

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUIZ ANTONIO FERNANDES DE OLIVEIRA

**OEE (*OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS*) APLICADO NO SUPORTE À
DECISÃO NA AQUISIÇÃO DE ATIVOS DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO
EM UMA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS**

São Paulo

2014

LUIZ ANTONIO FERNANDES DE OLIVEIRA

**OEE (*OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS*) APLICADO NO SUPORTE À
DECISÃO NA AQUISIÇÃO DE ATIVOS DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO
EM UMA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho - UNINOVE, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Prof. Dr. André Felipe H. Librantz

São Paulo

2014

Oliveira, Luiz Antonio Fernandes de.

OEE(Overall Equipment Effectiveness) aplicado no suporte à decisão na aquisição de ativos de produção: um estudo de caso em uma indústria de autopeças. / Luiz Antonio Fernandes de Oliveira. 2014.

121 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2014.

Orientador (a): Prof. Dr. André Felipe Henriques Librantz.

1. OEE. 2. Métodos numéricos. 3. Eficiência dos equipamentos.

I. Librantz, André Felipe Henrique. II. Título

CDU 658.5

São Paulo, 25 de março de 2014.

TERMO DE APROVAÇÃO

Aluno: Luiz Antonio Fernandes de Oliveira

Título da Dissertação: OEE (Overall Equipment Effectiveness) Aplicado no Suporte à Decisão na Aquisição de Ativos de Produção: Um Estudo de Caso em uma Indústria de Autopeças.

Presidente: Prof. Dr. André Felipe Henriques Librantz



Membro: Prof. Dr. Néocles Alves Pereira



Membro: Prof. Dr. Milton Vieira Junior



A

Aqueles que acham que o sucesso advém da sorte e não do esforço, lembro apenas uma frase do genial Albert Einstein: “O sucesso é composto de dez por cento de inspiração e noventa por cento de transpiração”.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pois sem Ele nada seria possível.

Aos meus pais Osvaldo (in memoriam) e Lourdes, por sempre terem me incentivado aos estudos.

À minha esposa Ilaile e meus filhos, Dina, Denise e Rafael, que sempre me incentivaram a galgar mais esse passo.

Ao meu colega José Domingos Filho por ter me apresentado a UNINOVE, e ter sempre me apoiado no desenvolvimento desse projeto.

Ao Prof. Dr. André Felipe H. Librantz por sua orientação precisa e sempre construtiva e seu apoio à conclusão desse trabalho.

A todos os professores do programa de Mestrado de Engenharia de Produção da UNINOVE por sua importante contribuição ao conhecimento que possibilitaram a conclusão desse trabalho.

À Universidade Nove de Julho que me ofereceu essa oportunidade de alcançar meu sonho.

RESUMO

Devido ao alto custo do dinheiro, embora haja programas de financiamento para a compra de máquinas e equipamentos, é importante ter em mãos dados confiáveis para uma correta tomada de decisão sobre como investir estes recursos, uma vez que o valor dos ativos tem um impacto significativo sobre os custos. Dessa forma a compra de máquina é uma decisão muito importante para ser tomada sem dados confiáveis. Este estudo visou apresentar o indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness) como uma ferramenta de auxílio à decisão nesse processo. Esse indicador auxilia ao gestor a conhecer qual o percentual de utilização efetiva dos equipamentos. A metodologia proposta por este trabalho pretendeu, além de auxiliar na medição precisa do OEE, mostrar como ele pode ser medido de forma instantânea, diretamente pelos operadores, permitindo reação imediata da gestão para evitar deslize dos objetivos de OEE traçados quando de sua compra. Este trabalho não pretendeu abranger a aquisição de máquinas e equipamentos, quando estes se destinam à troca de equipamentos obsoletos, nem ao atendimento de especificações de engenharia para as quais os equipamentos existentes não são capazes de atender. Nesse estudo foi analisado um equipamento que apresentava um OEE de 62%, com carga máquina de 3.146 horas, com disponibilidade de 3.996 horas. A demanda futura mostrava a necessidade de 5.272 horas de carga máquina. O estudo mostrou com simulações obtidas com métodos numéricos utilizando superfícies de resposta em que era possível, elevar o OEE para 82% e aumentar o tempo útil disponível para 5.285 horas, com a redução das perdas em 30%, com isso permitindo adiar a compra de um novo equipamento por ao menos um ano.

Palavras chave: OEE. Métodos numéricos. Eficiência dos equipamentos.

ABSTRACT

Due to the high cost of money, although there are financing programs for the purchase of machinery and equipment, it is important to have in hand, reliable data to a proper decision, about where to invest these resources. It is because the assets value has a significant impact on costs. Thus to buy machine is a very important decision to be made without reliable data. This study aimed to present the indicator OEE (Overall Equipment Effectiveness) as a tool to aid the decision in this process. This indicator is aid to manager to know what the percentage of effective utilization of equipments. The methodology proposed in this work intended and assist in accurate measurement of OEE, show how it can be measured instantaneously, directly by operators , enabling a quickly reaction from the managers to avoid drifts from the OEE objective set when the equipment was purchased. This work is not intended to cover the acquisition of machinery and equipment, when they are intended for the exchange of obsolete equipment, or to meeting engineering specifications for which the existing facilities are not able to attend. That study examined an equipment that had an OEE of 62% with load of 3,146 machine hours, with availability of 3,996 hours. Future demand showed the need for 5272 hours of machine load. The study showed by simulations with numerical methods using response surfaces in which it was possible to increase the OEE to 82% and increase the working time available for 5285 hours, with the losses reduction by 30%, thus enabling delay buying new equipment for at least a year.

Keywords: OEE. Numerical methods. Efficiency of equipment.

Lista de Ilustrações

Figura 1 – Tridimensionalidade do OEE.....	24
Figura 2 - Diagrama de fases da pesquisa.....	35
Figura 3 – Detalhamento das perdas de OEE em forma gráfica.....	40
Figura 4 – Folha de marcha.....	46
Figura 5 – Padrão de reação.....	47
Figura 6 – Análise diária do OEE.....	49
Figura 7 – Diagrama de farol do OEE das máquinas.....	50
Figura 8 – Resumo mensal do OEE da Instalação.....	51
Figura 9 – Fluxograma do Projeto.....	58
Figura 10 – Layout da cabine de pintura.....	61
Figura 11 – Layout da indústria estudada.....	62
Figura 12 – Gráfico das perdas apuradas durante o ano de 2012.....	64
Figura 13 – Gráfico da distribuição do OEE do ano de 2012.....	65
Figura 14 – Gráfico da distribuição das perdas por Não Qualidade.....	66
Figura 15 – Gráfico da distribuição das perdas por problemas de Organização	66
Figura 16 – Análise estatística das perdas por Paradas Próprias.....	67
Figura 17 – Análise da Capacidade de Produção da Pintura Body Color.....	79
Figura 18 – Gráfico da evolução da demanda e da necessidade do OEE.....	80
Figura 19 – Gráfico OEE x Tempo Útil x Produção.....	81
Figura 20 – Gráfico OEE x Tempo Útil x Produção, redução das perdas 10%.....	84
Figura 21 - Gráfico OEE x Tempo Útil x Produção, redução das perdas 20%.....	85
Figura 22 - Gráfico OEE x Tempo Útil x Produção, redução das perdas 30%.....	87
Figura 23 – Diagrama de Pareto.....	89
Figura 24 – OEE dos primeiros 6 meses de 2013.....	90
Figura 25 – Projeção do crescimento do OEE.....	90

Figura 26 – Detalhamento das perdas mês a mês.....91

Lista de Tabelas e Quadros

Tabela 1 – Tipos de Parada de Máquina.....	39
Quadro 1 – As seis grandes perdas.....	25
Quadro 2 – Ferramentas de qualidade dentro do QRQC.....	56
Quadro 3 – Dados do OEE e das Perdas.....	63
Quadro 4 – Dados estatísticos do OEE e das perdas.....	68
Quadro 5 – Carga máquina anualizada da Pintura Body Color.....	69
Quadro 6 – Tempo de ciclo da Pintura Body Color.....	69
Quadro 7 – Tempo necessário de utilização.....	70
Quadro 8 – Volumes futuros por cliente para a Pintura Body Color.....	71
Quadro 9 – Tempos de ciclo estimados por produto.....	73
Quadro 10 – Demanda de horas adicionais necessárias.....	74
Quadro 11 – Demanda em horas necessária para a produção atual.....	75
Quadro 12 – Demanda em horas necessárias para produção de novos itens.....	75
Quadro 13 – Demanda em horas necessárias para produtos em cotação.....	76
Quadro 14 – Comparação da demanda necessária com as horas disponíveis.....	78
Quadro 15 – Dados do Gráfico OEE x Tempo útil x Produção com dados reais.....	82
Quadro 16 – Dados do Gráfico OEE x Tempo útil x Produção com redução de 10% das perdas.....	84
Quadro 17 – Dados do Gráfico OEE x Tempo útil x Produção com redução de 20% das perdas.....	86
Quadro 18 – Dados do Gráfico OEE x Tempo útil x Produção com redução de 30% das perdas.....	87

Lista de Expressões

Expressão 1 – Cálculo do OEE.....	24
Expressão 2 – Cálculo da Disponibilidade.....	25
Expressão 3 – Calculo da Disponibilidade (desmembrada).....	25
Expressão 4 – Eficiência do rendimento.....	26
Expressão 5 – Cálculo da taxa de velocidade de operação.....	26
Expressão 6 – Cálculo da taxa líquida de operação.....	27
Expressão 7 – Cálculo de tempo de processo atual.....	27
Expressão 8 – Cálculo da taxa líquida de operação (desmembrada).....	27
Expressão 9 – Cálculo da eficiência.....	27
Expressão 10 – Calculo da taxa de qualidade.....	27
Expressão 11 – Cálculo do OEE proposta por Chiaradia.....	29
Expressão 12 – Cálculo do OEE expressão proposta por Muthiah.....	42
Expressão 13 – Cálculo do OEE proposta por Chiaradia modificada.....	42
Expressão 14 – Cálculo do tempo de produção TP.....	43
Expressão 15 – Calculo do número de peças boas.....	43
Expressão 16 – Cálculo do tempo de abertura sem paradas programadas.....	44
Expressão 17 – Cálculo do OEE com substituição de termos.....	44
Expressão 18 – Calculo do OEE ponderado.....	50
Expressão 19 – Cálculo do rendimento da mão de obra.....	92

Lista de Abreviaturas e Siglas

AV	Avarias
CP	Capabilidade do Processo
%D	Percentual de disponibilidade
DEA	Data Envelopment Analysis (Análise Envoltória de Dados)
Hp	Horas de presença da mão de obra
IROG	Índice de Rendimento Global do Sistema
%Md	Percentual médio de desempenho
MI	Micro paradas
MP	Manutenção preventiva
MPT	Manutenção Produtiva Total
%Mq	Percentual médio de qualidade
η	Rendimento da mão de obra
NQ	Não qualidade
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Eficiência global do equipamento)
OFE	Overall Factory Effectiveness (Eficiência global da fábrica)
OTE	Overall Throughput Effectiveness (Eficiência Global da taxa de transferência)
Pg	Peças conforme
PM	Paradas próprias
PO	Paradas organizacionais
Pt	Peças totais produzidas
QRMC	Quick response management control (resposta rápida para o controle de gestão)
QRQC	Quick response quality control (resposta rápida do controle de qualidade)
Ract	Taxa real de processamento do equipamento
Rth	Taxa teórica de processamento do equipamento
SC	Sem carga
ST	Setup (troca de série)
TA	Tempo de abertura
Tc	Tempo de ciclo
Tlo	Taxa líquida operacional

TO	Try out (teste de funcionamento)
Tp	Tempo de produção do equipamento
Tpp	Tempo de paradas programadas
TPM	Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)
Tt	Tempo total de observação do equipamento
Tu	Tempo útil de operação do equipamento
Vm	Velocidade média

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 OBJETIVOS.....	18
1.1.1 Geral.....	18
1.1.1.2 Limitações do trabalho.....	19
1.1.2 Objetivo Específico.....	19
1.2 RELEVÂNCIA.....	19
1.3 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	20
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	21
2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	22
2.1 CONTEXTO HISTÓRICO.....	22
2.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
2.2.1 OEE (<i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS</i>).....	23
2.3. REVISÃO DA LITERATURA.....	29
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
3.1 FASES DA PESQUISA.....	35
3.1.1 Planejamento.....	36
3.1.2 Projeto.....	37
3.1.3 Preparação.....	37
3.1.4 Coleta.....	38
3.1.5 Análise.....	38
3.1.5.1 Análise do OEE e detalhamento.....	39
3.1.5.1.1 Definição dos termos e variáveis.....	39
3.1.5.1.2 Medição do OEE.....	44
3.1.5.1.3 Tratamento dos dados.....	51
3.1.5.1.4 Ferramentas de análise de dados.....	52
3.1.5.2 Análise da demanda existente do equipamento.....	52
3.1.5.3 Análise da demanda futura.....	53
3.1.5.4 Comparação da demanda necessária com a disponível.....	54
3.1.6. Compartilhamento.....	54
3.1.6.1 QRQC – Resposta rápida para o controle de qualidade.....	54
3.1.6.2 QRMC – Resposta rápida para o controle de gestão.....	57
3.1.7 Aplicação das ferramentas de melhoria.....	57

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	59
4.1 EMPRESA ESTUDADA.....	59
4.2 ESCOLHA DO EQUIPAMENTO.....	59
4.2.1 Definição do Equipamento.....	59
4.2.2 Levantamento do OEE do equipamento.....	63
4.3 ANÁLISE DA DEMANDA DO EQUIPAMENTO.....	68
4.3.1 Análise da demanda atual do equipamento.....	68
4.3.2 Demanda futura do equipamento.....	70
4.3.3 Quantidade de horas disponíveis do equipamento.....	76
4.3.4 Capacidade do equipamento.....	78
4.4 REDUÇÃO DAS PERDAS DO PROCESSO.....	80
4.4.1 OEE necessário para atender à demanda.....	81
4.5 ANÁLISE DA RELAÇÃO CUSTO VS. BENEFÍCIO.....	91
4.6 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE O OEE E A EFICIÊNCIA.....	92
5 CONCLUSÃO.....	94
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	95
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
APÊNDICE 1.....	100
APÊNDICE 2.....	104
APÊNDICE 3.....	109

1 INTRODUÇÃO

A tomada de decisão é um processo em que o gestor depara-se, não raras vezes, com a difícil tarefa de decidir sem ter em mãos informações suficientes tanto em quantidade, como em qualidade, para auxiliá-lo a tomar a decisão mais acertada. Assim para obter as melhores decisões que levam a resultados rentáveis, os tomadores de decisão na empresa precisam de informações (HANSEN, 2001).

Então no processo de tomada de decisão, devem ser levados em conta todos os parâmetros do processo em análise, para não serem cometidos os erros mais comuns que se cometem nestas situações (CALADO, MARQUES E PINTO, 2007). Para tanto é necessário estar munido da maior quantidade de informações possível, e que estas sejam confiáveis. A matéria prima das informações são os dados, e as informações são dados com significado (ANGELONI, 2003). Então para a tomada de decisão são necessárias informações baseadas em dados, e quanto mais precisos forem esses dados mais precisas e confiáveis serão as informações que eles permitem inferir.

A decisão trata-se muitas vezes de uma escolha, e a escolha envolve considerações importantes de limitações ou até mesmo escassez de recursos, sendo um dos mais relevantes o monetário. Não fosse assim a tomada de decisão não teria qualquer importância se os recursos forem inesgotáveis (CALADO, MARQUES E PINTO, 2007).

Lucato e Vieira Junior (2006) afirmam ainda que, associando as características das aquisições de bens de capital à disponibilidade de recursos para realizá-las, pela própria natureza desse tipo de investimento, impõem-se severas pressões ao caixa das empresas, ou como alternativa, grandes exigências na busca de recursos de terceiros para viabilizá-lo.

Atualmente o custo do dinheiro devido principalmente à escassez de recursos e ao *spread* bancário é bastante elevado, (SILVA, 2006). Assim, a decisão sobre fazer-se ou não um investimento na compra de máquinas, principalmente naquelas com mais alto valor, reveste-se de uma grande importância, principalmente se os dados ou informações sobre os quais essa decisão está embasada não forem corretos ou confiáveis.

Nessa situação tem ainda de se reforçar que a compra de máquinas aumenta os ativos das empresas, que sofrem uma depreciação ao longo dos anos, a qual faz parte dos custos indiretos de produção, que no final das contas impacta no preço dos produtos fabricados.

Em mercados fechados esse não é um problema muito grande a ser levado em consideração, mas em um mercado aberto e competitivo como o brasileiro pode ter um impacto bastante significativo seja na rentabilidade ou na competitividade das empresas. Portanto, o gestor, para uma tomada de decisão num problema tal como a compra de novos equipamentos, precisa e deve estar cercado de dados e informações suficientes e confiáveis tanto quanto possível, para ter um grau de certeza de acerto na decisão tomada. Alguns desses dados devem ser obtidos a partir de informações dos equipamentos já existentes, e um deles é o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), que é um indicador que mede o percentual de utilização efetiva do equipamento.

O contexto em que se pretende tratar nesse estudo é o de aumento de demanda, não fazendo parte desse estudo as necessidades de compra de máquinas para substituição de equipamentos obsoletos, ou ainda a compra de máquinas para o atendimento de novas especificações quer dos produtos, quer dos processos, pois para esses últimos não faria sentido a utilização do OEE dos equipamentos existentes como ponto de decisão sobre a compra de novos equipamentos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Como objetivo geral se pretende propor uma forma de levar em conta o OEE dos equipamentos existentes para a decisão de compra de novos equipamentos no contexto do aumento de demanda. A medição do OEE e de suas perdas pode mostrar ao gestor se ele necessita de um novo equipamento, ou a redução das perdas é suficiente para atender ao aumento de demanda.

1.1.1.2 Limitação do trabalho

Nesse trabalho não se pretende abordar a necessidade da compra de equipamentos para substituição dos antigos por obsolescência, nem tampouco a compra para atender novas especificações de engenharia, uma vez que para essas duas situações não faria sentido a utilização do OEE.

1.1.2 Objetivo Específico

- Propor uma forma simples de medir e gerenciar o valor do OEE
- Dar ao gestor uma visão geral do valor do OEE.
- Permitir que o gestor tenha conhecimento das perdas no equipamento e seus impactos

1.2 RELEVÂNCIA

Conforme Donadel, Canassa Junior e Rodrigues (2007) no mercado dinâmico e global atual, as empresas devem buscar cada vez mais seus diferenciais competitivos, novas tecnologias e metodologias utilizadas mundialmente, pois apenas as mais ágeis e produtivas conseguirão continuar concorrendo no mercado mundial.

A experiência do autor de mais de 15 anos no mercado, permite afirmar que, muito embora a eficiência, seja ela da mão-de-obra ou dos equipamentos, deva ser uma preocupação primordial dos gestores industriais, esta afirmativa está longe de ser verdade em algumas organizações.

Em visita a algumas organizações industriais, percebeu-se a ausência de preocupação, ou ao menos essa preocupação não ficou explícita, com a eficiência dos equipamentos, essa sensação é devida principalmente à observação de, por exemplo, tempos de *set-up* extensos, maiores do que 2 horas, pouco cuidado com a manutenção dos equipamentos, equipamentos parados por falta de operador, refugo elevado, etc.

Esta situação leva à perda de competitividade das empresas brasileiras frente às empresas estrangeiras, principalmente a de países ainda em desenvolvimento tais como a Índia e a China.

Nesse contexto, Chisté (2012) afirma que a análise da eficiência dos equipamentos produtivos é um tema relevante no contexto das empresas industriais.

Dessa maneira a eficiência global dos equipamentos (*Overall Equipment Effectiveness* - OEE) que é uma ferramenta proposta na metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM), na qual por meio do acompanhamento dos ativos é possível verificar a realidade da utilização dos equipamentos. Assim a utilização deste indicador como ferramenta de análise de produção permite descobrir os custos escondidos das empresas (NAKAJIMA, 1991).

Os estudos até agora levantados sobre o indicador OEE, citam na maioria das vezes uma relação entre ele e o TPM, e como auxílio na tomada de decisão relativa à manutenção dos equipamentos, de forma que há uma lacuna a ser explorada, a utilização do OEE como ferramenta de auxílio à decisão na compra de equipamentos, sendo essa a relevância desse trabalho.

1.3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Uma das muitas maneiras de fazer um estudo científico é o estudo de caso, e é aplicado preferencialmente quando se quer responder perguntas tais “como” e “por que”, ou ainda quando o pesquisador tem pouco ou nenhum controle do fato a ser estudado, (YIN, 2009).

Com base nessa afirmativa classifica-se esse trabalho como uma pesquisa quantitativa, e nele se procurou mostrar “como” e em que quantidade os valores do OEE podem servir como suporte à decisão nos processos de compra de equipamentos. Foi realizado um estudo de caso, considerando os dados sobre o OEE medido durante um período de tempo e sua relação com o desempenho dos equipamentos no período considerado.

Inicialmente foi feita uma busca horizontal na literatura recente, nas bases de dados de periódicos científicos e na internet, durante os anos de 2012 e 2013,

utilizando as palavras chave OEE, TPM e Eficiência, buscando situar esse trabalho. Nessa busca foi encontrado um fator em comum, pois vários artigos falavam sobre a utilização do OEE.

Posteriormente foi feita uma coleta de dados históricos sobre um dado equipamento no período de um ano. Esses dados juntamente com outros dados coletados junto ao Departamento de Logística e ao Departamento de Vendas os quais foram utilizados para fazer este estudo de caso.

Com os dados obtidos foi proposta uma maneira de utilizar o OEE, que auxilie na análise da questão da necessidade da compra de novos equipamentos para atender um aumento de demanda, e qual o OEE ideal para dadas condições.

O próximo capítulo apresenta a Revisão da Literatura, bem como uma análise crítica dos textos levados em consideração nesse trabalho.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esse trabalho foi estruturado de forma a dividir os tópicos estudados em 5 capítulos, buscando facilitar ao leitor uma melhor compreensão desse estudo, assim.

