>. Acesso em 14 de setembro de 2020.

KARDEC, A; NASCIF, J. Manutenção Função Estratégica. 5ª Edição: Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2019.

LIKER, J. K. The Toyota Way: 14 management principles. McGraw-Hill, 2003.

LIKER, J. K.: MEIER, D. O Modelo Toyota: manual de aplicação. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LIKER, J. K.: MEIER, D. Toyota Way: a practical guide for implementing Toyotas's 4Ps. McGraw-Hill, 2006.

Lindsley, William G et al. Efficacy of Face Shields Against Cough Aerosol Droplets from a Cough Simulator. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, volume 11, jun. 2014. <https://doi.org/10.1080/15459624.2013.877591>.

MENDONÇA, L.B. (2019). Diagnóstico de Gestão do Conhecimento no Laboratório Aberto de Brasília. Projeto de Graduação em Engenharia de Produção. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick et al. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. Revista Produção, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

NAKAJIMA, S. Introduction to TPM – Total Productive Maintenance. Productive Press, Portland, Oregon, 1988.

OBARA, S; WILBURN, D. Toyota by Toyota Reflections From The Inside Leaders On The Techniques That Revolutionized The Industry, 2012.

OHNO, T. Sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OHNO, T. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Productivity, Inc. Nova Iorque, 1988.

OLIVEIRA, A. C. A.; ALVES, T. C.; BORGES, J. V. Q. S.; SANTOS, A. C. Transformação de um laboratório em uma fábrica de produção de digital: a resposta do laboratório aberto de Brasília a pandemia do COVID_19 In: PRIMEIRO CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUFATURA ADITIVA, 2020, São Paulo.

SHINGO, S. O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996a.

SILVA, J. OEE – A Forma de Medir a Eficácia dos Equipamentos. 2013.

GERHARDT, E.; SILVEIRA, T. Métodos de Pesquisa. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

SLACK, N; JONES, A; JOHNSTON, R. Administração da Produção. Editora Atlas Ltda, São Paulo, 2018.

SMALLEY, A. Basic Stability is Basic to Lean Manufacturing Success. Disponível em <<https://www.lean.org/Search/Documents/144.pdf>> acesso em: 05 out. 2020.

SMALLEY, A. Estabilidade é a base para o sucesso da produção lean. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/94/estabilidade-e-a-base-para-o-sucesso-da-producao-lean.aspx>. Acesso em 14 de setembro de 2020.

THIOLLENT, Michel. Metodologia da pesquisa-ação. São Paulo: Cortez, 1985. Pesquisa-ação nas organizações. São Paulo: Atlas, 1997.