No Capítulo 1 foi feita a Introdução delineando os objetivos e a justificativa do tema.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura, no qual foram utilizados textos relevantes sobre o assunto tratado, a fundamentação teórica a respeito do tema, e define-se o conceito de OEE, demonstrando a origem das equações utilizadas em seu cálculo.

O Capítulo 3 discorre sobre a metodologia geral do trabalho, os materiais e métodos utilizados na pesquisa, as fases, a população e amostra e a definição de termos e variáveis.

O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos com o estudo e discussões frutos da pesquisa.

No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

O OEE é um indicador que mede a eficiência da utilização dos equipamentos.

Será apresentado a seguir um breve contexto histórico do OEE.

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

O OEE começou a ser reconhecido como um método fundamental para medir o desempenho de uma planta no final dos anos 80 e início dos anos 90 (BALDWIN, apud HANSEN 2001).

OEE foi primeiramente descrito como um componente central da metodologia TPM no livro de Seiichi Nakajima "*TPM Tenkai*" (1982, JIPM Tóquio).

No final dos anos 1980, o conceito de TPM tornou-se mais amplamente conhecido no mundo ocidental. Na época, o Productivity Press (OR, EUA) publicou traduções em inglês de dois livros escritos pelo especialista do JIPM, Seiichi Nakajima: *Introduction to TPM* e *TPM Development Program*.

Por volta de 1995, a indústria de semicondutores, SEMATECH, publica seu "*Semiconductor Manufacturing Productivity Overall Equipment Effectiveness (OEE) Guide*", com orientações para a implementação do OEE na fabricação de semicondutores.

No final da década de 90, Arno Koch trabalhou em estreita colaboração com os editores e autores de Productivity Press, na publicação do "*OEE Toolkit*" e "*OEE for operators*" (parte do Prêmio Shingo ganhador da série chão de fábrica) .

Essa publicação fez efetivamente o OEE acessível e viável para os departamentos de produção de muitas empresas ocidentais.

A pedido de várias multinacionais que utilizavam o OEE, Koch iniciou em 2001 o "*OEE Industry Standard Endeavour*", que resultou na *OEE Industry Standard*,

desde então, vem oferecendo definições e padrões de OEE para os fabricantes de todo o mundo. (ver : www.oeeindustrystandard.org)

No mesmo ano, 2001 Bob Hansen escreveu seu "*Overall Equipment Effectiveness*" na tentativa de esclarecer a curva de aprendizagem para usar efetivamente o OEE com ênfase na manutenção e confiabilidade (OEE ORGANIZATION, 2013).

No tópico a seguir, apresenta-se a fundamentação teórica.

2.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nessa parte do texto explorou-se a fundamentação teórica que dá embasamento a esse estudo, a definição do OEE sua expressão e as variáveis que tem influência no cálculo.

2.2.1 OEE (*OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS*)

O OEE é um indicador chave para a medição da eficácia na aplicação da ferramenta TPM, e foi primeiramente sugerido por Seiichi Nakajima em seu livro *Introdução à TPM* (1991).

O livro de Nakajima *Introdução à TPM* (1991) apresenta pela primeira vez a expressão de cálculo do OEE, que ficou conhecida mundialmente após a publicação de seu livro em diversos idiomas. A expressão apresentada por Nakajima (1991) mede a eficiência global do equipamento multiplicando-se a disponibilidade pela eficiência, e pela taxa de qualidade dos produtos.

Hansen (2001) corroborando Nakajima (1991) afirma também que o verdadeiro OEE, obtém-se multiplicando os fatores que representam a disponibilidade, a velocidade e a eficácia da qualidade, que se correlacionam diretamente com a produção no chão de fábrica, e podem ser conciliados 100 por cento.

Assim a expressão do OEE baseando-se em Nakajima (1991) e Hansen (2001) pode ser expressa como:

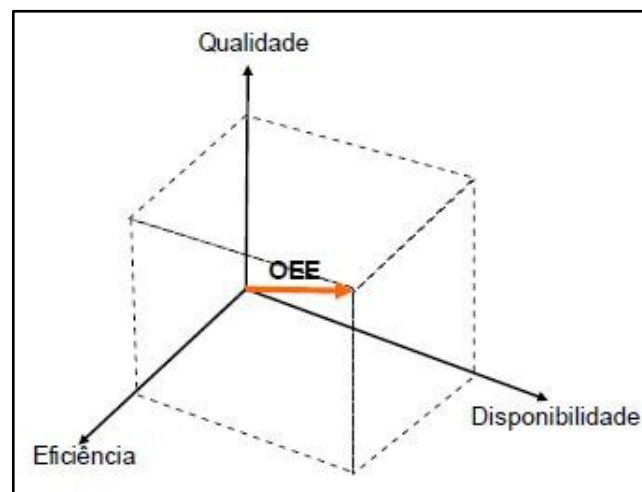
$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Eficiência} \times \text{Taxa de Qualidade} \quad (1)$$

Pela própria expressão, percebe-se que o OEE é um indicador de desempenho tridimensional, pois toma em consideração três fatores importantes (DA SILVA, 2009):

- O tempo de disponibilidade do equipamento;
- A eficiência do equipamento;
- A taxa de qualidade dos produtos produzidos pelo equipamento;

Essa tridimensionalidade pode ser mais bem representada pela figura 1.

Figura 1: Tridimensionalidade do OEE.



(Fonte: DA SILVA, 2009).

Ainda segundo Da Silva (2009), os outros indicadores de desempenho não tem a mesma eficiência do OEE, pois ou consideram apenas a eficiência ou a disponibilidade de tempo para produzir.

Outra característica interessante dessa tridimensionalidade é a interdependência entre os 3 vetores, porque de nada adianta ter o vetor qualidade e o vetor eficiência maximizados, se o vetor disponibilidade, por exemplo, não for maximizado, pois isso geraria um OEE baixo, e essa relação se repetirá quaisquer que sejam as combinações.

Além disso, a expressão de Nakajima (1991) engloba vários outros fatores, que incluem as perdas que ocorrem durante o processo produtivo, pois

segundo Nakajima (1991) durante sua operação os equipamentos apresentam perdas, as quais reduzem sua eficiência, e conseqüentemente diminuem sua capacidade produtiva.

As perdas às quais Nakajima (1991) se refere, são as seis perdas que reduzem a eficiência dos equipamentos, e são mostradas no quadro 1.

Quadro 1 – As seis grandes perdas.

1	Falhas do equipamento
2	Preparação de máquina e ajustes
3	Inatividade e paradas menores
4	Redução de velocidade
5	Defeitos em processo
6	Redução do rendimento

(fonte: Nakajima 1991).

Dessa forma, para a utilização da expressão de Nakajima (1991) é necessário calcular seus termos, e cada um deles pode ser obtido com a utilização de expressões matemáticas apropriadas.

A seguir são apresentadas essas equações e como as mesmas devem ser utilizadas, tais como descritas por Nakajima.

Para o cálculo da Disponibilidade, Nakajima explica que a taxa de operação do equipamento é medida pela relação entre o tempo de operação, excluindo-se as paradas, e o tempo de carga, assim a expressão matemática é:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de operação} \times 100}{\text{Tempo de carga}} (\%) \quad (2)$$

Ou ainda pode ser expressa como:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de carga} - \text{Tempo de paradas não planejadas}}{\text{Tempo de carga}} \times 100 (\%) \quad (3)$$

Aplicando-se os valores observados por Nakajima (1991) na empresa por ele estudada, obtém-se:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{400 - 60}{460} \times 100 = 87\%$$

Para medir a eficiência global do equipamento é necessário combinar também os fatores tempo, velocidade e qualidade da operação do equipamento, e medir como esses fatores podem aumentar o valor agregado, levando-se em consideração assim todas as seis grandes perdas elencadas Nakajima (1991) e mostradas no quadro 1.

Assim a eficiência do rendimento do equipamento é obtida multiplicando-se a taxa de velocidade de operação pela taxa líquida de operação. A taxa de velocidade de operação refere-se a diferenças entre a velocidade teórica e a velocidade real, e pode ser calculada pela divisão da velocidade teórica pela velocidade real, ou ainda dividindo-se o tempo de ciclo teórico pelo tempo de ciclo real, que pode ser expresso pela seguinte expressão (NAKAJIMA, 1991):

$$\text{Eficiência do Rendimento} = \text{Taxa de velocidade de operação} \times \text{Taxa líquida de operação} \quad (4)$$

$$\text{Taxa de velocidade de operação} = \frac{\text{Tempo de ciclo teórico} \times 100 (\%)}{\text{Tempo de ciclo atual}} \quad (5)$$

Exemplificando tal como Nakajima (1991) se o ciclo teórico é de 0,5 s, e o ciclo real é de 0,8 s, aplicando-se esses valores à expressão (4) temos:

$$\text{Taxa de velocidade de operação} = \frac{0,5 \times 100}{0,8} = 62,5\%$$

Caso o equipamento processe mais de um tipo de produto, com ciclos teóricos e atuais diferentes, essa expressão deve ser calculada para cada um dos produtos processados.

Para a taxa de operação líquida, (expressão 5), mede-se a manutenção de uma dada velocidade sobre um dado tempo. Entretanto esse número pode não

indicar se o equipamento está mais rápido ou mais lento do que o especificado, porém mede se a operação está estável, mesmo que em certos períodos a velocidade seja mais baixa do que o padrão. Englobando-se assim as perdas registradas por paradas menores, ou ainda aquelas não registradas advindas de ajustes ou micro paradas.

$$\text{Taxa Líquida de Operação} = \frac{\text{Tempo de Processo Atual} \times 100 (\%)}{\text{Tempo de Operação}} \quad (6)$$

O tempo de processo atual também pode ser calculado pela expressão 6:

$$\text{Tempo de Processo Atual} = \text{Quantidade Processada} \times \text{Tempo de Ciclo Atual} \quad (7)$$

Dessa forma, a taxa líquida de operação pode ser calculada com a expressão 7:

$$\text{Taxa Líquida de Operação} = \frac{\text{Quantidade Processada} \times \text{Tempo de Ciclo Atual} \times 100 (\%)}{\text{Tempo de Operação}} \quad (8)$$

Da mesma maneira como no exemplo anterior, aplicando os valores que Nakajima (1991) observou na empresa estudada por ele obtém-se:

$$\text{Taxa Líquida de Operação} = \frac{400 \times 0,5 \times 100}{400} = 50\%$$

Conforme Nakajima, para calcular a eficiência é necessário obter o produto da taxa de velocidade de operação multiplicado pela taxa líquida de operação. Como a taxa de velocidade de operação tem como divisor o tempo de ciclo atual, e a taxa líquida de operação multiplica esse mesmo fator, então simplificando tem-se que essa grandeza pode ser calculada utilizando a expressão 9.

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Quantidade processada} \times \text{Tempo de ciclo teórico} \times 100 (\%)}{\text{Tempo de operação}} \quad (9)$$

A taxa de qualidade pode ser calculada pela expressão 10:

$$\text{Taxa de Qualidade} = \frac{\text{Quantidade processada} - \text{produto defeituoso} \times 100 (\%)}{\text{Quantidade processada}} \quad (10)$$

Para o cálculo da taxa de qualidade Nakajima não sugere valões para os termos literais, mas sugere um valor para a taxa de qualidade que é de 98%, então o autor sugeriu valores para atingir essa taxa como exemplo de cálculo.

$$\text{Taxa de Qualidade} = \frac{400 - 8}{400} \times 100\% = 98\%$$

Dessa forma utilizando-se os valores obtidos e aplicando na expressão do OEE de Nakajima tem-se:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Eficiência} \times \text{Taxa de Qualidade}$$

Então substituindo os valores temos:

$$\text{OEE} = 87\% \times 50\% \times 98\% = 42,6\%$$

Contudo precisa-se saber se esse valor é o recomendado ou não. Segundo Nakajima, os valores ideais para cada termo da expressão do OEE são como segue:

-Disponibilidade: > 90%; ou seja apenas 10% disponível para outras atividades, tais como set-up, try-out etc...

-Eficiência do rendimento > 95%; significa que o equipamento não deve ter perdas por avarias, micro paradas ou baixa cadência superiores a 5%.

-Taxa de qualidade > 99%; esse número parece agressivo mais significa 1% de rejeitos ou 1000 ppm.

Utilizando-se esses valores na expressão tem-se o OEE recomendado por Nakajima, e que é reconhecido como o OEE ideal a ser buscado, assim:

$$\text{OEE} = 90\% \times 95\% \times 99\% \rightarrow \text{OEE} = 85\%$$

O OEE com valor de 85% foi considerado como classe mundial por Nakajima (1991).

Vários outros autores escreveram sobre o OEE, mas toda a literatura pesquisada sobre esse indicador cita Nakajima como base teórica, bem como suas equações e definições.

Alguns autores tais como Chiaradia (2004) apresentaram variações para a expressão original da Nakajima, a expressão de Chiaradia é como mostrado a seguir.

$$OEE = \frac{\sum Q_i \times T_{ci}}{T_i} \quad (11)$$

Sendo:

Q_i =peças conforme

T_{ci} = ciclo padrão

T_i = tempo de abertura

E i variando de 1 até n .

Essa expressão é apropriada para equipamentos que produzem mais de uma referencia de produto, como é o mais comum na indústria, (CHIARADIA, 2004).

No próximo capítulo serão mostrados a revisão da literatura e um breve resumo dos textos pesquisados.

2.3 REVISÃO DA LITERATURA

A partir de uma busca na literatura foram encontrados diversos artigos sobre o OEE e suas aplicações na indústria. Estes artigos foram catalogados e submetidos a uma leitura cuidadosa, foi feito um resumo com os pontos mais importantes de cada um desses artigos, sendo eles: qual a proposta, a metodologia empregada e finalmente os resultados encontrados. Os artigos estão organizados por assunto.

Oechsner *et. al* (2003) propõe uma metodologia para a partir do cálculo do OEE calcular o OFE (*Overall Factory Effectiveness*), ou seja, a eficiência de toda a fábrica. Para uma fábrica de semicondutores, foram definidas métricas para

cálculo do OEE específicas para os equipamentos desse tipo de indústria. Feita sua aplicação a um equipamento, a análise dos resultados mostrou que, embora largamente utilizadas, as equações para cálculo do OEE não são muito eficientes quando aplicadas a sistemas mais complexos, nos quais somam-se diversos tipos de equipamentos e processos.

Muthiah, Huang e Mahadevan (2008) apresentam algoritmos desenvolvidos para automatizar o monitoramento do nível de desempenho da fábrica, e diagnóstico de processos utilizando o OTE (*Overall Throughput Effectiveness*). Estes algoritmos foram implementados em um software chamado SIMPRO, que permitiu aos profissionais da fábrica medir eficientemente o desempenho e conduzirem o diagnóstico da fábrica (identificar gargalos ou capacidades ocultas). Esse estudo de caso feito em uma fábrica de vidros, fez uma análise teórica do OEE e determinou uma expressão de cálculo que levou ao OTE, ou seja, uma combinação do OEE de diversos equipamentos em cadeia. A partir dessa expressão foi desenvolvido um algoritmo que permite o cálculo automatizado do OTE. Este algoritmo foi implantado e testado, e embora o mesmo apresente bons resultados para análise do desempenho dos sistemas de manufatura, ainda apresenta limitações, pois se o sistema produz dois ou mais produtos, o desempenho dos equipamentos para cada produto vem de estudos separados.

Gibbons e Burgess (2010) levaram a medição do OEE, não simplesmente como um indicador de desempenho, mas como uma métrica que o posiciona frente à concorrência, ajudando-os a medir o desempenho dos negócios, e propõe uma medição ligada à metodologia seis sigma para auxiliar em sua evolução. Houve uma combinação de pesquisa ação e estudo de caso, tendo sido observados os valores do OEE de uma dada empresa e feito o levantamento utilizando a metodologia Seis Sigma dos indicadores de qualidade presentes no OEE. Como resultado foi obtido uma melhoria na confiabilidade dos dados e consequente medição do OEE, que auxilia na melhora deste último e pode ser uma diferença competitiva, tornando-se um *benchmarking*.

Chisté (2012) escreveu sobre o IROG, (índice de rendimento global do sistema) que é a sigla em português do OEE, num estudo de caso de caráter exploratório, aplicado a uma empresa do setor automotivo. O resultado obtido foi

que após a implantação da medição desse indicador houve um aumento significativo da disponibilidade do equipamento analisado, da ordem de 8%, e o desempenho aumentou 9%, conseguidos com a melhoria da manutenção e da gestão das perdas dos equipamentos.

Demarchi, Hatakeyama e Souza (2007) apresentam um modo de utilização do OEE, como ferramenta de auxílio na medição dos custos de qualidade. O método utilizado foi a pesquisa bibliográfica e a comparação da teoria com dados práticos coletados em campo. Como conclusão tem-se que as empresas têm dificuldade em medir seus custos de não qualidade. Com a utilização do OEE é possível avaliar melhor a improdutividade e consequentemente as perdas da não qualidade.

Andrade e Scherer (2009) demonstraram a utilização do OEE para a melhoria do desempenho de um equipamento gargalo de produção, num estudo de caso em uma linha de produção automotiva, com uma revisão bibliográfica e fundamentação teórica da TPM. O resultado obtido após a implantação e acompanhamento concluiu com a análise dos dados e o resultado levantado demonstraram que houve grandes melhorias do processo.

Donadel, Canassa Junior e Rodriguez (2007) utilizam a ferramenta TPM para demonstrar a melhoria na logística. A metodologia utilizada foi a revisão teórica e conceituação da TPM. O resultado obtido leva à conclusão que a implantação dos princípios da TPM na área de logística pode trazer os mesmos resultados de ganho de eficiência que sua aplicação na área de manufatura (OEE FOUNDATION 2013).

Santos e Santos (2007) escrevem sobre um estudo de caso mostrando a implantação da metodologia TPM em uma empresa do setor automobilístico, e o indicador OEE foi o utilizado como recomendado pela literatura para medir o desempenho dos equipamentos, e como resultado foi obtido que, as perdas e ineficiências de máquinas são como uma fábrica oculta, que corroem o desempenho dos equipamentos.

Samat, Kamaruddin e Azid (2012) escreveram sobre como medir o desempenho da manutenção a partir do acompanhamento do desempenho e da confiabilidade dos equipamentos. O método utilizado foi estudo de caso, a partir da

escolha do equipamento e levantamento de dados sobre este equipamento, entre eles o OEE, bem como o acompanhamento do desempenho desse equipamento após a implantação de uma manutenção mais efetiva. Conclui-se que o desempenho do equipamento em termos de OEE melhorou significativamente comprovando que um sistema de manutenção efetiva é importante e tem forte impacto na eficiência do equipamento.

Rodrigues e Meza (2009) apresentam em um estudo de caso a aplicação do OEE em uma indústria siderúrgica, em conjunto com análise envoltória dos dados (DEA – *Data Envelopment Analyses*). A principal conclusão é que os indicadores de desempenho por si só não são capazes de esclarecer se o desempenho foi favorável ou satisfatório. Para isto uma referência se faz necessária, que em alguns casos a referência pode ser externa à organização, como o desempenho de um setor ou organização similar. Neste estudo a referência é a meta orçada pela organização.

Zattar, Rudek e Turkino (2010) fizeram um estudo de caso sobre a aplicação do OEE como instrumento de tomada de decisão, mas aplicado apenas à melhoria do desempenho de um equipamento. O método utilizado nesse estudo foi a implantação da medição das perdas e o cálculo do OEE, e como resultado obtiveram a relação das principais causas para a perda de rendimento do equipamento.

Dogra *et. al* (2011) fizeram um estudo de caso sobre a implantação da metodologia do TPM em uma indústria de laminação a frio. Fizeram uma revisão da literatura, delimitaram o problema e fizeram uma proposta de implantação de um sistema de TPM. Como resultado, obtiveram que a implantação do TPM aumentou a disponibilidade dos equipamentos, a motivação dos funcionários, reduziu os acidentes e o índice de defeitos e houve um incremento no OEE.

Raposo (2011) descreveu um estudo de caso de aplicação da metodologia do Lean Manufacturing (Manufatura Enxuta) em uma empresa do ramo de bebidas, foram aplicadas as técnicas para medição do OEE, e como conclusão demonstrou a exemplo de outros estudos sobre o tema, que as perdas e os desperdícios são difíceis de serem percebidos quando não se tem um indicador desse tipo, que é considerado um indicador não financeiro.

Wollmann (2011) apresentou um estudo de caso sobre a aplicação da medição do OEE em uma empresa do ramo alimentício. Um estudo de caso, com base teórica na literatura. Sua conclusão é que de forma geral, após a implantação da medição do OEE, houve uma melhora significativa do indicador, principalmente relacionado a melhorias na gestão da produção e da manutenção dos equipamentos.

Oliveira, Hemosilla e Silva (2012) publicaram um estudo de caso sobre a implantação da metodologia de medição da eficiência global (OEE) em uma célula de manufatura em uma indústria do ramo de embreagens automotivas. Foi feita uma pesquisa bibliográfica, bem como o levantamento de dados da linha de montagem e lançamento desses dados em uma planilha eletrônica desenvolvida em Excel, para o cálculo do OEE seguindo a expressão clássica de Nakajima. Com a implantação da planilha indicando os índices que deviam ser explorados, a empresa passou a ter um processo de decisão mais racional, rápido e com ações que impactavam diretamente os indicadores importantes para a empresa.

Sharma, Shudhansu e Bhardwa (2012) escreveram sobre a aplicação dos conceitos do TPM para garantir um bom desempenho dos equipamentos de manufatura. Os autores fizeram uma revisão teórica dos princípios do TPM. E como resultado obteve-se que a aplicação dos princípios do TPM na indústria proporciona uma melhora nos níveis de desempenho dos equipamentos.

Busso e Miyaki (2013) descreveram um estudo de caso, no qual são apresentados outros indicadores de eficiência, mais abrangentes do que o OEE. Esses indicadores medem a eficiência não só do equipamento mas de toda a cadeia produtiva e portanto segundo os autores dão ao gestor uma visão mais completa da eficiência da fábrica.

Zuashkiani, Rahmandad e Jardine (2011) apresentam um paradigma, porque apesar dos altos ganhos com os investimentos feitos na melhoria do OEE, ainda há empresas que não reconhecem a importância desse indicador. Observando a dinâmica dos sistemas de medição do OEE, bem como analisando a literatura sobre esse assunto, os autores mapearam a variação do OEE como retorno da atividade de manutenção e sua interação com vários elementos da empresa. Construindo uma hipótese do porque da grande variação do OEE entre empresas

similares. Algumas práticas dinâmicas das empresas no gerenciamento dos equipamentos são ilustradas e modeladas. São demonstrados também a importância estratégica do OEE e seus efeitos na conquista de mercados pelas companhias.

Mathur *et. al* (2011) fez uma revisão da literatura sobre os métodos de medição de eficiência em meios de manufatura automatizados. Sua conclusão é que o OEE tem emergido como um importante indicador de desempenho dos equipamentos, e tem sido também utilizado com algumas variações para medir o desempenho em sistemas de manufatura envolvendo equipamentos automáticos.

Garza-Reys *et. al* (2010) investiga a relação entre o OEE e a CP – Capabilidade do Processo, quais suas interações e que efeito essa relação pode ter na tomada de decisão. A metodologia utilizada foi a medição do OEE e da capacidade real do processo, a criação de um modelo computacional, simulando a linha real (linha de engarrafamento de cerveja) e simulando em computador diversas situações de variação do fator qualidade da expressão do OEE. A conclusão dos autores é que existe uma relação entre esses dois indicadores, e essa relação está ligada ao fator qualidade, inserido na expressão clássica do OEE.

Analisando de forma crítica os textos publicados recentemente, o OEE é citado como um indicador para avaliação do desempenho da TPM, ou quando não diretamente ligado a esta, está ligado à qualidade. Então uma das lacunas encontradas é justamente, a que este trabalho propõe, ou seja, a utilização do indicador OEE como ferramenta de auxílio à decisão na compra de máquinas no contexto de aumento de demanda.

No próximo capítulo serão mostrados os materiais e métodos utilizados nesse trabalho.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

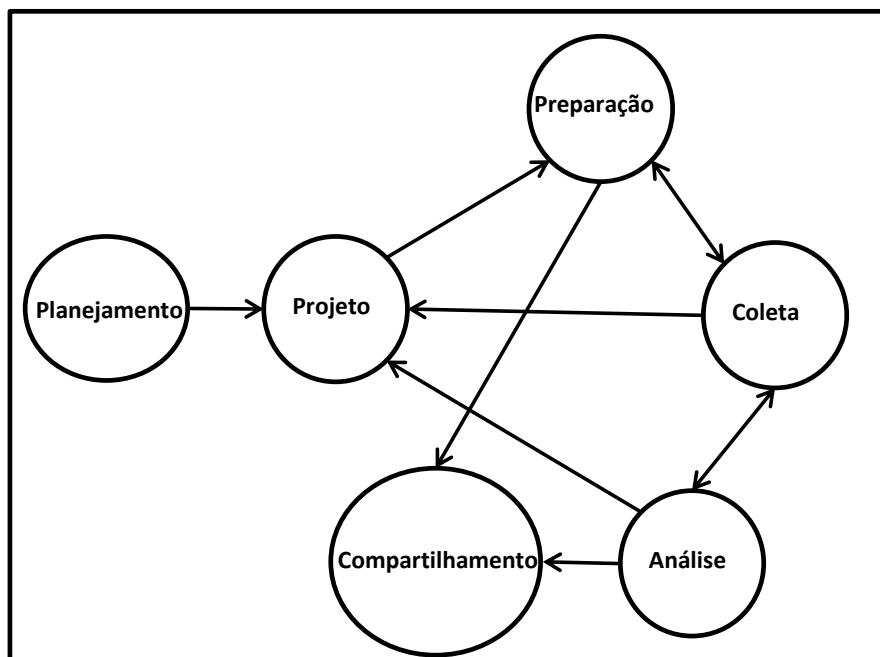
Conforme já visto anteriormente essa pesquisa trata-se de um estudo de caso. A seguir é demonstrado como essa pesquisa foi conduzida.

3.1 FASES DA PESQUISA

Na pesquisa acadêmica a metodologia ou método científico assume grande importância para a aceitação de seus resultados, o que sem ela seria difícil. O método científico é apenas a forma encontrada pela sociedade para legitimar um conhecimento adquirido empiricamente, ou seja, quando um conhecimento é obtido pelo método científico, qualquer pesquisador que repita a investigação nas mesmas circunstâncias obterá o mesmo resultado, desde que os mesmos cuidados sejam tomados (CAMPOMAR, 1991).

Então para ter-se uma organização na pesquisa acadêmica e que essa mesma organização possa ser seguida por quem deseje reproduzi-la, faz-se necessário um diagrama descrevendo as fases da pesquisa, a figura 2 mostra esse diagrama.

Figura 2: Diagrama de fases da pesquisa.



(Fonte: adaptado de YIN, 2009).

Durante a fase de planejamento foram analisadas e definidas quais seriam a população e a amostras a serem estudadas.

Escolhida a população e definida a amostra, passou-se ao projeto, nessa fase, foi definido qual o equipamento escolhido para ser objeto do estudo de caso.

Uma vez definido o equipamento iniciou-se a fase de preparação para a coleta de dados, nessa fase foram definidos que tipos de dados, quais suas fontes e de qual período seriam coletados.

Na fase de coleta de dados, foram levantados os dados históricos do equipamento, bem como os dados sobre as projeções de vendas de produtos produzidos nesse equipamento.

Após a coleta dos dados, passou-se ao tratamento e análise de dados. Com os resultados dessa análise foram propostas soluções para melhoria do OEE, não apenas no conceito de TPM, mas também organização e qualidade.

Após a aplicação das soluções propostas, os valores de OEE melhorados foram novamente coletados e compartilhados os resultados finais.

3.1.1 Planejamento

Conforme já descrito anteriormente nessa fase foram definidas qual a população e a amostra a serem utilizadas no estudo de caso.

Para a definição da população e da amostra foi feita uma análise das possibilidades existentes, foram verificadas seis empresas, todas do ramo de autopeças, sendo que duas delas eram fornecedoras diretas de montadoras de veículos, e as demais subfornecedores. A possibilidade que se mostrou mais viável foi uma das empresas, fornecedora direta de montadoras de veículos. Nessa verificação, buscou-se saber se o OEE era medido e se havia dados históricos disponíveis para pesquisa e análise, contudo como resultado obteve-se que apenas uma das empresas contatadas media o OEE de forma consistente, e tinha dados históricos registrados.

Além de essa empresa ter uma medição do OEE bastante consistente, ela possui um grande número de equipamentos, e de diversas tecnologias.

Os dados históricos desses equipamentos relativos à medição do OEE estavam disponíveis, assim, como esse é um estudo de caso, os dados foram coletados nessa empresa e a metodologia foi testada com esses dados.

3.1.2 Projeto

Na fase de projeto, conforme já definido anteriormente, passou-se a buscar dentre os equipamentos existentes, qual seria o mais propício para esse estudo. Buscou-se nessa fase encontrar um equipamento que estivesse justamente na situação proposta pelo estudo, ou seja, com problema de capacidade frente ao aumento de demanda.

Foram então buscados equipamentos que atendessem as seguintes condições:

- Tivesse uma medição do OEE e das perdas bastante precisa.
- Estivesse com a carga máquina no limite ou próxima desse.
- Houvesse aumento de demanda futuro conhecido para esse equipamento.
- Estivesse sendo cogitada a compra de um novo equipamento para dar conta desse aumento demanda.

3.1.3 Preparação

Para definir que dados deveriam ser coletados, foi necessário inicialmente definir quais estudos seriam necessários para obter dados sobre os quais pudessem ser tiradas conclusões. Um dos dados a priori era o valor do OEE. Como a proposta era verificar se o OEE pode ser utilizado com auxílio á decisão, era importante ter-se o detalhamento do OEE para poder conhecer que perdas afetavam o valor do OEE, então esse dados também deveriam ser coletados. Outro dado importante era a demanda atual e futura do equipamento, estava assim definidos os dados a serem coletados.

O OEE e seu detalhamento foram obtidos a partir dos dados históricos do equipamento, a demanda atual seria obtida no Departamento de Logística da empresa estudada, e a demanda futura seria obtida com o Departamento de Vendas.

3.1.4 Coleta

Uma vez definidos os dados necessários e suas fontes, passou-se à fase de coleta de dados.

Os dados necessários estavam disponíveis em planilhas eletrônicas, tendo sido as mesmas armazenadas para análise futura.

O OEE, bem como seu detalhamento foi coletado de um período de um ano anterior ao ano do estudo.

A demanda atual e sua variação foi coletada para um período de 4 anos à frente do ano do estudo.

A demanda futura e sua variação foi coletada também para um período de 4 anos à frente do ano do estudo.

3.1.5 Análise

Uma vez com os dados disponíveis, passou-se à sua análise, sendo que a análise foi dividida em 4 partes distintas sendo:

1º Análise do OEE e seu detalhamento.

2º Análise da demanda existente do equipamento e sua projeção para os próximos 4 anos.

3º Análise da demanda futura para os próximos 4 anos.

4º Comparação da demanda em horas com a disponibilidade do equipamento.

3.1.5.1 Análise do OEE e seu detalhamento

Os valores do OEE foram segregados, mês a mês do ano coletado, bem como as perdas agrupadas por tipo. Para definição dos tipos de perdas fez-se necessário sua classificação. Com base na teoria existente, e também considerando à forma como a empresa objeto do estudo subdivide as perdas, essas foram definidas e classificadas. Por perdas se entende os eventos que causam a parada do equipamento.

Dessa forma além da definição desses eventos foi necessária também a definição das abreviaturas que as representa, e que foram utilizadas no estudo.

3.1.5.1.1 Definições dos termos e variáveis

Neste texto foram utilizados diversos termos e variáveis, estes foram divididos em dois grupos.

No primeiro grupo foram definidos os termos principais que eram:

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) – Eficiência Global do Equipamento, e para a composição do OEE as variáveis que deveriam ser medidas são os tempos demandados nos eventos mostrados pela tabela 1, que são os tipos de parada de máquina ou perdas consideradas na empresa estudada.

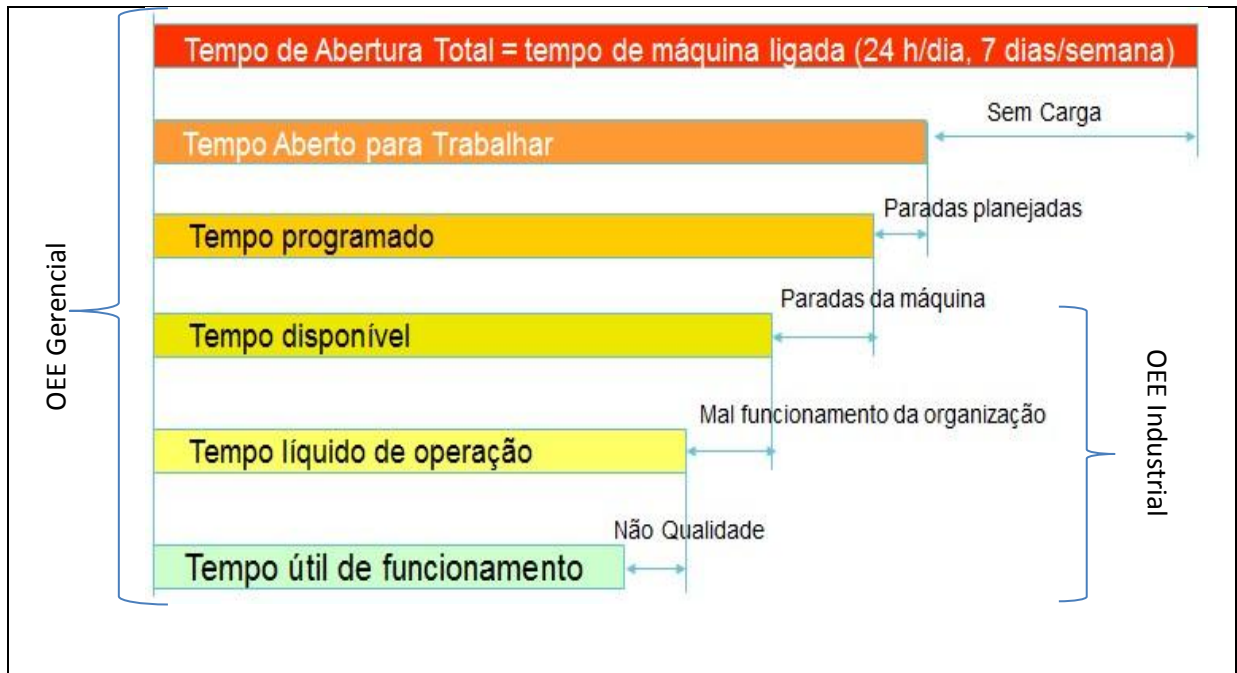
Tabela 1 – Tipos de parada de máquina.

Categoria	Tipo	Subtipo
Paradas Programadas	Sem carga	
	Manutenção Preventiva	
	Try-out	
Paradas não programadas	Paradas próprias	Setup (troca de série)
		Avarias
		Micro paradas
		Baixa velocidade
	Paradas organizacionais	Refeição, reuniões, treinamento. Falta de materiais, energia, operador
	Não qualidade	

(Fonte: o autor).

A figura 3 mostra de forma gráfica as perdas elencadas na tabela 2.

Figura 3 – Detalhamento das Perdas em forma gráfica.



(Fonte: adaptado de Nakajima 1991).

Da figura verificou-se que existem dois OEE, um gerencial e um Industrial.

No primeiro caso, o OEE Gerencial, neste texto chamado de OEE_G , o tempo de abertura era sempre de 24 horas, no segundo caso o OEE Industrial, que será o utilizado nesse texto, o tempo de abertura eram as mesmas 24 horas reduzidas das horas sem carga e das horas destinadas às paradas programadas, descritas na Quadro 1 e melhor explanadas a seguir.

Dessa forma os termos que foram utilizados e suas abreviaturas, dos eventos citados na tabela 1 e na figura 2 mostradas anteriormente serão descritos a seguir.

As paradas programadas (PP) são paradas do equipamento programadas pelo setor de logística ou da administração de produção e conhecidas de antemão, são elas:

A parada programada chamada de Sem Carga (SC), ocorre quando o equipamento não tem demanda de produtos programada.

Outra para programada é a Manutenção Preventiva (MP), essa ocorre quando por razões definidas pela manutenção e de acordo com o manual do

fabricante ou experiência, o equipamento precisa ser paralisado para a execução de troca ou verificação de partes ou sistemas.

O Try-out (TO), é também uma parada programada e ocorre quando por solicitação da engenharia o equipamento é disponibilizado para a execução de ensaios visando o desenvolvimento de novos produtos ou processos.

Todos esses eventos só são considerados programados se sua ocorrência for com a anuência do setor de logística ou da administração de produção.

Paradas próprias (PM) são paradas ocasionadas por necessidades do equipamento, e são descritas a seguir.

A parada para Setup (ST) ou troca de série de produção é causada pela necessidade de troca de ferramentais, matéria prima ou outros elementos, seu tempo deve ser considerado desde a última peça do lote que sai até a primeira peça do lote que entra.

As Avarias (AV) são paradas ocasionadas por quebras ou desajustes da máquina, que geram paradas inesperadas do equipamento e cujo reparo demanda mais do que 5 minutos para retornar à situação anterior.

As Micro paradas (MI) são paradas causadas por quebras ou desajustes da máquina, que demandam menos de 5 minutos para reparo, ou ainda podem ser consideradas como cadências de produção inferiores à padronizada nas folhas de processo.

Por Paradas organizacionais (PO) compreendem-se as paradas devido a eventos, que envolvendo os operadores ou à organização de produção.

São consideradas paradas organizacionais as paradas causadas por: Refeições, reuniões e ou treinamentos, quando os operadores dos equipamentos precisam ausentar-se forçando à parada do equipamento.

Podem ser incluídas nessa classe também as paradas geradas por falta de insumos, materiais e energias.

Têm-se ainda as paradas por não qualidade (NQ) ocorrem sempre que os produtos produzidos não servem para serem vendidos por não atenderem às especificações dos clientes.

O tempo de abertura (TA) é o tempo que a máquina a rigor deveria estar disponível para produzir representado na figura 3 por “Tempo programado”.

No segundo grupo tinham-se termos secundários, que seriam utilizados apenas para auxiliar na dedução da expressão que foi utilizada baseada na expressão clássica de Nakajima (1991).

Como já foi dito anteriormente o OEE é uma métrica quantitativa utilizada para medir a produtividade individual de equipamentos em uma fábrica. Este indicador foi inicialmente proposto por Seiichi Nakajima no final de 1980, e ganhou popularidade em passado recente.

Muthiah, Huang, e Maradevan (2008) afirmam, que a medição do OEE revela os custos adicionais associados a um equipamento, e é definido como:

$$\% \text{ OEE} = \% \text{ D} \times \% \text{ Md} \times \% \text{ Mq} \quad (12)$$

Sendo:

%D = Percentual de disponibilidade

%Md = Percentual médio de desempenho

%Mq= Percentual médio de qualidade

A expressão 12 é também a expressão proposta por Nakajima (1991). Nesse estudo, contudo, utilizou-se uma expressão modificada, pois ela é de mais fácil medição. Ela é uma adaptação à expressão proposta por Chiaradia (2004) e pode ser escrita como:

$$\% \text{OEE} = \frac{\sum (\text{Pg} \times \text{Tc})}{\text{Tt}} \times 100 \quad (\%) \quad (13)$$

Sendo:

Pg = Peças conformes

Tc = Tempo de ciclo

Tt = Tempo de abertura (tempo de funcionamento do equipamento)

O apêndice 1 demonstrou que as duas equações, a original de Nakajima (1991) e a de Chiaradia levam a um mesmo resultado, e, portanto esta última poderia ser utilizada para o cálculo do OEE.

Da expressão anterior podia-se inferir que o OEE será maior quanto maior fosse o produto de $Pg \times Tc$, mantido constante Tt . Lembrando-se que o produto $Pg \times Tc$ era também conhecido como tempo útil de produção e o tempo útil de produção era tanto maior quanto menor fossem as perdas de tempo por disfunção do sistema. Então como:

$$Tp = \sum Pg \times Tc \quad (14)$$

Sendo:

Tp = Tempo de produção do equipamento.

Pode-se dizer que:

$$Pg = \frac{Tp}{Tc} \quad (15)$$

Dessa expressão pode-se concluir que o número de peças conforme, ou seja, a produção era tanto maior quanto maior fosse o Tp e menor fosse o Tc . Porém por limitações físicas não se poderia reduzir indefinidamente o Tc (tempo de ciclo), assim para aumentar o número de peças conforme, tinha-se de trabalhar para aumentar o Tp , ou seja, reduzir as perdas, cuja limitação física é menor que a do tempo de ciclo.

Para o tempo de abertura foi proposta a utilização da seguinte expressão:

Tempo de abertura = 24 horas – (Paradas programadas)

Relembrando-se que as paradas programadas eram como já citadas na tabela 2:

Sem carga, Manutenção Preventiva e Try-out.

Conforme foi demonstrado, a expressão proposta não era diferente da clássica, apenas uma simplificação dela, tornando o cálculo mais amigável para ser executado no chão de fábrica.

Assim substituindo-se o termo Tt , da expressão 12, pelos novos termos definidos para:

TA = tempo de abertura

SC = sem carga

MP = manutenção preventiva

TO = try-out

Têm se que a expressão 15 fica:

$$T_t = (TA - (SC + MP + TO)) \quad (16)$$

Substituindo T_t da expressão 13, pela expressão 16, a expressão do OEE fica como mostrado na expressão 17.

$$OEE = \frac{\sum (P_g \times T_c)}{(TA - (SC + MP + TO))} \times 100 (\%) \quad (17)$$

As paradas não programadas estão implícitas na quantidade de peças produzidas, já que essa é tanto menor quanto mais paradas não programadas houver. Então essa será a expressão utilizada nesse trabalho para o cálculo do OEE.

3.1.5.1.2 Medição do OEE

A medição do OEE pode ser feita basicamente de duas formas, manual ou automática, ambas as formas de medição tem suas vantagens e desvantagens.

No método manual temos com principal vantagem o baixo custo de implantação e manutenção do sistema, mas como desvantagem, temos a precisão e a confiabilidade dos dados, uma vez que a coleta desses dados depende exclusivamente dos operadores, nesse método a anotação do momento de parada e retorno ao funcionamento do equipamento depende exclusivamente da precisão com que o operador registra esses dados, bem como também o correto registro do motivo da parada.

No método automático temos como principal vantagem a precisão no apontamento das horas de parada e reinício de funcionamento do equipamento,

ficando para o operador apenas a tarefa de apontar a causa, que pode ser apontada diretamente na interface homem-máquina do sistema, por escolha das opções disponíveis. Como maior desvantagem, temos o custo de implantação desses sistemas conhecidos como MES (*Manufacturing Execution Systems*). Pois para seu funcionamento dependem da instalação junto ao equipamento de uma interface que ligue o equipamento monitorado à rede de computadores onde o software de coleta e análise de dados está conectado.

A empresa estudada utiliza-se do sistema manual e a medição do OEE é aplicada em todos os equipamentos cujo valor de aquisição é maior ou igual a US\$ 250.000,00, ou quando a instalação ou equipamento é considerado essencial para a operação.

Nessa empresa a metodologia de medição do OEE segue a expressão adaptada da expressão proposta por Nakajima (1991), que dá ao gestor uma visão clara e objetiva das principais perdas que afetam o desempenho do equipamento.

A medição do OEE dos equipamentos é feita de forma horária pelos próprios operadores, que calculam o OEE utilizando-se de um sistema manual como citado anteriormente.

Para a execução desse cálculo o operador utiliza-se de um formulário, que é mostrado na figura 4.

Após o cálculo o operador lança o valor encontrado no cálculo citado em um gráfico. Esse gráfico chamado de plano de reação e é mostrado na figura 5. Ele permite ao próprio operador verificar se o valor está dentro ou fora dos objetivos, utilizando-se de uma escala de cores.