APENDICE I

| Data | IMPRESSOR A: (MODELO/NÚMERO) | DISPONIBILIDADE | | | | | DESEMPENHO | | | | QUALIDADE | | OEE |
|------------|------------------------------|--|------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------|-------------------|------------|---------------------------------|-------------------|---------|
| | | Tempo total disponível para a produção | Tempo de paradas programadas | Tempo de Carregamento | Tempo de parada não planejada | Disponibilidade | Tempo de ciclo teórico | Quantidade Processada | Tempo de Operação | Desempenho | Quantidade de peças com defeito | Taxa de Qualidade | |
| 08/09/2020 | 11 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% | 123 | 5 | 520 | 118,27% | 3 | 40% | 41,00% |
| 08/09/2020 | 21 | 600 | | 600 | 45 | 87,50% | 148 | 4 | 525 | 112,76% | 3 | 25% | 24,67% |
| 08/09/2020 | 36 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% | 125 | 5 | 520 | 120,19% | 3 | 40% | 41,67% |
| 08/09/2020 | 37 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% | 125 | 5 | 520 | 120,19% | 3 | 40% | 41,67% |
| 08/09/2020 | 38 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 125 | 6 | 530 | 141,51% | 4 | 33% | 41,67% |
| 08/09/2020 | 61 | 600 | | 600 | 45 | 87,50% | 125 | 5 | 525 | 119,05% | 0 | 100% | 104,17% |
| 10/09/2020 | 25 | 600 | 35 | 565 | 30 | 89,38% | 137 | 4 | 505 | 108,51% | 0 | 100% | 96,99% |
| 10/09/2020 | 28 | 600 | 35 | 565 | 30 | 89,38% | 137 | 4 | 505 | 108,51% | 0 | 100% | 96,99% |
| 10/09/2020 | 30 | 600 | 35 | 565 | 30 | 89,38% | 137 | 4 | 505 | 108,51% | 0 | 100% | 96,99% |
| 11/09/2020 | 26 | 600 | 30 | 570 | 30 | 89,47% | 137 | 4 | 510 | 107,45% | 0 | 100% | 96,14% |
| 11/09/2020 | 29 | 600 | 35 | 565 | 30 | 89,38% | 137 | 4 | 505 | 108,51% | 0 | 100% | 96,99% |
| 14/09/2020 | 21 | 600 | 25 | 575 | 30 | 89,57% | 148 | 5 | 515 | 143,69% | 3 | 40% | 51,48% |
| 14/09/2020 | 21 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% | 148 | 5 | 520 | 142,31% | 3 | 40% | 49,33% |
| 14/09/2020 | 24 | 600 | 30 | 570 | 30 | 89,47% | 148 | 4 | 510 | 116,08% | 1 | 75% | 77,89% |
| 14/09/2020 | 42 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% | 125 | 4 | 520 | 96,15% | 1 | 75% | 62,50% |
| 14/09/2020 | 48 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% | 125 | 5 | 520 | 120,19% | 4 | 20% | 20,83% |
| 14/09/2020 | 57 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% | 125 | 6 | 520 | 144,23% | 4 | 33% | 41,67% |
| 14/09/2020 | 58 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% | 125 | 5 | 520 | 120,19% | 4 | 20% | 20,83% |
| 14/09/2020 | 61 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% | 125 | 4 | 520 | 96,15% | 3 | 25% | 20,83% |
| 15/09/2020 | 21 | 600 | | 600 | 35 | 89,17% | 148 | 5 | 535 | 138,32% | 1 | 80% | 98,67% |
| 15/09/2020 | 24 | 600 | | 600 | 35 | 89,17% | 148 | 4 | 535 | 110,65% | 1 | 75% | 74,00% |
| 15/09/2020 | 26 | 600 | | 600 | 35 | 89,17% | 137 | 5 | 535 | 128,04% | 0 | 100% | 114,17% |
| 15/09/2020 | 26 | 600 | | 600 | 35 | 89,17% | 137 | 5 | 535 | 128,04% | 0 | 100% | 114,17% |
| 15/09/2020 | 58 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% | 125 | 5 | 520 | 120,19% | 2 | 60% | 62,50% |
| 15/09/2020 | 61 | 600 | | 600 | 45 | 87,50% | 125 | 5 | 525 | 119,05% | 1 | 80% | 83,33% |
| 16/09/2020 | 14 | 600 | 15 | 585 | 30 | 89,74% | 148 | 4 | 525 | 112,76% | 0 | 100% | 101,20% |
| 18/09/2020 | 14 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 148 | 4 | 530 | 111,70% | 0 | 100% | 98,67% |
| 18/09/2020 | 14 | 600 | 10 | 590 | 30 | 89,83% | 148 | 4 | 530 | 111,70% | 0 | 100% | 100,34% |
| 18/09/2020 | 29 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 137 | 5 | 530 | 129,25% | 3 | 40% | 45,67% |
| 18/09/2020 | 48 | 600 | | 600 | 33 | 89,50% | 125 | 5 | 537 | 116,39% | 1 | 80% | 83,33% |
| 18/09/2020 | 63 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 125 | 5 | 530 | 117,92% | 1 | 80% | 83,33% |
| 21/09/2020 | 14 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 148 | 4 | 530 | 111,70% | 1 | 75% | 74,00% |
| 21/09/2020 | 15 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 148 | 4 | 530 | 111,70% | 1 | 75% | 74,00% |