Esse gráfico com escala em cores indica ao operador, a cada limite ultrapassado, que nível hierárquico deve ser comunicado, gerando uma reação imediata do nível hierárquico acionado.

Este por sua vez deverá tomar contramedidas imediatas para resolver o problema, que está perturbando o desempenho do equipamento, fazendo-o retornar o mais rapidamente possível ao objetivo.

Esses níveis de reação serão mais bem explanados a seguir.

Figura 4– Folha de marcha.

FOLHA DE MARCHA																													
Máq. _____																													
C			A			B			C			A			B														
Manu. Ty	Out	Set-Up	Parad. Legal	Parad. Não Organi. Qual.	Peças Boas	Peças Ruins	TRP	Manu. Ty	Out	Set-Up	Parad. Legal	Parad. Não Organi. Qual.	Peças Boas	Peças Ruins	TRP	Manu. Ty	Out	Set-Up	Parad. Legal	Parad. Não Organi. Qual.	Peças Boas	Peças Ruins	TRP						
Sem carga	Prod.	Prof.	Carra	Prev.	Out	TRP	Sem carga	Prod.	Prof.	Carra	Prev.	Out	TRP	Sem carga	Prod.	Prof.	Carra	Prev.	Out	TRP	Sem carga	Prod.	Prof.	Carra	Prev.	Out	TRP		
PPM			MTBF			Total Refug.			PPM			MTBF			Total Refug.			PPM			MTBF			Total Refug.					
PPM			MTBF			Total Refug.			PPM			MTBF			Total Refug.			PPM			MTBF			Total Refug.					
Produção Acumulada																													
Turno																													
Registro																													
RRF																													
Cód. Das Peças																													
Ciclo																													
Quantidade																													
Qtd. Inicial																													
Qtd. Final																													
Tempo de abertura																													
Data																													

$$PPM = \frac{\text{Total de pcs ruim}}{1.000.000} \times 1.000.000$$

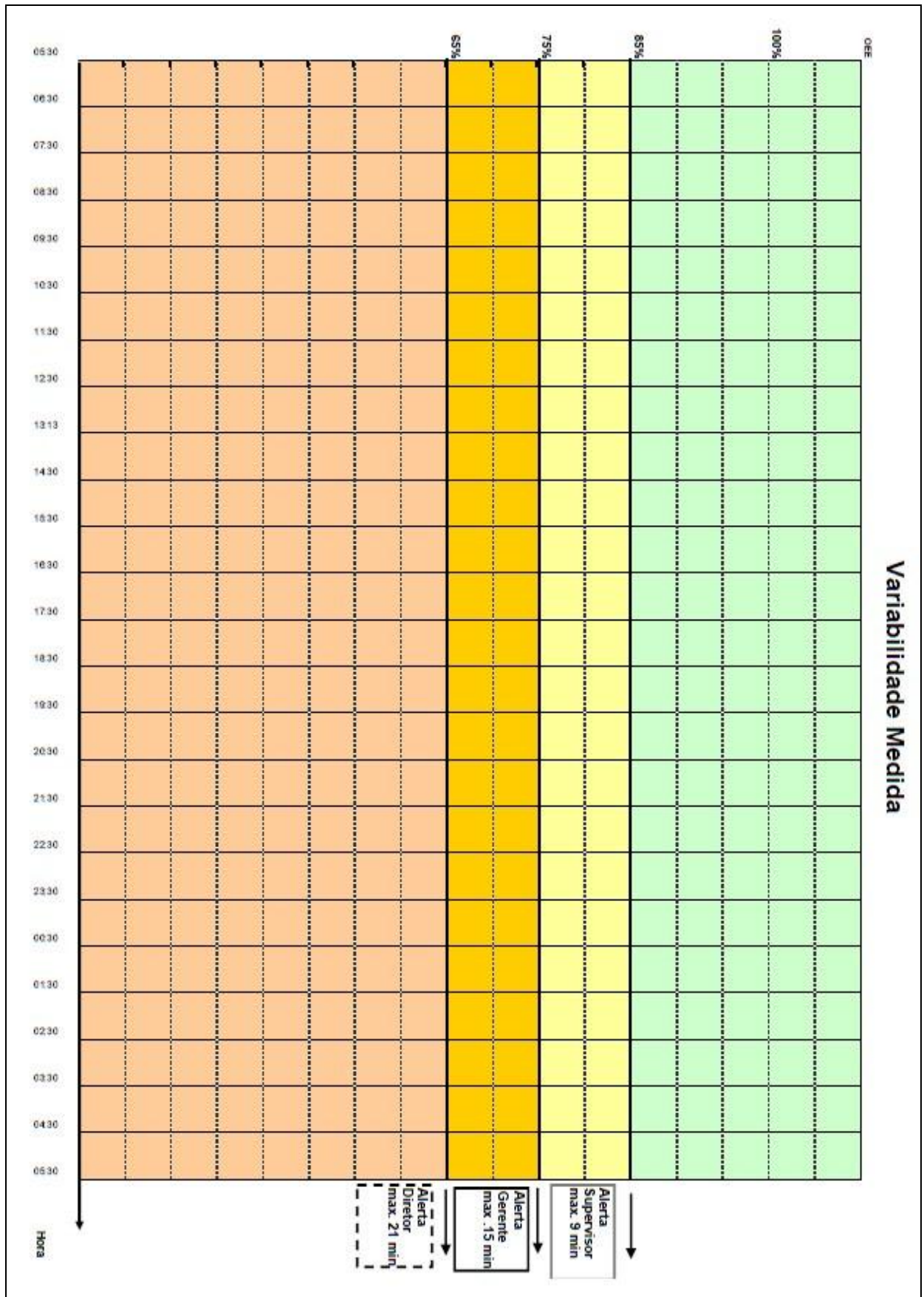
$$TRP = \left(\frac{\text{Peça 1}}{\text{Peça 2}} \times \text{Peças Boas} \times \text{Ciclo} \right) + \left(\frac{\text{Peça 1}}{\text{Peça 2}} \times \text{Peças Boas} \times \text{Ciclo} \right) \times 100 - \left(\text{E} \times \text{D} \right) + \left(\text{E} \times \text{D} \right) \times 100$$

$$MTBF = \left(\frac{\text{Peça 1}}{\text{Peça 2}} \times \text{Peças Boas} \times \text{Ciclo} \right) + 60 - \left(\text{E} \times \text{D} \right) + \left(\text{E} \times \text{D} \right) \div 60$$

(C) e Micro-Paradas

(Fonte: Empresa estudada).

Figura 5 – Padrões de Reação.



(Fonte: Empresa estudada).

O objetivo horário do OEE é de 100%, sendo que há três níveis de reação. O primeiro nível de acionamento é o do nível hierárquico de supervisão, e é disparado quando as perdas causarem a redução do OEE, de 15%, ou seja o valor do OEE for menor que 85%. Esses 15% de perda representam um valor de 9 minutos, valor esse obtido se calculamos 15% de 60 minutos.

O segundo nível de reação é disparado quando as perdas causarem uma redução do OEE de 25% levando seu valor para menos do que 75%, nesse caso o Gerente da área deve ser acionado. Esses 25% de perda representam uma perda de 15 minutos, valor obtido de 25% de 60 minutos.

Se as perdas ocasionarem uma redução do OEE para um valor inferior a 65% o Diretor Industrial é quem deverá ser acionado. Nesse caso a perda será de 35%, ou seja 21 minutos, que se obtém calculando 35% de 60 minutos.

Este tipo de plano de reação é importante para manter o OEE em altos níveis e assegurar o funcionamento do equipamento com um bom nível de rendimento.

Os valores medidos pelos operadores no formulário mostrado na figura 3 são então lançados em uma planilha eletrônica, na qual os dados são consolidados, permitindo se ter um histórico desses valores.

A partir desse histórico é analisado o desempenho dos equipamentos verificando-se qual é a tendência e conseqüentemente tomando medidas para corrigi-la se necessário. A figura 6 mostra uma parte da planilha eletrônica, na qual são mostrados de forma percentual qual o valor do OEE e o detalhamento das perdas.

Figura 6 – Análise Diária do OEE.

ANÁLISE DIÁRIA TRS / OEE / PERDAS																																	
MÊS: Novembro																MÊS																	
1ª QUINZENA																2ª QUINZENA																	
EFICIÊNCIA (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Acumulado	Acumulado
TRS (24h)	84%	54%	59%	88%	75%	56%	83%	78%	58%	41%	28%	84%	63%	83%	30%	67%	65%	59%	24%	83%	78%	76%	68%	75%	67%	59%	77%	82%	68%	43%	#DWD!	68%	66%
OEE	84%	80%	88%	88%	75%	56%	83%	78%	60%	61%	83%	84%	63%	83%	95%	67%	76%	81%	72%	83%	80%	77%	69%	76%	86%	89%	79%	83%	69%	43%	#DWD!	77%	77%
Sem carga	0%	33%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	33%	0%	0%	0%	63%	0%	15%	27%	67%	0%	0%	0%	0%	0%	21%	33%	0%	0%	0%	0%	#DWD!	11%	13%
manutenção preventiva	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	#DWD!	0%	0%
Ty-out	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	#DWD!	0%	0%
set-up	7%	5%	6%	4%	6%	3%	9%	1%	7%	3%	1%	6%	9%	4%	1%	5%	5%	4%	3%	4%	6%	7%	8%	3%	2%	5%	4%	4%	4%	#DWD!	4%	5%	
avaria	0%	0%	2%	7%	10%	18%	0%	11%	10%	22%	0%	2%	6%	4%	0%	22%	7%	2%	1%	5%	0%	1%	1%	3%	0%	0%	15%	1%	25%	#DWD!	4%	6%	
micro paradas	3%	4%	-1%	0%	2%	3%	-1%	0%	14%	0%	3%	1%	5%	-3%	0%	-3%	2%	4%	2%	4%	5%	12%	11%	3%	3%	3%	4%	10%	#DWD!	8%	5%		
paradas legais	3%	2%	1%	0%	6%	6%	5%	1%	1%	1%	0%	2%	0%	6%	1%	5%	2%	2%	1%	2%	10%	6%	6%	4%	7%	9%	2%	4%	#DWD!	3%	3%		
organização	3%	1%	1%	1%	1%	15%	4%	7%	9%	0%	2%	5%	11%	6%	0%	4%	4%	1%	1%	3%	1%	1%	15%	4%	7%	9%	5%	11%	6%	#DWD!	2%	3%	
não qualidade	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	#DWD!	0%	0%	

(Fonte: Empresa estudada).

Na figura 7 é mostrada em formato de diagrama de farol a consolidação dos valores de OEE de diversos equipamentos o que dá ao gestor uma visão geral do panorama do rendimento do parque de máquinas.

Figura 7 – Diagrama de Farol do OEE das máquinas.

Máquinas	Resumo do OEE																Acumulado		Máquina
	1ª QUINZENA																Quinzenal	Máquina	
Máquina 1	84%	80%	88%	88%	75%	56%	83%	78%	60%	61%	83%	84%	69%	83%	95%	67%	76%	Máquina 1	
Máquina 2	93%	78%	99%	87%	73%	68%	65%	64%	80%	78%	76%	66%	77%	81%	98%	63%	78%	Máquina 2	
Máquina 3	68%	94%	31%	#DIV/0!	47%	18%	68%	27%	70%	99%	#DIV/0!	86%	91%	60%	#DIV/0!	71%	64%	Máquina 3	
Máquina 4	69%	#DIV/0!	76%	#DIV/0!	75%	64%	57%	38%	#DIV/0!	30%	59%	55%	60%	77%	#DIV/0!	64%	61%	Máquina 4	
Máquina 5	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	69%	#DIV/0!	56%	59%	Máquina 5	
Máquina 6	81%	81%	63%	63%	69%	76%	65%	62%	82%	81%	86%	65%	69%	65%	72%	78%	72%	Máquina 6	
Máquina 7	31%	74%	84%	35%	54%	58%	92%	65%	79%	92%	62%	78%	77%	77%	86%	69%	69%	Máquina 7	
Máquina 8	97%	72%	94%	83%	90%	80%	86%	66%	83%	77%	72%	76%	58%	71%	92%	72%	79%	Máquina 8	
Máquina 9	77%	#DIV/0!	100%	#DIV/0!	75%	67%	84%	64%	80%	#DIV/0!	#DIV/0!	82%	78%	56%	#DIV/0!	85%	76%	Máquina 9	
Máquina 10	71%	#DIV/0!	100%	#DIV/0!	86%	92%	50%	75%	76%	#DIV/0!	#DIV/0!	89%	82%	81%	#DIV/0!	95%	81%	Máquina 10	
Máquina 11	88%	#DIV/0!	100%	#DIV/0!	69%	81%	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	70%	83%	74%	#DIV/0!	67%	77%	Máquina 11	
CONSOLIDADO	76%	80%	83%	71%	71%	66%	72%	60%	76%	0.7394	73%	75%	74%	72%	89%	71%	72%		
Máquina	Resumo do OEE																Acumulado		Máquina
	2ª QUINZENA																Quinzenal	Mensal	
Máquina 1	81%	72%	83%	80%	77%	69%	76%	86%	89%	79%	83%	69%	83%	49%	#DIV/0!		77%	77%	Máquina 1
Máquina 2	90%	92%	89%	85%	92%	86%	82%	86%	77%	92%	94%	68%	80%	68%	#DIV/0!		84%	81%	Máquina 2
Máquina 3	95%	#DIV/0!	66%	65%	90%	75%	83%	95%	#DIV/0!	74%	74%	53%	49%	67%	#DIV/0!		71%	68%	Máquina 3
Máquina 4	68%	#DIV/0!	75%	29%	84%	69%	65%	86%	#DIV/0!	86%	75%	63%	65%	27%	#DIV/0!		66%	64%	Máquina 4
Máquina 5	79%	74%	74%	79%	73%	84%	93%	97%	78%	87%	82%	89%	88%	82%	#DIV/0!		83%	81%	Máquina 5
Máquina 6	93%	81%	88%	83%	84%	84%	84%	96%	67%	74%	83%	84%	51%	71%	#DIV/0!		79%	76%	Máquina 6
Máquina 7	64%	89%	92%	72%	97%	93%	79%	83%	55%	76%	87%	96%	86%	32%	#DIV/0!		81%	75%	Máquina 7
Máquina 8	#DIV/0!	#DIV/0!	78%	86%	86%	77%	76%	70%	#DIV/0!	89%	88%	88%	91%	113%	#DIV/0!		88%	83%	Máquina 8
Máquina 9	100%	#DIV/0!	90%	89%	91%	91%	88%	93%	#DIV/0!	81%	43%	79%	92%	82%	#DIV/0!		83%	81%	Máquina 9
Máquina 10	100%	#DIV/0!	90%	89%	89%	84%	91%	94%	#DIV/0!	84%	79%	80%	90%	88%	#DIV/0!		87%	85%	Máquina 10
Máquina 11	87%	#DIV/0!	89%	85%	89%	70%	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		85%	81%	Máquina 11
CONSOLIDADO	86%	82%	82%	77%	87%	80%	82%	89%	73%	82%	79%	77%	78%	68%	#DIV/0!		80%	77%	

(Fonte: Empresa estudada).

Na empresa estudada o OEE é medido em 52 equipamentos de diversos portes, sendo que o seu valor individual é ponderado para poder ser comparado entre os OEE dos diversos equipamentos da fábrica, e até mesmo com o OEE de outras fábricas da mesma empresa. Essa ponderação é calculada pela expressão 18, que é proposta pela própria empresa e leva em consideração o valor de aquisição do equipamento e o custo total dos equipamentos da instalação. Dessa forma é possível comparar OEE de equipamentos com valores de aquisição bastante diferentes, sem as distorções que poderiam advir desse fato.

$$OEE = \frac{\sum (OEE \times V_m)}{V_t} \quad (18)$$

Sendo:

V_m = Valor de aquisição do equipamento

V_t = Valor total dos equipamentos da instalação.

Ao final do mês esses valores são calculados de forma ponderada conforme já explicado, e lançados em outra planilha, que serve de relatório para a alta direção e para a matriz saberem como está o desempenho do parque de máquinas e qual seu grau de utilização. A figura 8 mostra essa planilha, nela pode ser vista de forma consolidada o valor do OEE de toda a planta.

Figura 8 – Resumo mensal do OEE da Instalação

Process type (plastic inj, zamak inj, painting line, assembly line, ...)	Cycle time (seconds)	Number of calendar days of the period	Machine switched on time (hours)	Number of good parts	Useful working time (hours)	TRS (%)	1. No load (hours)	Preventive maintenance (hours)	Trials for new products or lines modifications (hours)	2. Planned stops (hours)	OEE (%)	Changeover (incl. quality test for 1st parts) (hours)	Breakdowns (hours)	Micro- stoppages, slowdown (hours)	3. Machine stops (hours)	Lunch & legal breaks , 5' meetings, Line Q/RCC (hours)	Lack of personal organization issue (hours)	4. Organiza tion malfuncio ns (hours)	5. Non quality (hours)
Injection	19.99	30	18000	1,766,391	9,810.0	54.5%	6120	6.3	75.10	81.4	83.1%	130.2	584.8	259.6	974.6	112.3	553.5	665.8	348
Zamak injection	9.37	30	2880	588,636	1,532.2	53.2%	751	0.0	16.00	16.0	72.5%	110.3	159.9	93.6	363.8	102.8	110.6	213.4	3.5
Painting Line	1.44	30	720	837,700	335.5	46.6%	164	2.4	0.8	3.2	60.6%	22.1	6.9	39.8	68.8	51.8	25.0	76.8	72.2
Zamak injection	7.69	30	2880	712,855	1,523.5	52.9%	877	0.0	11.1	11.1	76.5%	111.2	137.8	43.7	292.7	102.1	71.1	173.2	2.5
Zamak injection	2.97	30	2160	1,095,705	902.9	41.8%	1046	0.0	2.0	2.0	81.2%	44.3	43.2	51.3	138.8	52.2	17.0	69.2	1.5
Milling machines	9.04	30	4320	423,353	1,062.7	24.6%	3013	0.0	0.0	0.0	81.3%	15.1	154.8	91.3	261.2	5.1	-25.6	-20.5	3.8
Injection	25.18	30	4320	140,186	980.6	22.7%	3052	0.0	0.0	0.0	77.3%	2.0	10.0	106.4	118.4	30.9	125.0	155.9	13.1
			35280			49.4%					77.2%		3.1%	1.9%					

(Fonte: Empresa estudada).

Para esse estudo de caso os valores utilizados foram retirados dessas planilhas.

3.1.5.1.3 Tratamento dos dados

Com as definições anteriores, agora se podia continuar a análise do OEE e das perdas. O OEE considerado nesse estudo é o OEE industrial.

Das mesmas definições podemos classificar as perdas em três grandes grupos definidos na tabela 1 como:

- Paradas próprias, ou seja, set-up e ajustes, avarias, micro paradas ou baixa cadência.
- Paradas organizacionais, ou seja, paradas causadas por problemas de organização, tais como falta de insumos ou de operador.
- Não qualidade, quando o produto do processo está não conforme.

Foram coletados também os tempos de horas disponíveis do equipamento nos meses considerados.

Esses dados, OEE, perdas e tempos de disponibilidade foram então organizados para gerar a superfície que representa graficamente o comportamento do equipamento durante o período analisado.

3.1.5.1.4 Ferramentas de análise de dados

Para conhecer a distribuição estatística do OEE e das perdas foi utilizado o *Input Analyzer*. Essa ferramenta é um módulo presente no software Arena, e permite a partir dos dados existentes encontrar a qual a melhor distribuição desses dados.

O *Input Analyzer* foi utilizado para encontrar a melhor distribuição estatística para o OEE e para as perdas em detrimento do Microsoft Excel, devido a uma facilidade na obtenção da melhor distribuição.

Para a construção da superfície de resposta com os dados reais foi utilizada a função “*surf*” do *Matlab*. Para o eixo X foi utilizado os tempos de disponibilidade do equipamento de forma crescente. Para o eixo Y foram utilizadas as quantidades de peças produzidas, e para o eixo Z, foi utilizada uma matriz criada com os dados do OEE.

Essa mesma função foi utilizada para a criação das superfícies de resposta das simulações com o aumento do OEE, considerando a redução das perdas.

3.1.5.2 Análise da demanda existente do equipamento

Para a análise da demanda corrente do equipamento, foi coletado junto ao Departamento de Logística, responsável na empresa estudada pela análise da carga máquina e da comparação com a demanda dos clientes. Nesse departamento foi coletada a quantidade de peças, a ser processada no equipamento no ano corrente ao estudo, ou seja, 2013, bem como a variação dessa demanda ao longo dos próximos quatro anos, (até 2017).

No departamento de logística foram coletados também os dados sobre a demanda de produtos já em carteira, ou seja, que tem pedido dos clientes para fornecimento, e que entrarão em produção, no próprio ano do estudo ou no período de 4 anos, bem como sua variação de demanda ao longo desse mesmo período, ou seja de 2013 a 2017.

Esses dados foram compilados em quadros divididos ano a ano, e as quantidades de produtos foram multiplicadas pelos seus respectivos tempos de ciclo, sendo obtido dessa forma a carga horária utilizada do equipamento, bem como sua variação ao longo do período já citado.

Com essas tabelas pode-se obter a quantidade de horas demandadas do equipamento no período estudado.

3.1.5.3 Análise da demanda futura

Essa parte do estudo era importante para saber qual seria o comportamento da demanda e conseqüentemente da carga horária necessária para poder atendê-la.

A coleta desses dados foi feita junto ao Departamento de Vendas, que na empresa estudada é o departamento responsável pela coleta de informação de demandas futuras ainda em fase de cotação com os clientes, mas que podem vir a ser fornecidos caso a cotação seja a vencedora da licitação.

Da mesma forma como para os produtos correntes, esses produtos ainda em fase de cotação, tiveram seus volumes de produção levantados para o período estudado e foram colocados em planilhas e também multiplicados por tempo de ciclo estimados por semelhança com produtos existentes, para obter-se a quantidade de horas demandada do equipamento para atender seu fornecimento.

O somatório das duas demandas, a atual e a futura, deu um panorama de qual seria a demanda solicitada do equipamento no período avaliado.

3.1.5.4 Comparação da demanda necessária com a disponível

Completado o trabalho descrito anteriormente, era necessário comparar a demanda necessária com a disponível.

As demandas em horas necessárias foram comparadas com a disponibilidade em horas do equipamento, considerando o OEE corrente.

3.1.6 Compartilhamento

Todas as informações obtidas na fase de coleta de dados e análise foram compartilhadas com a empresa estudada, e a decisão foi atuar para a melhoria do OEE.

As perdas de em horas do equipamento estudado, podem ser classificadas em três categorias: perdas por paradas próprias do equipamento, problemas de gestão e de qualidade, conforme mostrado na tabela 1, pôde-se então escolher as ferramentas a serem utilizadas na melhoria do OEE.

Para os problemas de qualidade a ferramenta utilizada na empresa estudada é o QRQC (Quick Response to Quality Control) - *Resposta Rápida para o Controle de Qualidade* (ROCHA, et al 2012) e para os problemas de paradas próprias e de gestão é utilizado o QRMC (Quick Response to Management Control) – *Resposta Rápida para o Controle de Gestão* (OLIVEIRA e LIBRANTZ, 2012), descritos na sequência.

3.1.6.1 QRQC – Resposta rápida para o controle da qualidade

Como citado por Rocha et al (2012) o objetivo do QRQC é tratar um problema definitivamente, afirma ainda que essa metodologia trabalha com um conjunto de ferramentas da qualidade, que são usadas sequencialmente e atuam na contenção do problema, complementa que a imediata investigação e atuação do QRQC envolve toda a organização na busca pela melhoria contínua, de clientes a fornecedores.

O quadro 2 mostra que o conjunto de ferramentas contidas no QRQC.

Quadro 2: Ferramentas de qualidade dentro do QRQC

1ª Fase	Definição do problema	5W2H	Resposta às perguntas Qual o problema? Por quê? Quem detectou? Onde detectou? Como detectou? Quando? Quanto?	Identificar qual é realmente o problema
2º Fase	Contenção do problema	Seleção dos estoques	Selecionam-se todos os lugares onde o produto possa ser encontrado, desde o estoque do cliente até o estoque de matéria prima.	Assegurar que o cliente só receba peças conformes
3ª Fase	Análise da ocorrência e da não detecção	FTA (Arvore de análise de falhas) (variação de Ishikawa)	Identifica os fatores que podem ter contribuído para a ocorrência e não detecção do problema e suas prováveis causas	Identificação das prováveis causas da ocorrência e da não detecção.
4ª fase	Identificação da causa raiz	5 por quês?	A partir das prováveis causas pergunta-se por quê? Até encontrar-se uma causa que seja a causa raiz.	Encontrar a verdadeira causa ou causas raiz da ocorrência e da não detecção.
5ª Fase	Tomada e ações corretivas e preventivas	Plano de ações	Plano descrevendo, o que, quem e quando tomará as ações determinadas para eliminar o problema.	Eliminara a causa ou causas raiz do problema.
6ª Fase	Acompanham ento do processo	Diagrama de Pareto	A partir da observação das saídas do processo verifica-se a recorrência do problema	Assegurar que as contramedidas foram eficazes
7ª Fase	Lições aprendidas	Cartão de lições aprendidas	Registrando a situação antes e depois e mostrando como se chegou à situação final, bem como determinando novos padrões e áreas de aplicação.	Capitalizar as lições aprendidas para multiplicar em locais onde possa haver problemas semelhantes

(Fonte: adaptado de Rocha et al 2012).

Rocha *et. al* (2012) complementam que o QRQC é a junção num único documento de diversas ferramentas de qualidade o que facilita seu preenchimento e análise. Esse conjunto de ferramentas deve ser utilizado de forma sequencial, e conduz à eliminação da causa ou causas raiz de problemas de não qualidade. Com a aplicação dessa ferramenta pode-se perceber a redução dos refugos gerados pelo processo e conseqüentemente a redução das perdas de OEE.

Aoudia e Testa (2011) também disseram que para os problemas de não qualidade, é recomendada a utilização do QRQC (Quick Response Quality Control - Resposta Rápida para o Controle de Qualidade).

Seleme e Stadler apud Rocha *et. al* (2012) definem a metodologia como sendo uma “sequência lógica empregada para atingir o objetivo desejado, enquanto que ferramenta é um recurso utilizado no método”.

3.1.6.2 QRMC – Resposta rápida para o controle de gestão

Oliveira e Librantz (2012) apresentam o QRMC como uma variante do QRQC tradicional. Nele a peça não conforme é substituída por situação não conforme, e da mesma forma, que a peça não conforme é comparada à peça conforme para encontrar-se a diferença entre as duas, no QRMC a situação não conforme é comprada á situação conforme, buscando determinar com clareza qual a diferença entre elas.

A exemplo do QRQC, no QRMC as ferramentas de qualidade citadas na tabela 3, também são utilizadas, substituindo-se apenas como já escrito anteriormente, peça não conforme por, situação não conforme.

Da mesma forma o QRMC ao reduzir os problemas de gestão ou de paradas próprias do equipamento, reduz as perdas e conseqüentemente aumenta o OEE.

3.1.7 Aplicação das ferramentas de melhoria

Os problemas que levantados durante a coleta de dados, impactavam o OEE, foram então analisados utilizando as ferramentas QRQC e QRMC, anteriormente descritas,

e suas causas raízes encontradas.

Para essas causas raízes encontradas, foram propostas e aplicadas soluções, e após a conclusão da implantação das soluções propostas foi refeita a medição do OEE para verificar a eficácia da ação implementada.

Os dados coletados no estudo de caso, antes e depois da aplicação das ferramentas foram utilizados para a criação do modelo matemático proposto, e na validação dos resultados obtidos na simulação.

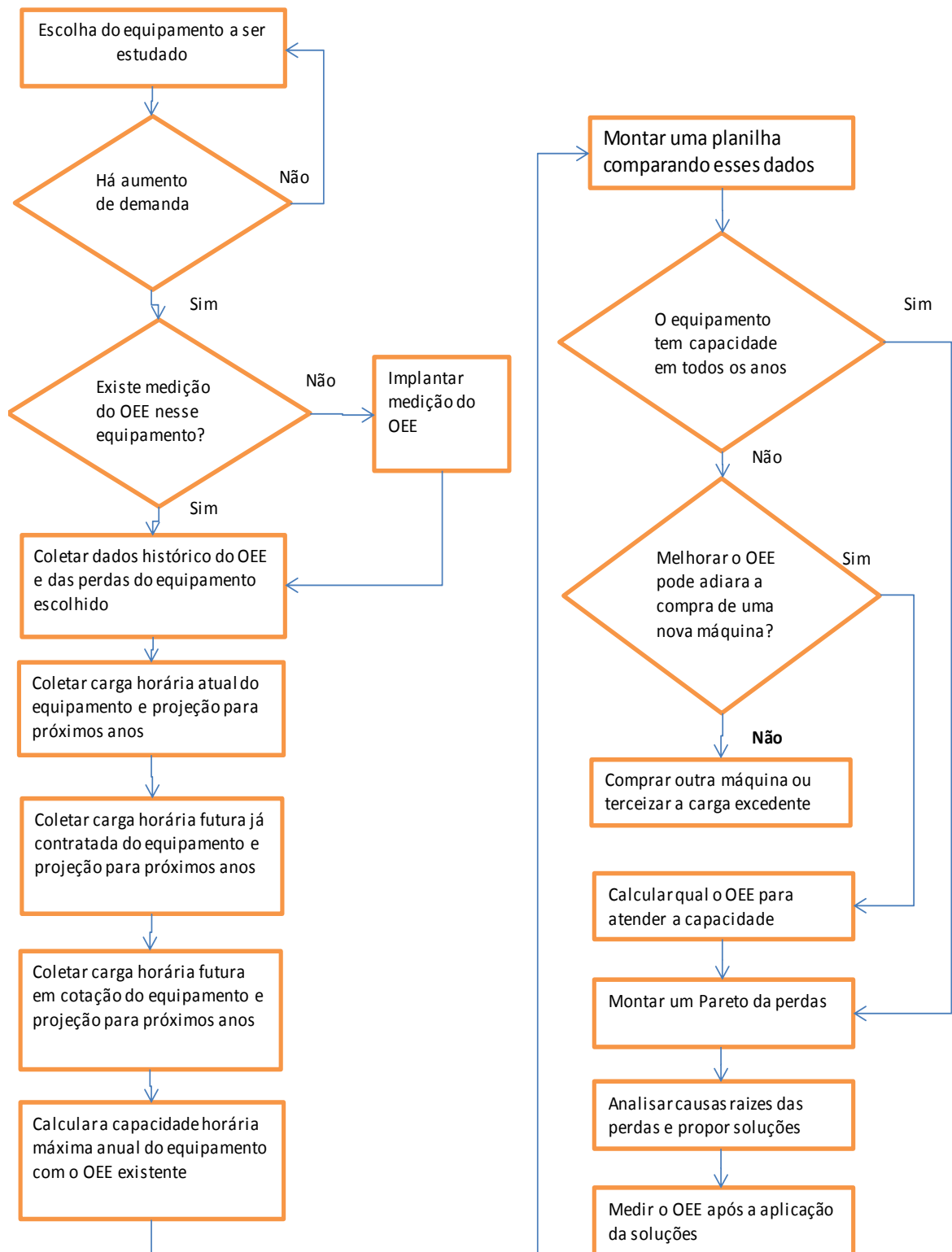
O modelo matemático proposto foi criado com um universo de dados obtidos de um tempo anterior ao período de tempo pesquisado como estudo de caso e os dados mais atuais foram utilizados para validar os resultados obtidos no modelo.

O modelo matemático gerou uma superfície de resposta que foi comparada à realidade observada para sua validação.

Estes dados foram analisados e os resultados dessa análise foram compartilhados com algumas pessoas da empresa envolvidas com esse equipamento para validação das conclusões.

A execução desse trabalho seguiu também um fluxograma mostrado na figura 9. Esse fluxograma auxilia na tomada de decisão sobre que equipamento escolher para fazer o estudo, e no final do estudo também auxilia o gestor na tomada de decisão.

Figura 9 – Fluxograma do projeto



(fonte: o autor)

A seguir os resultados e discussões oriundos desse trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 EMPRESA ESTUDADA

A empresa estudada é uma empresa de grande porte do setor de autopeças, de origem estrangeira e que chegou a Brasil no início dos anos 80, tendo adquirido empresas brasileiras do mesmo ramo, aproveitando assim tanto a base de fornecedores como a base de clientes.

É uma empresa fornecedora das maiores montadoras estabelecidas no país, bem como de suas matrizes e subsidiárias espalhadas pelos cinco continentes.

Sua base de operações, ou seja, a matriz fica localizada em um país asiático, mas tem fábricas situadas em diversos países, dos cinco continentes, sendo o maior fabricante mundial do tipo de produto que fornece a seus clientes.

Seu parque fabril no Brasil conta com injetoras de termo plásticos, injetoras de metais não ferrosos, máquinas de usinagem, equipamentos para tratamento superficial, pintura e linhas de montagem.

Sua base de fornecedores está espalhada por toda a grande São Paulo e no interior do estado. Conta também com um número considerável de fornecedores estrangeiros.

4.2 ESCOLHA DO EQUIPAMENTO

4.2.1 Definição do equipamento

Como o OEE na empresa é medido em 52 equipamentos, e como o objetivo desse trabalho era demonstrar que o OEE pode ser utilizado como ferramenta de auxílio à decisão para compra de máquina no contexto de aumento de demanda, foi então feito a escolha de um equipamento no qual essa condição pudesse ser verificada utilizando as condições descritas em materiais e métodos.

Foram analisadas as possibilidades entre os equipamentos existentes na empresa.

Verificou-se que o equipamento que atendia a todas as condições, e que poderia validar a proposta, era um equipamento utilizado para a pintura de autopeças, chamada na empresa objeto do estudo de caso de Pintura Body Color.

Esse equipamento foi escolhido, pois o mesmo apresentava um acompanhamento bastante preciso do OEE e das perdas, estava com a carga máquina próximo do máximo e tinha uma demanda crescente de produtos, tendo também um estudo em andamento para a compra de um novo equipamento.

O valor de aquisição desse equipamento e de aproximadamente R\$ 8 milhões de reais, além da dificuldade em sua instalação devido a seu tamanho, dessa forma esse equipamento reunia todas as características necessárias a sua escolha como objeto desse estudo.

Esse equipamento trabalha em um regime de 24 horas diárias, divididas em 3 turnos de 8 horas, e possui uma parada programada para limpeza e manutenção preventiva aos domingos, sendo que aos sábados a jornada de trabalho é de apenas 9,5 horas. Com essa configuração de funcionamento o OEE Gerencial semanal máximo pode ser calculado utilizando a Expressão 12 definida anteriormente.

$$\%OEE = \frac{\sum (Pg * Tc)}{Tt} \times 100 (\%)$$

Assim:

$$OEE_G = ((5 \times 24) + 9,5) / (7 \times 24) \rightarrow \text{Tem-se que o OEE} = 77\%$$

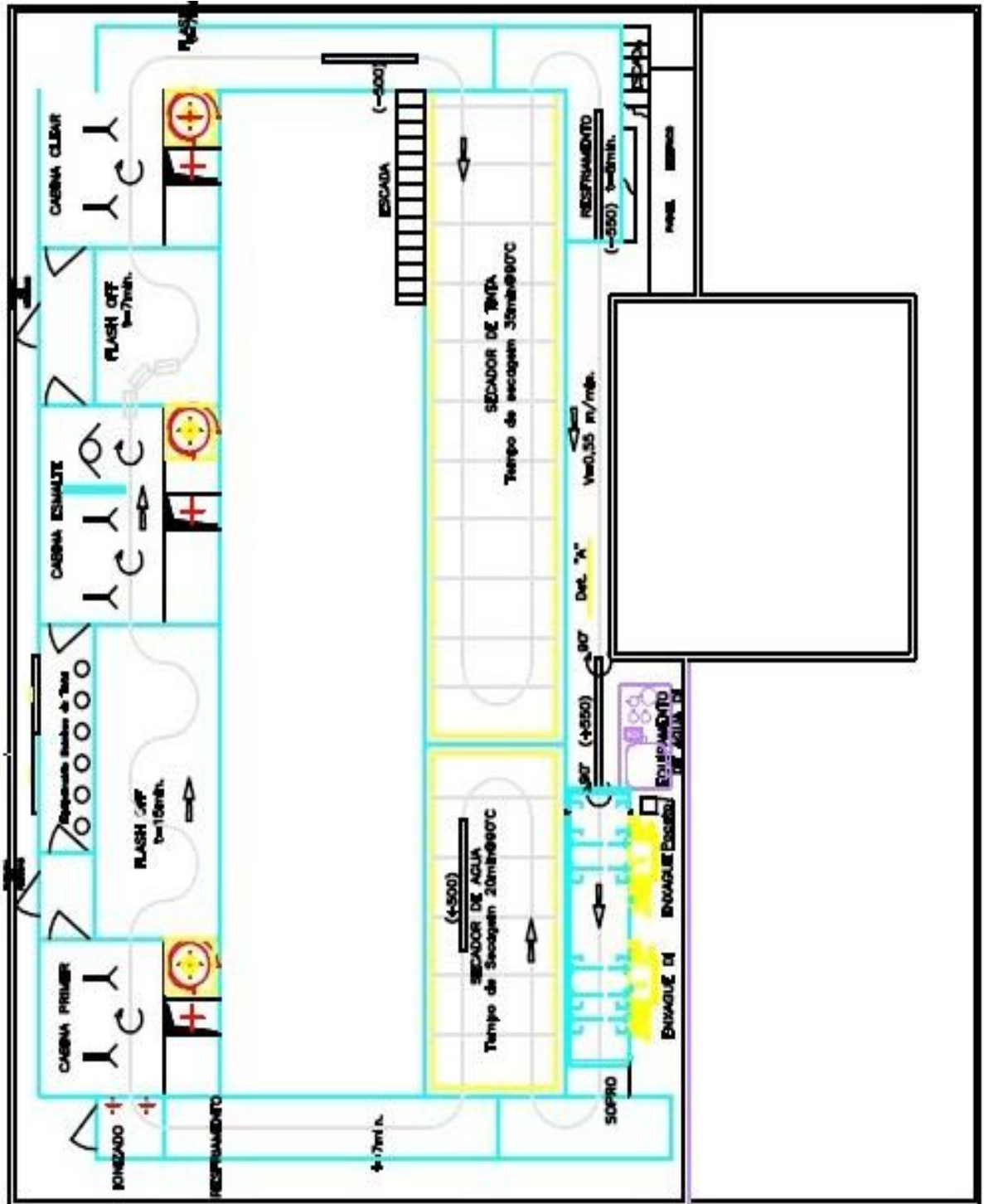
Desses 77%, tiradas as perdas tem-se o OEE Industrial, que poderia alcançar 100%, caso as perdas fossem zero, o que é pouco provável em um ambiente industrial normal, devido ao estado atual da tecnologia.

Em um ambiente industrial normal considerado de classe mundial a literatura recomenda como bom, um valor de OEE de 85% (Nakajima, 1991), conforme demonstrado no Capítulo 2. Dessa maneira tinha-se que o OEE máximo

possível para esse equipamento, mantidas as condições delimitadas anteriormente, era de 85%.

A figura 10 mostra o *lay-out* desse equipamento.

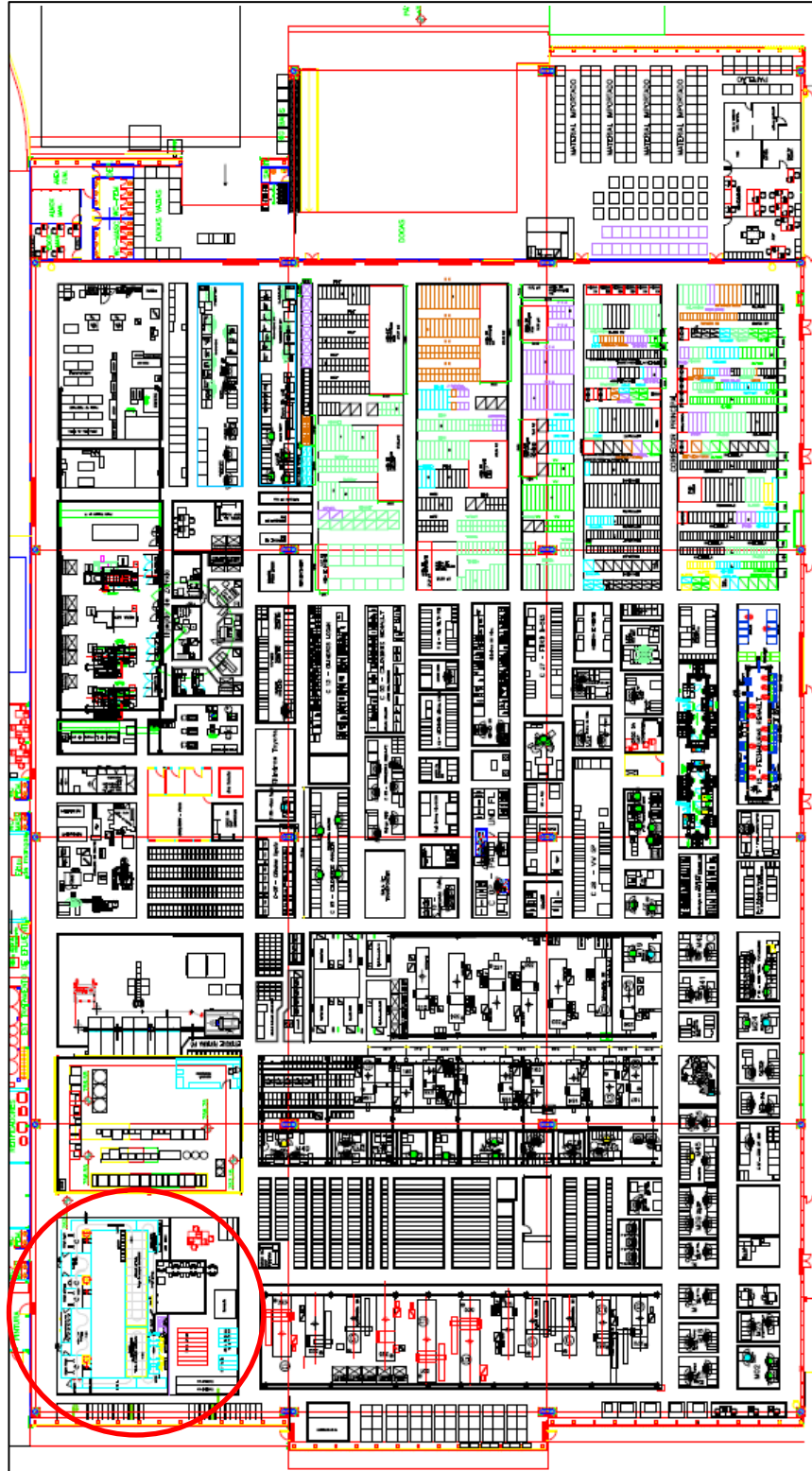
Figura 10: *Lay-out* da cabine de pintura *Body-Color*.



(fonte: Empresa estudada).

A figura 11 mostra o layout da indústria estudada e o círculo em vermelho destaca a localização da cabine de pintura nesse *lay-out*.

Figura 11 – *Lay-out* da empresa estudada.



(Fonte: empresa estudada).

4.2.2 Levantamento do OEE real do equipamento

Escolhido o equipamento, foram coletados os dados do mesmo a partir dos dados históricos existentes. Esses dados históricos foram coletados das planilhas citadas no capítulo 3 e mostrados nas figuras 6 e 8, durante o período de um ano.

Os dados dessas planilhas são obtidos a partir dos dados coletados da folha de marcha mostrada no capítulo 3, figura 4, onde os operadores do equipamento registram em minutos os tempos de todos os eventos ocorridos durante os turnos.

Esses dados são então lançados na planilha, e expressões matemáticas previamente digitadas transformam esses valores que estão em minutos em valores percentuais, bem como calculam o OEE.

Dessas planilhas foram coletados os dados relativos ao equipamento estudado e colocados em uma planilha para de separá-los dos dados de outros equipamentos. E poderem ser estudados separadamente. O quadro 3 mostra a planilha na qual estão contidos esses dados.