| 21/09/2020 | 18 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 148 | 4 | 530 | 111,70% | 1 | 75% | 74,00% |
| 21/09/2020 | 21 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 148 | 4 | 530 | 111,70% | 3 | 25% | 24,67% |
| 21/09/2020 | 22 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 148 | 5 | 530 | 139,62% | 2 | 60% | 74,00% |
| 21/09/2020 | 23 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 148 | 4 | 530 | 111,70% | 1 | 75% | 74,00% |
| 21/09/2020 | 24 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 148 | 4 | 530 | 111,70% | 1 | 75% | 74,00% |
| 21/09/2020 | 29 | 600 | | 600 | 45 | 87,50% | 137 | 5 | 525 | 130,48% | 3 | 40% | 45,67% |
| 21/09/2020 | 40 | 600 | | 600 | 60 | 85,00% | 125 | 6 | 510 | 147,06% | 2 | 67% | 83,33% |
| 21/09/2020 | 51 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 125 | 5 | 530 | 117,92% | 0 | 100% | 104,17% |
| 21/09/2020 | 65 | 600 | | 600 | 35 | 89,17% | 125 | 6 | 535 | 140,19% | 1 | 83% | 104,17% |
| 22/09/2020 | 38 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 125 | 5 | 530 | 117,92% | 0 | 100% | 104,17% |
| 22/09/2020 | 43 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 125 | 6 | 530 | 141,51% | 1 | 83% | 104,17% |
| 23/09/2020 | 14 | 600 | 20 | 580 | 30 | 89,66% | 148 | 4 | 520 | 113,85% | 0 | 100% | 102,07% |
| 23/09/2020 | 44 | 600 | | 600 | 1110 | -90,00% | 125 | 5 | -540 | -115,74% | 0 | 100% | 104,17% |
| 25/09/2020 | 27 | 600 | 15 | 585 | 30 | 89,74% | 141 | 4 | 525 | 107,43% | 0 | 100% | 96,41% |
| 25/09/2020 | 43 | 600 | | 600 | 45 | 87,50% | 125 | 7 | 525 | 166,67% | 2 | 71% | 104,17% |
| 23/09/2020 | 44 | 600 | | 600 | 1110 | -90,00% | 125 | 5 | -540 | -115,74% | 0 | 100% | 104,17% |
| 25/09/2020 | 27 | 600 | 15 | 585 | 30 | 89,74% | 141 | 4 | 525 | 107,43% | 0 | 100% | 96,41% |
| 25/09/2020 | 43 | 600 | | 600 | 45 | 87,50% | 125 | 7 | 525 | 166,67% | 2 | 71% | 104,17% |
| 28/09/2020 | 44 | 600 | 30 | 570 | 30 | 89,47% | 125 | 4 | 510 | 98,04% | 1 | 75% | 65,79% |
| 29/09/2020 | 14 | 600 | | 600 | 38 | 88,67% | 118 | 6 | 532 | 133,08% | 5 | 17% | 19,67% |
| 29/09/2020 | 14 | 600 | | 600 | 45 | 87,50% | 118 | 6 | 525 | 134,86% | 5 | 17% | 19,67% |
| 29/09/2020 | 14 | 600 | | 600 | 36 | 89,00% | 118 | 6 | 534 | 132,58% | 5 | 17% | 19,67% |
| 02/10/2020 | 45 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 125 | 3 | 530 | 70,75% | 3 | 0% | 0,00% |
| 16/10/2020 | 52 | 600 | 15 | 585 | 30 | 89,74% | 101 | 6 | 525 | 115,43% | 0 | 100% | 103,59% |
| 20/10/2020 | 45 | 600 | | 600 | 45 | 87,50% | 101 | 5 | 525 | 96,19% | 0 | 100% | 84,17% |
| 04/11/2020 | 52 | 720 | 20 | 700 | 30 | 91,43% | 101 | 7 | 640 | 110,47% | 1 | 86% | 86,57% |
| 04/11/2020 | 54 | 720 | | 720 | 35 | 90,97% | 101 | 7 | 655 | 107,94% | 1 | 86% | 84,17% |
| 05/11/2020 | 28 | 600 | | 600 | 35 | 89,17% | 137 | 4 | 535 | 102,43% | 0 | 100% | 91,33% |
| 05/11/2020 | 43 | 600 | 35 | 565 | 30 | 89,38% | 101 | 6 | 505 | 120,00% | 0 | 100% | 107,26% |
| 05/11/2020 | 52 | 600 | | 600 | 35 | 89,17% | 101 | 6 | 535 | 113,27% | 0 | 100% | 101,00% |
| 05/11/2020 | 62 | 600 | 30 | 570 | 30 | 89,47% | 101 | 6 | 510 | 118,82% | 0 | 100% | 106,32% |
| 07/12/2020 | 14 | 600 | | 600 | 35 | 89,17% | 122 | 2 | 535 | 45,61% | 2 | 0% | 0,00% |
| 08/12/2020 | 27 | 600 | | 600 | 48 | 87,00% | 115 | 6 | 522 | 132,18% | 1 | 83% | 95,83% |
| 15/12/2020 | 21 | 600 | 0 | 600 | 75 | 82,50% | 110 | 6 | 495 | 133,33% | 1 | 83% | 91,67% |
| 15/12/2020 | 21 | 600 | | 600 | 55 | 85,83% | 110 | 6 | 515 | 128,16% | 2 | 67% | 73,33% |
| 16/12/2020 | 51 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 100 | 6 | 530 | 113,21% | 2 | 67% | 66,67% |
| 04/01/2021 | 49 | 600 | | 600 | 60 | 85,00% | 101 | 4 | 510 | 79,22% | 0 | 100% | 67,33% |
| 05/01/2021 | 23 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 115 | 3 | 530 | 65,09% | 1 | 67% | 38,33% |
| 05/01/2021 | 43 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 101 | 5 | 530 | 95,28% | 1 | 80% | 67,33% |
| 06/01/2021 | 14 | 600 | | 600 | 50 | 86,67% | 123 | 3 | 520 | 70,96% | 1 | 67% | 41,00% |
| 12/01/2021 | 48 | 600 | | 600 | 40 | 88,33% | 101 | 6 | 530 | 114,34% | 0 | 100% | 101,00% |
| 15/01/2021 | 24 | 600 | | 600 | 54 | 86,00% | 127 | 3 | 516 | 73,84% | 2 | 33% | 21,17% |