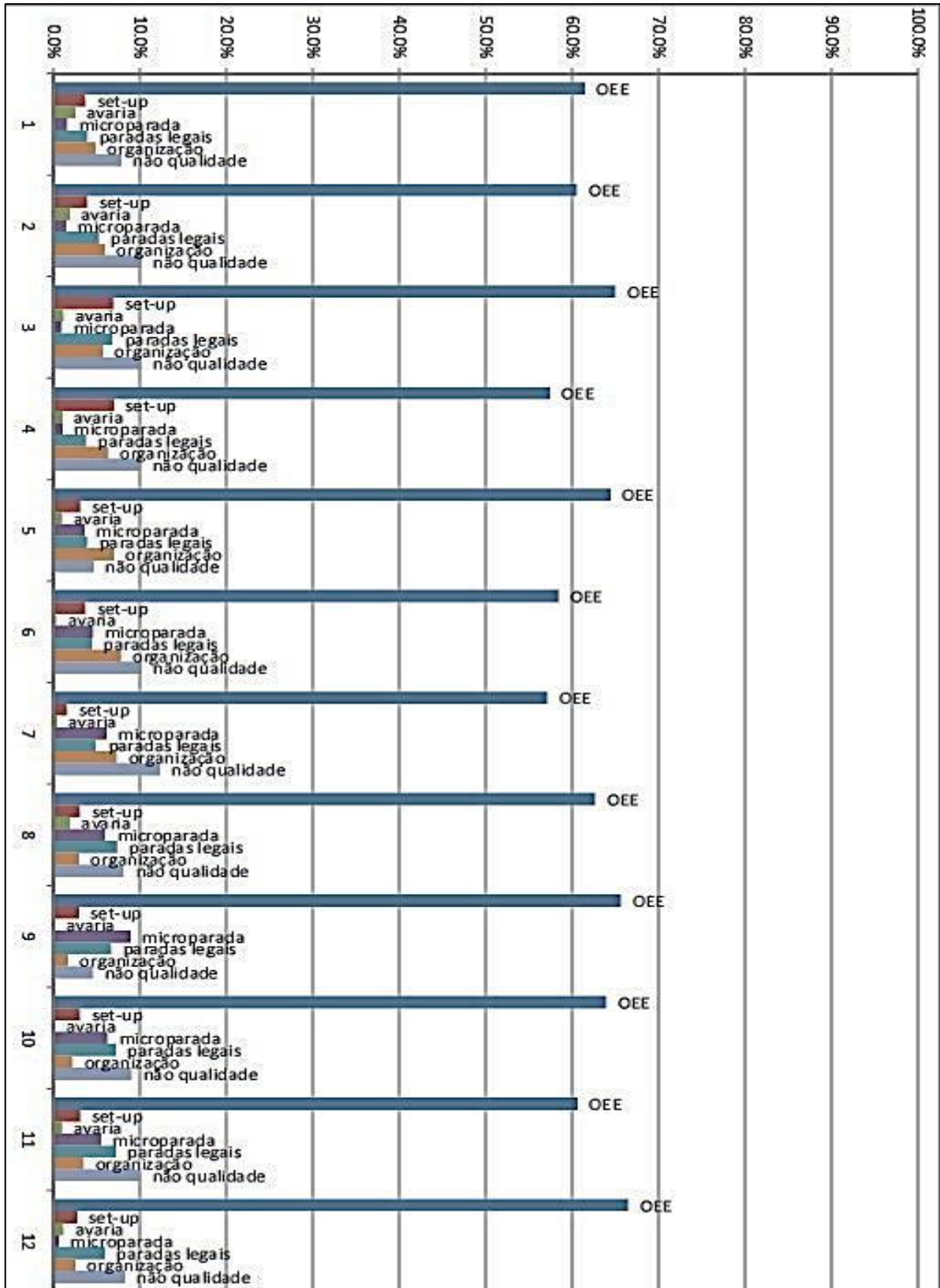
Quadro 3 – Dados do OEE e das perdas.

2012												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
OEE	0,62	0,61	0,65	0,57	0,64	0,58	0,57	0,63	0,66	0,64	0,61	0,66
Set-up	0,04	0,04	0,07	0,07	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Avaria	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01
Microparada	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,05	0,06	0,06	0,09	0,06	0,06	0,01
Paradas Próprias	0,04	0,03	0,02	0,02	0,05	0,05	0,06	0,08	0,09	0,06	0,06	0,02
Paradas legais	0,04	0,05	0,07	0,04	0,04	0,04	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06
Organização	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,07	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
Organizacionais	0,09	0,11	0,13	0,10	0,11	0,12	0,12	0,10	0,08	0,09	0,11	0,09
Não Qualidade	0,08	0,10	0,10	0,10	0,05	0,10	0,12	0,08	0,05	0,09	0,10	0,08

(Fonte: o autor).

Os dados históricos coletados foram analisados, e obtidos os valores de OEE e tabuladas as perdas, que de forma gráfica são demonstradas na figura 12.

Figura 12 – Gráfico das perdas apuradas durante o ano de 2012.

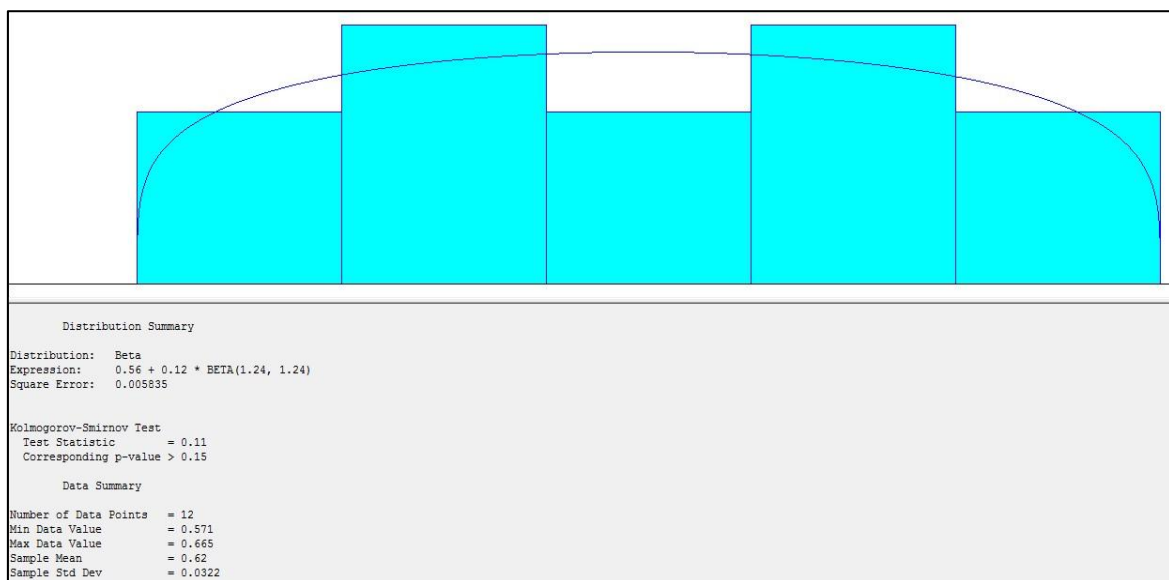


(Fonte: o autor).

O quadro 3 e da figura 11 pode-se inferir que o OEE tem certa estabilidade, com valor mínimo de 57% e máximo de 66%, e seu valor médio ao longo do ano estudado (2012) ficou em 62%.

Conforme citado em materiais e métodos, para um melhor conhecimento do comportamento do OEE, assim como das perdas e para saber qual a sua distribuição, fez-se uma análise utilizando-se o *Input Analyzer*, que como citado no capítulo 3 é um módulo de análises estatísticas presentes no software de simulação Arena. Então conforme mostra a figura 13, o OEE apresenta uma distribuição Beta, e desvio padrão de 0,0322.

Figura 13 - Gráfico da distribuição do OEE do ano de 2012.



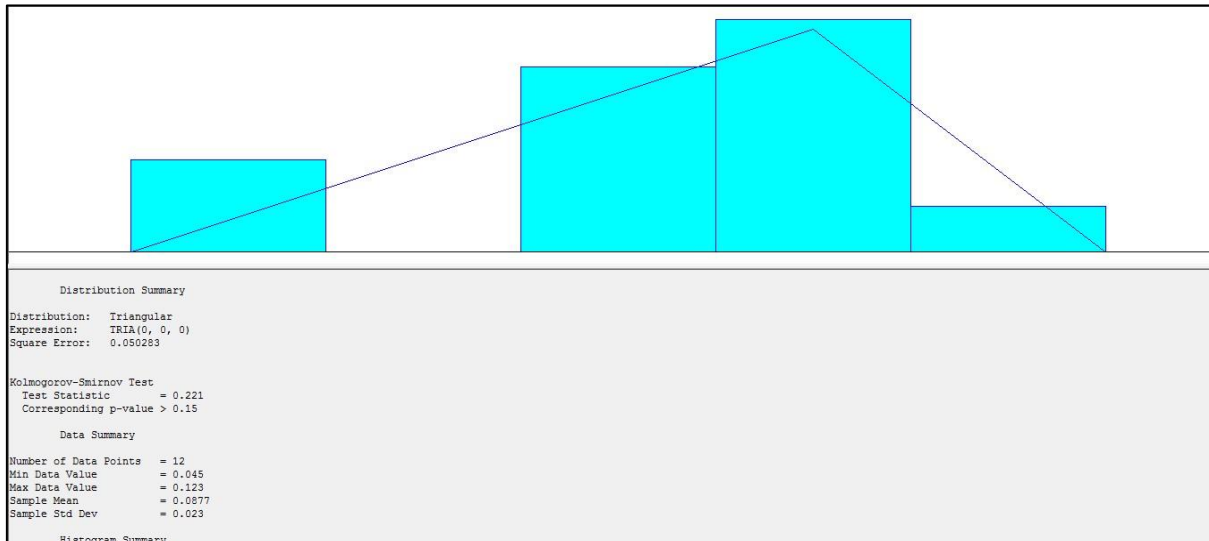
(Fonte: o autor).

Esse mesmo estudo, apenas para efeito comparativo, foi efetuado com os valores de OEE de outros equipamentos da mesma empresa, e a distribuição apresentada, como a mais aderente aos valores, era a Beta, esses estudos são mostrados no apêndice 2.

A distribuição beta é uma distribuição contínua de grande utilidade e uma de suas principais aplicações é a modelagem de proporções, nela as proporções 0 e 1 não ocorrem. A distribuição beta também é geralmente utilizada para estudar a variação na porcentagem de determinado valor em amostras, como é o caso dos valores de OEE.

A principal fonte de perda do equipamento era gerada por não qualidade e seu valor médio ao longo do ano estudado ficou em torno de 8,8%, apresentando uma distribuição triangular e com desvio padrão de 0,023, como mostrado na figura 14.

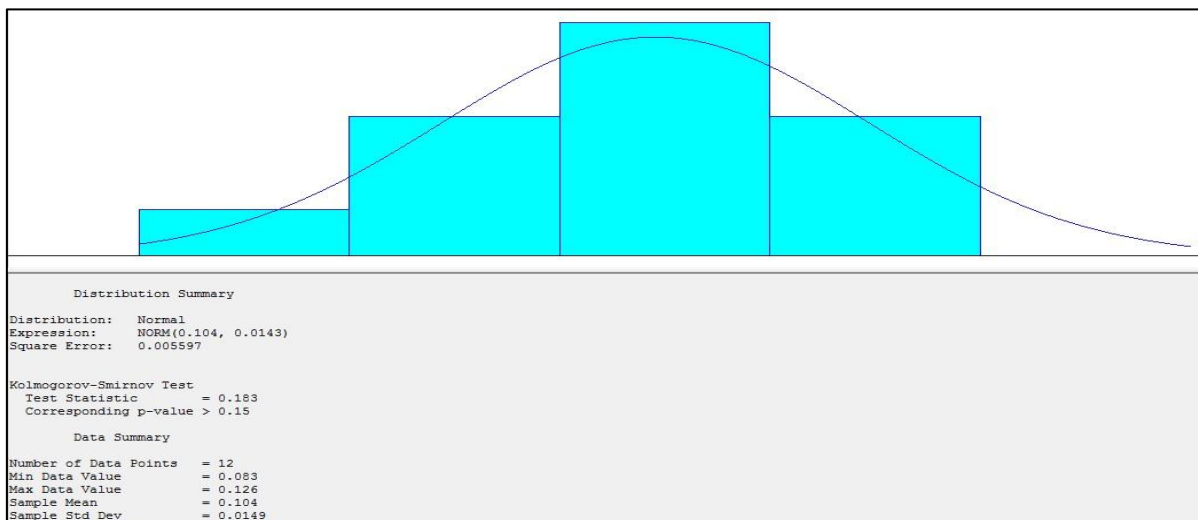
Figura 14 – Gráfico da distribuição das perdas por Não Qualidade.



(Fonte: o autor).

Como se pôde inferir da figura 12, a segunda perda mais significativa eram as perdas por problemas de organização. A figura 15 mostra que o valor médio das perdas por esse tipo de problema era de 10,4%, apresentando uma distribuição Normal, e desvio padrão da amostra de 0,0105.

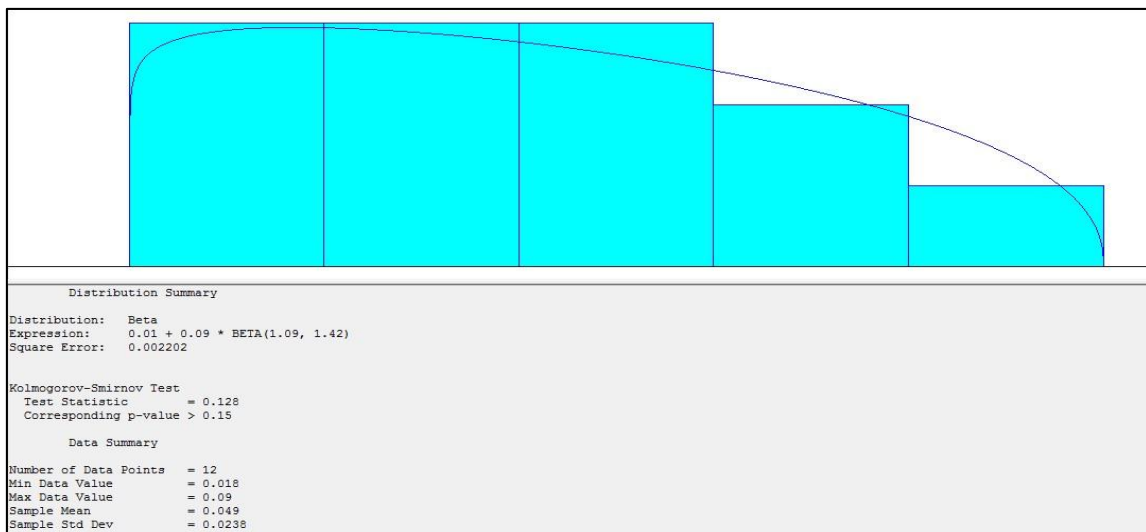
Figura 15– Gráfico de distribuição das perdas por problemas de Organização.



(Fonte: o autor).

Pode-se obter da figura 12 também os dados para conhecer a terceira fonte de perdas, e nesse caso, eram as perdas ocasionadas por paradas próprias da máquina. Essas paradas como já definidas na tabela 1, eram as paradas causadas por setup, avarias do equipamento, micro paradas ou baixa cadência. A figura 16 mostrava que a média dessas perdas é de 4,9 % com distribuição Beta e desvio padrão da amostra de 0,0238.

Figura 16 – Gráfico da distribuição das perdas por Paradas Próprias.



(Fonte: o autor).

Para as perdas por não qualidade, organização e paradas próprias, também foram feitas análises estatísticas com a finalidade de identificar a distribuição das mesmas em outros equipamentos, a distribuição mostrou ser específica a cada equipamento, não nos permitindo assumir uma distribuição padrão, como para o OEE, esses estudos também são mostrados no apêndice 2.

Esse fato nos levou a concluir que como essas perdas são variáveis de equipamento para equipamento, mesmo sendo eles da mesma classe é normal que as distribuições não sejam semelhantes.

O quadro 4 a seguir mostra os erros quadráticos das outras distribuições, justificando porque essas distribuições mostradas foram as mais adequadas.

Quadro 4 – Dados estatísticos do OEE e das perdas.

OEE		Não qualidade		Organização		Paradas Próprias	
média	62%	média	8,80%	média	10,40%	média	4,90%
erro	0,0322	erro	0,023	erro	0,0105	erro	0,0238
função	erro quadrático	função	erro quadrático	função	erro quadrático	função	erro quadrático
Beta	0,00584	Beta	0,0823	Beta	0,031	Beta	0,0022
Uniforme	0,00833	Uniforme	0,119	Uniforme	0,0361	Uniforme	0,0222
Weibull	0,0266	Weibull	0,0975	Weibull	0,0656	Weibull	0,00862
Gama	0,0273	Gama	0,148	Gama	0,0723	Gama	0,0103
Normal	0,0299	Normal	0,0839	Normal	0,0584	Normal	0,0165
Erlang	0,0314	Erlang	0,15	Erlang	0,0821	Erlang	0,00848
Lognormal	0,0349	Lognormal	0,186	Lognormal	0,0856	Lognormal	0,0178
Triangular	0,0439	Triangular	0,0503	Triangular	0,0543	Triangular	0,00864
Exponencial	0,0607	Exponencial	0,204	Exponencial	0,068	Exponencial	0,0314

Grifados em azul os menores erros quadráticos

(Fonte: o autor).

4.3 ANÁLISE DA DEMANDA DO EQUIPAMENTO

4.3.1 Análise da demanda atual do equipamento

Para poder-se fazer o estudo desejado, e demonstrar de que forma poderia ser feita a utilização do indicador OEE para auxílio à decisão, foi necessário fazer uma comparação entre a carga máquina atual do equipamento, e a carga máquina futura, considerando dois fatores: o acréscimo de carga causado pelos produtos adicionais já vendidos e o acréscimo que seria causado pelos produtos em fase de cotação.

A carga máquina existente foi levantada a partir de dados coletados no Departamento de Logística, lá foram levantadas as quantidades diárias demandadas pelos clientes, estes dados foram anualizados e geraram a demanda anual por cliente e por tipo de produto demandado atualmente. O quadro 5 mostra a demanda anual para o ano de 2013, por tipo de produto, levantados no Departamento de Logística da empresa objeto do estudo de caso.

Quadro 5 – Carga máquina anualizada da Pintura Body Color.

Clientes	Produtos	Volumes
ELUX	Puxador	360.000
	Botão	360.000
B-402	Puxador	96.000
LIFT GATE	Puxador	96.000
327	Puxador	384.000
A15X	Puxador	552.000
	Botão	552.000
326	Puxador	1.200.000
	Botão	1.200.000
GSV	Puxador	1.680.000
Amazon	Puxador	528.000
	Botão	528.000
TOYOTA	Puxador	648.000
	Botão	648.000

(Fonte: empresa estudada).

Para determinar qual a carga máquina, ou seja, o tempo necessário de produção precisava-se dos tempos de ciclo. Como demonstrado na Expressão 12 a carga máquina é formada pelo somatório das quantidades produzidas multiplicadas pelos seus respectivos tempo de ciclo. O quadro 6 mostra os tempos de ciclo obtidos no equipamento por tipo de produto.

Quadro 6 – Tempos de ciclo da Pintura Body Color.

Clientes	Produtos	s/pç
ELUX	Puxador	1,76
	Botão	0,66
B-402	Puxador	1,76
LIFT GATE	Puxador	1,76
327	Puxador	2,21
A15X	Puxador	1,76
	Botão	0,66
326	Puxador	1,76
	Botão	0,53
GSV	Puxador	2,21
Amazon	Puxador	1,76
	Botão	0,83
TOYOTA	Puxador	1,76
	Botão	0,53

(Fonte: Empresa estudada).

De posse do volume e o tempo de ciclo, pode-se então determinar qual o tempo necessário de utilização do equipamento, para atender à demanda. O quadro 7 apresenta esse cálculo, mostrando qual a necessidade em horas de utilização do equipamento e a demanda em horas do equipamento para o ano de 2013.

Quadro 7 – Tempo necessário de utilização da Pintura Body Color.

Clientes	Produtos	Volumes	s/pç	Horas
ELUX	Puxador	360.000	1,76	176,47
	Botão	360.000	0,66	66,18
B-402	Puxador	96.000	1,76	47,06
LIFT GATE	Puxador	96.000	1,76	47,06
327	Puxador	384.000	2,21	235,29
AI5X	Puxador	552.000	1,76	270,59
	Botão	552.000	0,66	101,47
326	Puxador	1.200.000	1,76	588,24
	Botão	1.200.000	0,53	176,47
GSV	Puxador	1.680.000	2,21	1029,41
Amazon	Puxador	528.000	1,76	258,82
	Botão	528.000	0,83	121,32
TOYOTA	Puxador	648.000	1,76	317,65
	Botão	648.000	0,53	95,29
			<i>Total</i>	3.531,32

(Fonte: ao autor).

4.3.2. Demanda futura do equipamento

Para saber a demanda para os próximos anos era necessário conhecer quais os produtos que serão acrescentados e quais seus volumes. Nesse caso há dois tipos de produtos cujos volumes de produção devem ser somados. O primeiro tipo eram os volumes dos produtos já ganhos, que estão apenas aguardando finalizar seu desenvolvimento pela engenharia. O segundo tipo eram os produtos em fase de cotação, que poderão ser transformados em produtos vendáveis ou não, mas que para os objetivos desse estudo deviam ser levados em conta, pois se trata de definir uma estratégia para o futuro.

Para ajustar essa estratégia e reduzir os riscos, deve-se além das considerações já feitas anteriormente, levar em conta também quais produtos irão sair de linha, ou terão seus volumes alterados, tanto para mais como para menos.

Devido à necessidade de conhecer quais são esses produtos e seus volumes foi necessário pesquisar no Departamento de Vendas. Lá foram obtidas informações sobre os novos produtos a serem acrescentados ao portfólio de produção, sendo que havia, como dito anteriormente, produtos já conquistados e em fase de desenvolvimento, bem como produtos em fase de cotação, já em andamento ou em fase de planejamento, bem como o conhecimento dos produtos que terão seus volumes aumentados, ou reduzidos em função da demanda requerida pelos clientes num futuro conhecido de 4 anos, ou seja, até 2017. O quadro 8 mostra quais são esses produtos e quais seus volumes para os anos futuros.

Quadro 8 – Volumes futuros por cliente para a Pintura Body Color.

Clientes	Volumes				
	2014	2015	2016	2017	2018
FIAT		52.368	107.879	111.227	115.677
		15.149	31.175	32.142	33.428
		148.000	444.000	444.000	444.000
	200.000	400.000	400.000		
FORD			411.840	411.840	428.314
GM				144.000	272.000
				450.000	660.000
HONDA			20.000	192.000	200.000
PSA			12.000	240.000	248.000
				132.000	180.000
RENAULT/NISSAN			280.000	280.000	280.000
				240.000	240.000
			60.000	120.000	120.000
			140.000	220.000	260.000
					180.000
					68.000
		140.000	320.000	332.800	346.112
		25.000	140.000	145.600	151.424
	12.000	64.000	66.560	69.222	
VW	952.380	1.904.760	1.904.760	1.904.760	952.380
HYUNDAI		760.000	760.000	760.000	760.000
TOYOTA			418.000	444.600	444.600

(Fonte: Empresa estudada).

Os volumes considerados para o ano de 2014 são os volumes de produtos já conquistados e em desenvolvimento. Os demais são volumes de produtos em cotação, com previsão de início de produção no ano indicado no quadro 8.

Tinha-se então a demanda futura em termos de quantidade de produto, mas restavam ainda dois problemas a serem solucionados, eram eles:

- 1º) Saber quantas horas de produção seriam necessárias.
- 2º) E se o equipamento comportaria esse aumento de demanda.

Para a solução desses dois problemas, da mesma forma que para os produtos que estão em linha, foi preciso utilizar a Expressão 13, e da mesma forma que para os produtos já em linha, há a necessidade de conhecer os tempos de ciclo dos novos produtos para poder calcular a demanda (em horas), do equipamento.

Como esses produtos ainda não estão em produção e não se tinha os seus ciclos de produção, medidos por cronometragem, foi necessário estimar o ciclo pela semelhança com os produtos já em produção.

Como afirma Barnes (1977), diversos estudos de tempo de uma mesma operação são feitos sem pensar que os dados podem vir a ter valor para outra operação qualquer, porém algumas espécies de trabalho têm certos elementos que são semelhantes.

Baseado nessa afirmação concluiu-se que era possível fazer uma estimativa de tempo de ciclo por semelhança.

Para fazer essa estimativa de ciclo por semelhança, foi analisada pela equipe de processos da pintura, qual a quantidade dessas novas peças, que caberiam nos suportes do equipamento, e como a velocidade do transportador é constante, avaliaram-se quantas peças seriam possíveis de serem pintadas a cada rodada do transportador. Conhecida essa quantidade e dividindo-a pelo tempo de cada rodada obteve-se com razoável precisão o ciclo de cada novo produto.

E esses valores de ciclo calculados são mostrados no quadro 9, na coluna "Ciclo estimado".

Quadro 9 – Tempos de ciclo estimados por produto.

Clientes	Tipo de produto	Volumes					Ciclo estimado (s)
		2014	2015	2016	2017	2018	
FIAT	Puxador		52.368	107.879	111.227	115.677	1,76
	Puxador		15.149	31.175	32.142	33.428	1,76
	Puxador		148.000	444.000	444.000	444.000	1,76
	Puxador	200.000	400.000	400.000			1,76
	Botão	200.000	400.000	400.000			0,53
FORD	Puxador			411.840	411.840	428.314	1,76
	Botão			411.840	411.840	428.314	0,83
GM	Puxador				144.000	272.000	2,21
	Puxador				450.000	660.000	2,21
HONDA	Puxador			20.000	192.000	200.000	1,76
	Botão			20.000	192.000	200.000	0,53
PSA	Puxador			12.000	240.000	248.000	1,76
	Botão			12.000	240.000	248.000	0,66
	Puxador				132.000	180.000	1,76
	Botão				132.000	180.000	0,66
RENAULT/NISSAN	Puxador			280.000	280.000	280.000	2,21
	Puxador				240.000	240.000	2,21
	Puxador			60.000	120.000	120.000	1,76
	Botão			60.000	120.000	120.000	0,53
	Puxador			140.000	220.000	260.000	1,76
	Botão			140.000	220.000	260.000	0,53
	Puxador					180.000	2,21
	Puxador					68.000	2,21
	Puxador		140.000	320.000	332.800	346.112	1,76
	Botão		140.000	320.000	332.800	346.112	0,53
	Puxador		25.000	140.000	145.600	151.424	1,76
	Botão		25.000	140.000	145.600	151.424	0,53
	Puxador		12.000	64.000	66.560	69.222	1,76
Botão		12.000	64.000	66.560	69.222	0,53	
VW	Puxador	952.380	1.904.760	1.904.760	1.904.760	952.380	1,76
	Botão	952.380	1.904.760	1.904.760	1.904.760	952.380	0,53
HYUNDAI	Puxador		760.000	760.000	760.000	760.000	1,76
	Botão		760.000	760.000	760.000	760.000	0,83
TOYOTA	Puxador			418.000	444.600	444.600	1,76
	Botão			418.000	444.600	444.600	0,83

(Fonte: Empresa estudada).

Foram então calculadas, quantas horas anuais de utilização do equipamento seriam necessárias, para atender esse aumento de demanda. E esse cálculo foi feito utilizando-se a Expressão 14.

$$T_p = \sum P_g \times T_c$$

O quadro 10 mostra os resultados obtidos.

Quadro 10 – Demanda de horas adicionais necessárias.

Horas Necessárias							
Cientes	Tipo de produto	Ciclo estimado	2014	2015	2016	2017	2018
FIAT	Puxador	1,76		25,7	52,9	54,5	56,7
	Puxador	1,76		7,4	15,3	15,8	16,4
	Puxador	1,76		72,5	217,6	217,6	217,6
	Puxador	1,76	98,04	196,1	196,1		
	Botão	0,53	98,04	196,1	196,1		
FORD	Puxador	1,76			201,9	201,9	210,0
	Botão	0,83			201,9	201,9	210,0
GM	Puxador	2,21				70,6	133,3
	Puxador	2,21				220,6	323,5
HONDA	Puxador	1,76			9,8	94,1	98,0
	Botão	0,53			9,8	94,1	98,0
PSA	Puxador	1,76			5,9	117,6	121,6
	Botão	0,66			5,9	117,6	121,6
	Puxador	1,76			0,0	64,7	88,2
	Botão	0,66			0,0	64,7	88,2
RENAULT/NISSAN	Puxador	2,21			137,3	137,3	137,3
	Puxador	2,21			0,0	117,6	117,6
	Puxador	1,76			29,4	58,8	58,8
	Botão	0,53			29,4	58,8	58,8
	Puxador	1,76			68,6	107,8	127,5
	Botão	0,53			68,6	107,8	127,5
	Puxador	2,21					88,2
	Puxador	2,21					33,3
	Puxador	1,76		68,6	156,9	163,1	169,7
	Botão	0,53		68,6	156,9	163,1	169,7
	Puxador	1,76		12,3	68,6	71,4	74,2
	Botão	0,53		12,3	68,6	71,4	74,2
	Puxador	1,76		5,9	31,4	32,6	33,9
	Botão	0,53		5,9	31,4	32,6	33,9
VW	Puxador	1,76	466,9	933,7	933,7	933,7	466,9
	Botão	0,53	466,9	933,7	933,7	933,7	466,9
HYUNDAI	Puxador	1,76		372,5	372,5	372,5	372,5
	Botão	0,83		372,5	372,5	372,5	372,5
TOYOTA	Puxador	1,76			204,9	217,9	217,9
	Botão	0,83			204,9	217,9	217,9
Total			1129,8	3283,8	4982,5	5706,7	5202,6

(Fonte: Empresa estudada).

Tem-se então a demanda em horas necessárias para atender aos produtos já em produção, bem como os produtos a entrarem em produção nos 5 anos subsequentes.

Para resolver o segundo problema era preciso conhecer não só a quantidade de horas demandadas, mas também seu somatório.

O quadro 11 mostra o total de horas necessário para atender a demanda existente até 2017 já considerando a redução ou aumento de demanda dos produtos já em produção.

Quadro 11 – Demanda em horas necessárias para a produção atual.

PRODUTOS EM PRODUÇÃO												
Cliente	Produto	Volumes					Ciclo s/pç	Horas Necessárias				
		2013	2014	2015	2016	2017		2013	2014	2015	2016	2017
ELUX	Puxador	360.000	360.000	360.000	360.000	360.000	1,76	176,47	176,47	176,47	176,47	176,47
	Botão	360.000	360.000	360.000	360.000	360.000	0,66	66,18	66,18	66,18	66,18	66,18
B-402	Puxador	96.000					1,76	47,06				
LIFT GATE	Puxador	96.000	96.000	96.000			1,76	47,06	47,06	47,06		
327	Puxador	384.000	384.000	384.000	384.000	384.000	2,21	235,29	235,29	235,29	235,29	235,29
A5X	Puxador	552.000	552.000	552.000	552.000	552.000	1,76	270,59	270,59	270,59	270,59	270,59
	Botão	552.000	552.000	552.000	552.000	552.000	0,66	101,47	101,47	101,47	101,47	101,47
326	Puxador	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1,76	588,24	588,24	588,24	588,24	588,24
	Botão	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	0,53	176,47	176,47	176,47	176,47	176,47
GSV	Puxador	1.680.000	1.680.000	1.680.000	1.680.000	1.680.000	2,21	1029,41	1029,41	1029,41	1029,41	1029,41
Amazon	Puxador	528.000	132.000				1,76	258,82	64,71			
	Botão	528.000	132.000				0,83	121,32	30,33	0,00	0,00	0,00
TOYOTA	Puxador	648.000	648.000	648.000	648.000	648.000	1,76	317,65	317,65	317,65	317,65	317,65
	Botão	648.000	648.000	648.000	648.000	648.000	0,53	95,29	95,29	95,29	95,29	95,29
							<i>Total</i>	3.531,32	3.199,15	3.104,12	3.057,06	3.057,06

(Fonte: Empresa estudada).

O quadro 12 mostra os produtos já conquistados, mas ainda não em produção, também até 2017 bem como a quantidade de horas necessárias para atender a demanda desses produtos.

Quadro 12 – Demanda em horas necessárias para a produção de novos itens

PRODUTOS JÁ GANHOS												
Cliente	Produto	Volumes					Ciclo s/pç	Horas Necessárias				
		2013	2014	2015	2016	2017		2013	2014	2015	2016	2017
NF	Maçaneta		952380	1904760	1904760	1904760	1,76		466,85	933,71	933,71	933,71
	Botão		952380	1904760	1904760	1904760	0,53		140,06	280,11	280,11	280,11
UP	Maçaneta		528000	528000	528000	528000	1,76		258,82	258,82	258,82	258,82
	Botão		528000	528000	528000	528000	0,53		77,65	77,65	77,65	77,65
							<i>Total</i>		943,38	1.550,29	1.550,29	1.550,29

(Fonte: Empresa estudada).

O quadro 13 mostra a demanda futura dos produtos em cotação bem como o somatório total de horas necessárias para atender esses produtos.

Quadro 13 – Demanda em horas necessárias para produtos em cotação.

PRODUTOS EM FASE DE COTAÇÃO												
Clientes	Produto	Volumes					Ciclo s/pç	Horas Necessárias				
		2013	2014	2015	2016	2017		2013	2014	2015	2016	2017
FIAT	Puxador			52.368	107.879	111.227	1,76			25,7	52,9	54,5
	Puxador			15.149	31.175	32.142	1,76			7,4	15,3	15,8
	Puxador			148.000	444.000	444.000	1,76			72,5	217,6	217,6
	Puxador		200.000	400.000	400.000		1,76		98,04	196,1	196,1	
	Botão		200.000	400.000	400.000		0,53		98,04	196,1	196,1	
FORD	Puxador				411.840	411.840	1,76				201,9	201,9
	Botão				411.840	411.840	0,83				201,9	201,9
GM	Puxador					144.000	2,21					70,6
	Puxador					450.000	2,21					220,6
HONDA	Puxador				20.000	192.000	1,76				9,8	94,1
	Botão				20.000	192.000	0,53				9,8	94,1
PSA	Puxador				12.000	240.000	1,76				5,9	117,6
	Botão				12.000	240.000	0,66				5,9	117,6
	Puxador					132.000	1,76				0,0	64,7
	Botão					132.000	0,66				0,0	64,7
RENAULT NISSAN	Puxador				280.000	280.000	2,21				137,3	137,3
	Puxador					240.000	2,21				0,0	117,6
	Puxador				60.000	120.000	1,76				29,4	58,8
	Botão				60.000	120.000	0,53				29,4	58,8
	Puxador				140.000	220.000	1,76				68,6	107,8
	Botão				140.000	220.000	0,53				68,6	107,8
	Puxador						2,21					
	Puxador						2,21					
	Puxador			140.000	320.000	332.800	1,76			68,6	156,9	163,1
	Botão			140.000	320.000	332.800	0,53			68,6	156,9	163,1
VW	Puxador			25.000	140.000	145.600	1,76			12,3	68,6	71,4
	Botão			25.000	140.000	145.600	0,53			12,3	68,6	71,4
	Puxador			12.000	64.000	66.560	1,76			5,9	31,4	32,6
	Botão			12.000	64.000	66.560	0,53			5,9	31,4	32,6
VW	Puxador		952.380	1.904.760	1.904.760	1.904.760	1,76		466,9	933,7	933,7	933,7
	Botão		952.380	1.904.760	1.904.760	1.904.760	0,53		466,9	933,7	933,7	933,7
HYUNDAI	Puxador			760.000	760.000	760.000	1,76			372,5	372,5	372,5
	Botão			760.000	760.000	760.000	0,83			372,5	372,5	372,5
TOYOTA	Puxador				418.000	444.600	1,76				204,9	217,9
	Botão				418.000	444.600	0,83				204,9	217,9
							Total		1.129,8	3.283,8	4.982,5	5.706,7
							Total Geral	3.531,3	5.272,3	7.938,2	9.589,8	10.314,1

(Fonte: Empresa estudada).

4.3.3 Quantidade de horas disponíveis do equipamento

A quantidade de horas máxima de um ano pode ser obtida pela multiplicação do número de dias de um ano pela quantidade de horas disponíveis em um dia, assim:

$$365 \times 24 \rightarrow 8760 \text{ horas}$$

Mas a tecnologia disponível, não permite trabalhar esse total de horas, em um ano.

A figura 2 mostrou de forma gráfica, que a quantidade de horas possíveis de serem utilizadas para produção, é muito inferior ao número calculado anteriormente, que é na verdade um valor máximo.

Para calcular qual a real disponibilidade do equipamento, precisou-se saber quantas horas disponíveis havia em um ano considerando as condições de trabalho desse equipamento, ou seja, 24 horas diárias, exceto aos sábados, quando a jornada era de 9,5 horas, e parada aos domingos para limpeza e manutenção preventiva.

Considerando esses dados tem-se que:

Dias do ano= 365 dias

Sendo que no ano há 52 domingos, então se tem que $365-52=313$ dias úteis.

Mas aos sábados as jornadas não são de 24 horas e sim de 9,5, essa fato resulta então se fazendo o cálculo de dias equivalentes no seguinte valor:

$$52 \times (9,5/24) = 20,6 \text{ dias}$$

$$\text{Assim: } (313 - 52) + 20,6 = 281,6 \text{ dias}$$

Mas deve-se considerar que há feriados ao longo do ano, normalmente 10 feriados nacionais, um municipal e um estadual, para o caso do Estado de São Paulo, local em que a empresa estudada está localizada.

Dessa forma resulta que:

$$281,6 - 12 = 269,6 \text{ dias}$$

Então:

$$269,6 \text{ dias} \times 24 \text{ horas} = 6470 \text{ horas}$$

Desse valor era necessário deduzir algumas horas de try-out, necessárias para o desenvolvimento de novos produtos, como em média tinha-se 1 hora ao mês, foram considerados que para os novos produtos devido à sua quantidade seriam necessários 2 horas ao mês consumindo assim 24 horas anuais, dessa forma o resultado encontrado foi:

6470 horas – 24 horas = 6446

Para saber qual o tempo útil de funcionamento foi utilizada a Expressão 15 e substituído o valor do denominador pelo valor calculado das horas totais disponíveis, substituído o valor do OEE pelo da instalação estudada, tinha-se então como incógnita o tempo útil de funcionamento.

Utilizando a expressão (16) na qual:

OEE= 62% ou 0,62

$(TA - (SC + MP + TO)) = 6446$

$\Sigma (Pg * Tc) = Tu$ (tempo útil de funcionamento)

$Tu = 0,62 * 8.760 \rightarrow Tu = 3.996,52$ horas

Tinha-se a quantidade de horas disponíveis da instalação considerando a situação corrente, ou seja, OEE de 62%. Podia-se então calcular a capacidade do equipamento.

4.3.4 Capacidade do equipamento

A priori, apenas comparando as horas necessárias com as horas disponíveis, a resposta seria conforme mostrado no quadro 14, nele as células com números negativos indicam “sim”, há capacidade e as com números positivos indicam “não”, não há capacidade.

Quadro 14 – Comparação da demanda necessária com as horas disponíveis.

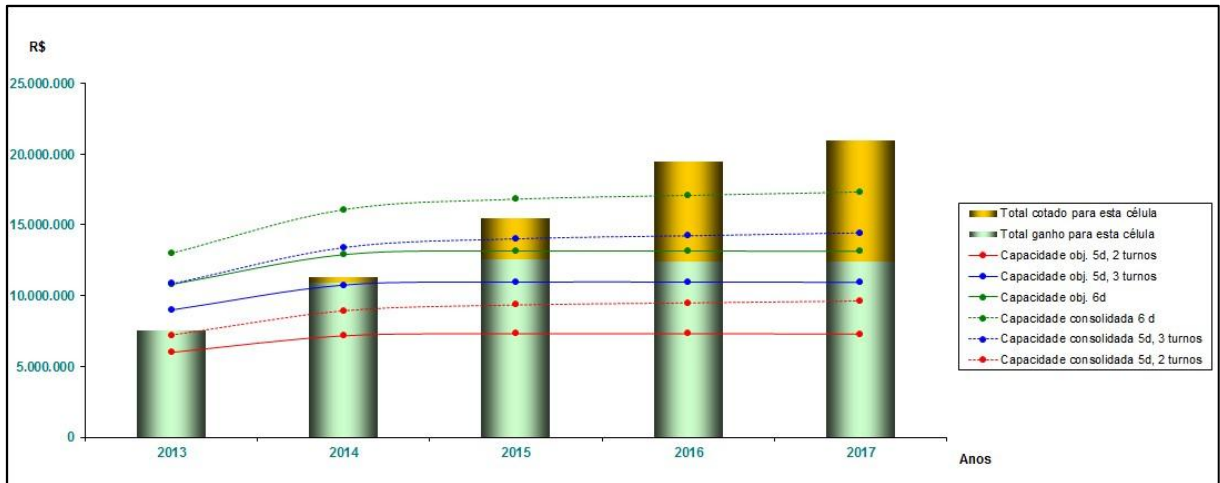
	2013	2014	2015	2016	2017
Horas dos produtos em produção	3531,3	3199,2	3104,1	3057,1	3057,1
Horas dos produtos já conquistados	0,0	943,4	1550,3	1550,3	1550,3
Horas dos produtos em cotação	0,0	1.129,8	3.283,8	4.982,5	5.706,7
Total geral de horas necessárias	3.531,3	5.272,3	7.938,2	9.589,8	10.314,1
Tempo útil de funcionamento	3.996,52	3.996,52	3.996,52	3.996,52	3.996,52
Diferença entre disponíveis e necessárias	-465,22	1.275,78	3.941,68	5.593,28	6.317,58

(Fonte: o autor).

Todos esses dados foram então lançados numa planilha, nela pode se ver de forma conjugada todos os valores. Essa planilha facilita a análise dos dados e pode indicar qual o caminho que deve ser seguido. A figura 17 mostra essa planilha.

Dessa planilha deve-se destacar o gráfico mostrado na figura 18.

Figura 18: Gráfico da evolução da demanda e da necessidade do OEE.



(fonte: Empresa estudada).

Nessa planilha simulou-se valores de OEE que permitiriam atender a demanda mantendo a quantidade de horas semanais trabalhadas, conforme descrito anteriormente.

Do gráfico pode-se inferir que mantido o valor do OEE em 62%, (representado pela linha azul tracejada), o equipamento estaria no limite da capacidade já no ano de 2013.

Simulou-se então redução das perdas, com OEE alcançando 83% a partir do ano de 2014, (representado pela curva em linha azul cheia).

Ou seja, a resposta ao problema é que o valor do OEE do equipamento de 62% não tem capacidade, e não comportaria o aumento de demanda, havendo então a necessidade de tomar-se uma decisão para promover o aumento desse OEE.

4.4 REDUÇÃO DAS PERDAS DO PROCESSO

Para a redução das perdas do processo de pintura, era necessário conhecer os dados do processo, e qual o seu limite máximo de redução de perdas.

Assim nos próximos tópicos discorreu-se sobre a necessidade para atender à demanda, como estava o processo e, até que ponto se poderia chegar com esse processo.

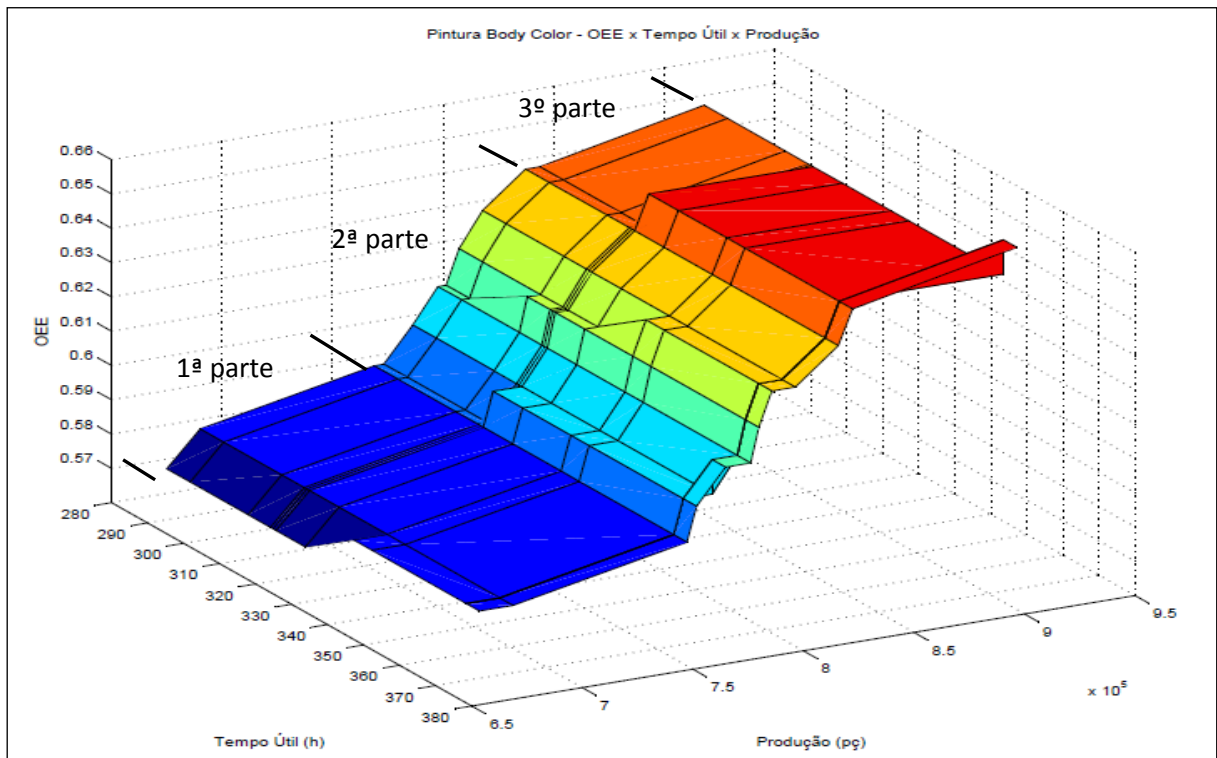
4.4.1 OEE necessário para atender a demanda

Como mostrado anteriormente o OEE médio do equipamento no ano de 2012 foi de 62%, ou seja, com esse valor o equipamento é incapaz de atender á demanda futura ainda na fase de cotação.

A planilha da figura 16 nos mostrou que um OEE de 83% seria capaz de atender a essa demanda.

A partir dos dados históricos, analisando o OEE, a quantidade de peças produzidas e o tempo útil de produção do ano estudado, utilizando-se a função “surf” do *Matlab*, foi criada uma superfície, na qual foram cruzados os dados. Deste estudo resultou a superfície mostrada na figura 19. Essa superfície nos auxiliou no entendimento do comportamento do OEE ao longo de um ano de produção típico.

Figura 19: Gráfico OEE x Tempo Útil x Produção.



(Fonte: o autor).

Do gráfico pode-se inferir que quanto maior o tempo útil, e maior o OEE maior o número de peças produzidas.

A forma do gráfico que é baseado em dados reais coletados em campo, mostra que houve um aumento das peças produzidas com um pequeno aumento do OEE, seguido por um aumento do OEE com um aumento não proporcional das peças produzidas e logo depois um novo aumento das peças produzidas sem um aumento proporcional do OEE.

O gráfico possui 3 partes com inclinações distintas, porque o ciclo de produção é o mesmo na 1ª e na 3ª parte, mas é maior na 2ª parte do gráfico, devido aos tipos de produtos produzidos terem sido diferentes nesse período do estudo.

Analisando os dados do gráfico pode-se montar o quadro 15.

Quadro 15: Dados do Gráfico OEE x Tempo Útil x Produção com dados reais

Parte do Gráfico	Horas Disponíveis	OEE	Tempo médio de ciclo	Peças produzidas
1ª parte	284 a 306	57 a 58	1,36 s/pç	669.016 a 762.832
2ª parte	312 a 367	58 a 64	1,55 s/pç	767.227 a 811.883
3ª parte	367 a 371	64 a 66	1,36 s/pç	831.240 a 911.998

(Fonte: O autor)

Do gráfico e do quadro acima infere-se que na primeira parte do gráfico houve um aumento das horas úteis, de 284 h para 306h, aumento da produção de peças de 669.016 para 762.832 peças, e OEE de 57% para 58%. A justificativa para esse comportamento pode ser explicada pela variação do tempo de ciclo médio, pois na primeira parte do gráfico o ciclo médio foi de 1,38 s/pç, como o OEE é proporcional à quantidade de peças e ao tempo de ciclo e inversamente proporcional ao tempo útil, então havia uma proporcionalidade entre o aumento do número de peças multiplicadas pelo tempo de ciclo e o tempo útil, o que levou o OEE a uma subida de apenas 1% nesse período.

Na segunda parte do gráfico as horas úteis variaram de 312 h a 367 h, a quantidade de peças produzidas variou de 767.227 peças a 811.883 peças, e o OEE de 58% a 64%. Da mesma forma que no primeiro terço do gráfico o tempo de ciclo médio foi de 1,55 s/pç. Nesse caso houve uma desproporcionalidade entre os dois fatores da expressão, fazendo com que o OEE tivesse um aumento de 5%.

Na terceira parte do gráfico houve uma variação das horas úteis de 367 para 371 horas, as peças produzidas variaram de 831.240 peças para 911.998 peças, e o OEE apresentou variação entre 64% e 66%. Com o tempo de ciclo médio de 1,36 s/pç, também houve uma proporcionalidade entre os dois fatores da expressão, o que fez com que o OEE tivesse pouca variação de valor.

Fazendo simulações com a redução das perdas foram refeitos os cálculos do número de peças produzidas e conseqüentemente os tempos úteis e os valores de OEE.

Com esses novos dados foram gerados superfícies mostrando qual o OEE necessário.

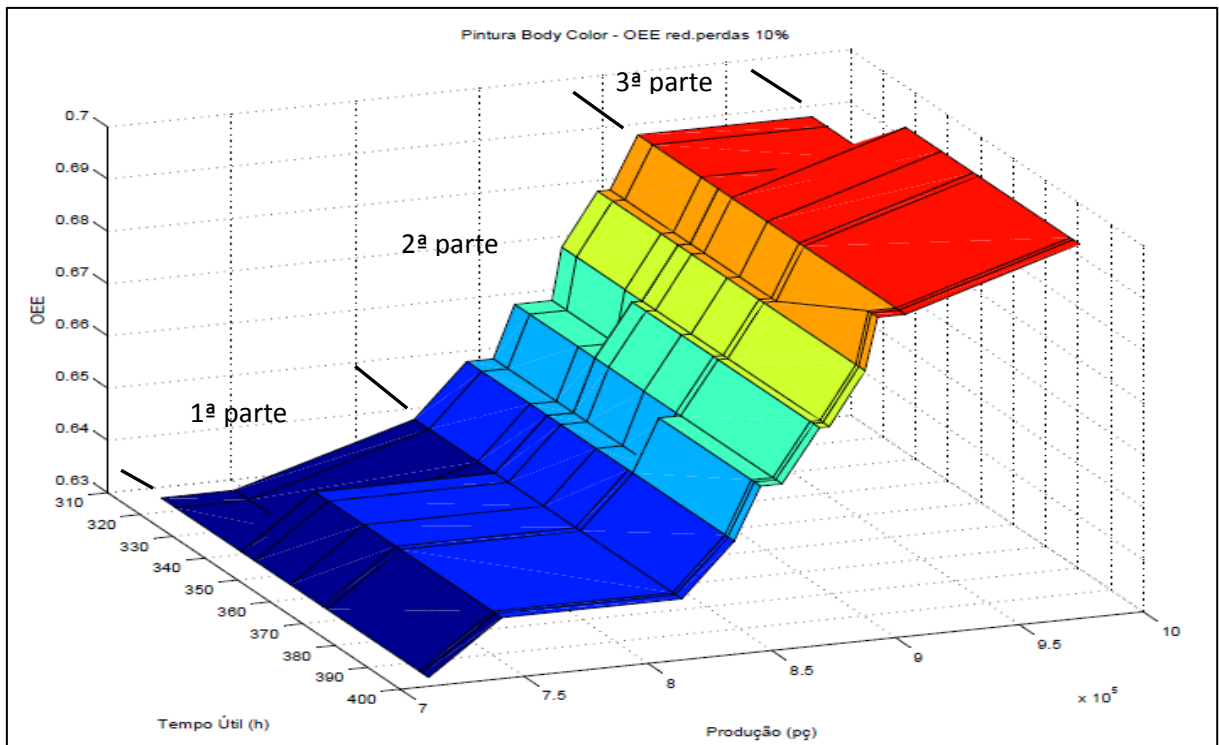
As simulações foram feitas com três cenários de redução das perdas: 10%, 20% e 30%. Foram calculadas as perdas com esses valores de redução, e recalculados os tempos úteis, a quantidade de peças produzidas e o OEE resultante nessas novas condições.

Foram então criadas superfícies com esses novos dados e essas superfícies foram então comparadas com a superfície gerada com os dados originais coletados em campo.

Essa comparação mostrou que o comportamento das superfícies é muito semelhante, pois a forma básica das mesmas aproxima-se de um “S” alongado, tal como a da superfície original.

A figura 20 mostra o gráfico da simulação com redução das perdas de 10%.

Figura 20 - Gráfico OEE x Tempo Útil x Produção, redução das perdas em 10%.



(Fonte: o autor).

Como dito anteriormente a forma do gráfico com a redução das perdas em 10%, aproxima-se do gráfico dos dados reais. Unicamente teve um deslocamento ao longo dos três eixos.

Da superfície e dos dados que a geraram podemos montar o quadro 16.

Quadro 16: Dados do Gráfico OEE x Tempo Útil x Produção com redução de 10% das perdas

Parte do Gráfico	Horas Disponíveis	OEE	Tempo médio de ciclo	Peças produzidas
1ª parte	314 a 334	63 a 64	1,36 s/pç	716.006 a 818.226
2ª parte	339 a 365	64 a 70	1,55 s/pç	839.404 a 892.250
3ª parte	393 a 397	70 a 72	1,36 s/pç	897.269 a 978.777

(Fonte: O autor)

Analisando os dados da figura 19 e do quadro 16, tinha-se que na primeira parte o OEE subia de 63% para 64%, muito embora a quantidade de peças produzidas subisse de um valor de 716.006 peças para 818.226 peças, isso devido à combinação com as horas úteis disponíveis de 314 a 334 horas nesse período.

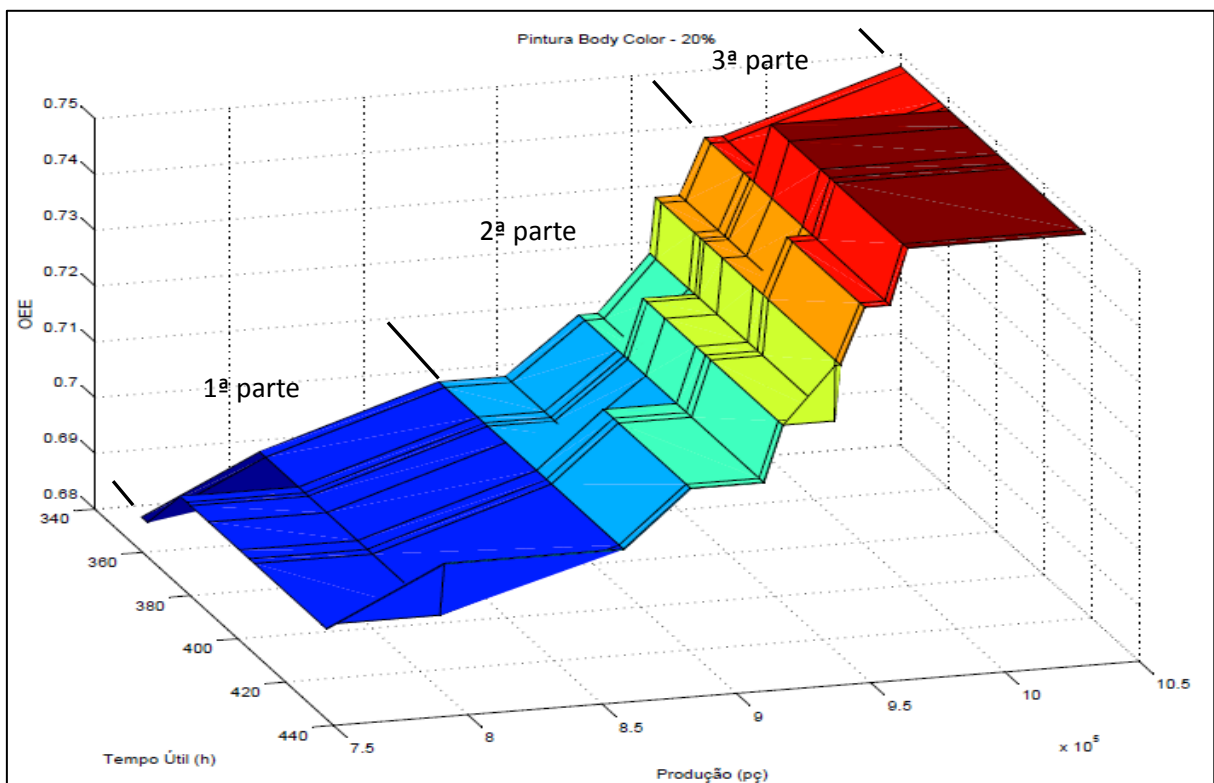
Na segunda parte tinha-se uma subida significativa do OEE que passava de um valor de 64% para 70%, enquanto a produção de peças passava de 839.404 peças para 892.250 peças, e as horas úteis disponíveis foram de 339 a 365 horas.

Na terceira parte os valores de OEE iniciavam-se em 70% e iam até 72%, as peças produzidas iam de 897.269 peças para 978.777 peças e as horas úteis foram de 393 a 397 horas.

Da mesma forma como no gráfico anterior essas variações podem ser explicadas pelos tempos de ciclo, mantidos iguais nos três gráficos.

A figura 21 mostra o gráfico da simulação com redução das perdas de 20%.

Figura 21 - Gráfico OEE x Tempo Útil x Produção, redução das perdas em 20%.



(Fonte: o autor).

Da mesma forma que o gráfico anterior a forma do gráfico com a redução das perdas em 20%, tem forma muito semelhante ao gráfico dos dados reais. E da mesma forma que o gráfico anterior, deslocou-se ao longo dos três eixos.

Dessa superfície e dos dados que a geraram foi possível montar o quadro 17.

Quadro 17: Dados do Gráfico OEE x Tempo Útil x Produção com redução de 20% das perdas

Parte do Gráfico	Horas Disponíveis	OEE	Tempo médio de ciclo	Peças produzidas
1ª parte	345 a 361	68 a 70	1,36 s/pç	762.996 a 873.621
2ª parte	364 a 392	70 a 74	1,55 s/pç	898.514 a 963.298
3ª parte	420 a 422	75 a 77	1,36 s/pç	972.668 a 1.045.557

(Fonte: O autor)

Os dados que geraram essa superfície na primeira parte são: OEE passa de 68% para 70%, a quantidade de peças produzidas passa de 762.992 peças para 873.621 peças, as horas úteis disponíveis foram de 345 a 361 horas nesse período.

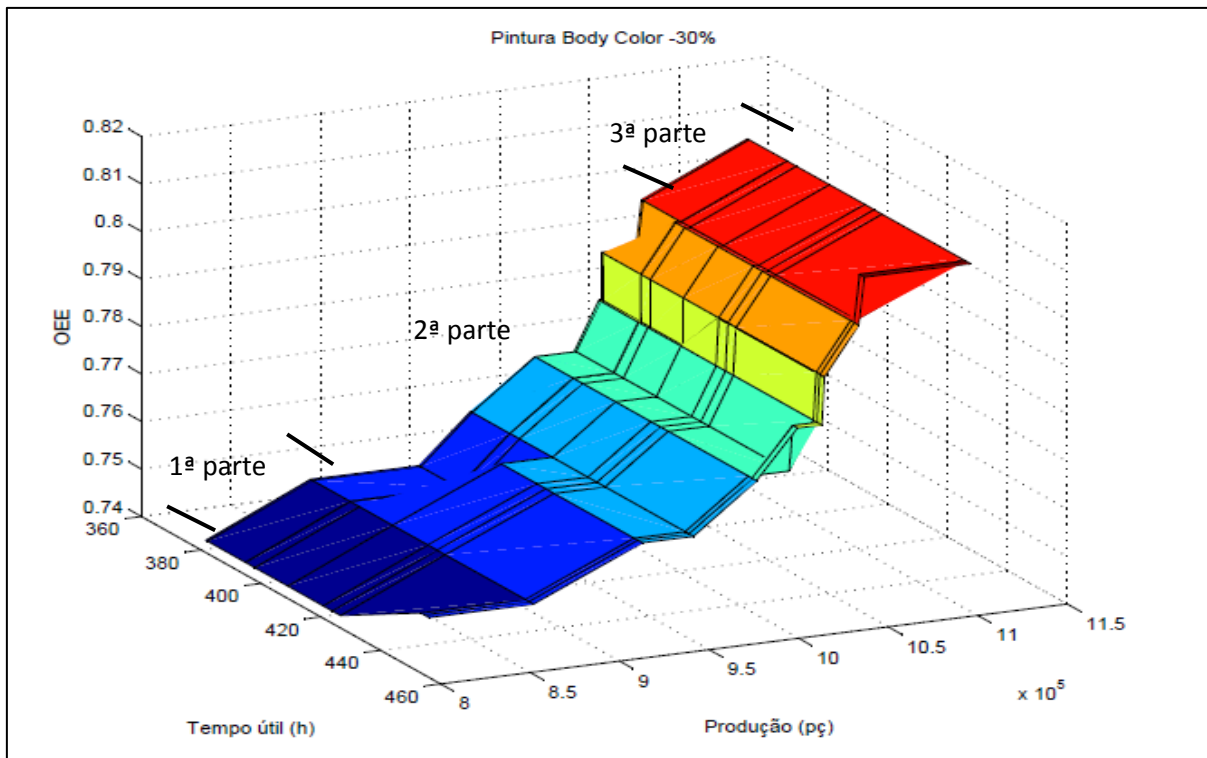
Na segunda parte novamente houve um aumento significativo do OEE que passou de um valor de 70% para 74%, enquanto a produção de peças passava de 898.514 peças para 963.298 peças, e as horas úteis disponíveis foram de 364 a 392 horas.

A terceira parte do gráfico apresentava os seguintes valores: OEE iniciando-se em 75% e indo até 77%, as peças produzidas iam de 979.668 peças para 1.045.557 peças e as horas úteis foram de 420 a 423 horas.

Tal como no gráfico anterior essas variações eram devidas ao tempo de ciclo.

A figura 22 mostra o gráfico da simulação com redução das perdas de 30%.

Figura 22 - Gráfico OEE x Tempo Útil x Produção, redução das perdas em 30%.



(Fonte: o autor).

Da mesma forma como da anteriores, dessa superfície e dos dados que a geraram foi possível montar o quadro 18.

Quadro 18: Dados do Gráfico OEE x Tempo Útil x Produção com redução de 30% das perdas

Parte do Gráfico	Horas Disponíveis	OEE	Tempo médio de ciclo	Peças produzidas
1ª parte	375 a 389	74 a 75	1,36 s/pç	809.987 a 929.015
2ª parte	389 a 421	75 a 79	1,55 s/pç	957.625 a 1.030.793
3ª parte	447 a 450	81 a 82	1,36 s/pç	1.049.966 a 1.112.336

(Fonte: O autor)

No gráfico representando a redução das perdas em 30%, demonstra que na primeira parte o OEE iniciou com um valor de 74% e terminava de 75%, a quantidade de peças produzidas varia de 809.987 a 929.015 peças, e a tempo útil de 376 horas a 389 horas.

A segunda parte apresenta os seguintes valores: OEE de 75% a 79%, peças produzidas de 957.625 para 1.030.793 peças, e tempo útil de 389 a 421 horas.

Na terceira parte os valores foram: OEE de 81% a 82%, peças de 1.049.966 para 1.112.336, e tempo útil de 447 a 450 horas.

O tempo de ciclo é novamente o ponto em comum que gera essa resposta similar das três superfícies.

A forma das superfícies com as perdas reduzidas nas três situações sofreu pequenas alterações, quando comparadas com a superfície original.

Contudo as superfícies sofreram um deslocamento nos três eixos, pois tanto o OEE como as peças produzidas aumentaram, bem como, as quantidades de horas úteis.

Isso comprova a tridimensionalidade do OEE conforme mostrado na figura 1.

Das figuras pode-se inferir que a redução das perdas incrementa o OEE chegando a 82% com a redução das perdas de 30%.

Como anteriormente descrito a instalação trabalha com algumas limitações de utilização inerentes ao próprio processo, para assegurar a qualidade, tal como uma parada obrigatória aos domingos para a limpeza da cabine e uma manutenção preventiva, evitando paradas não programadas por avarias durante os dias da semana.

Como OEE teórico máximo possível para essa instalação é de 85%, então um OEE de 82% está muito próximo do máximo, mas ainda não era possível saber se esse valor de OEE atende à demanda necessária da máquina.

Para respondermos essa questão em princípio é preciso saber quantas horas disponíveis se tem em um ano considerando as condições de trabalho já descritas anteriormente, ou seja, 24 horas diárias, exceto aos sábados quando a jornada era de 9,5 horas, e parada aos domingos para limpeza e manutenção preventiva.

Conforme já calculado anteriormente no tópico 5.4.3, tinha-se que o número máximo de horas disponíveis era de 6.446h.

Considerando então o valor do OEE de 82% tinha-se que:

O número de horas úteis disponíveis era de 5.285,7 horas.

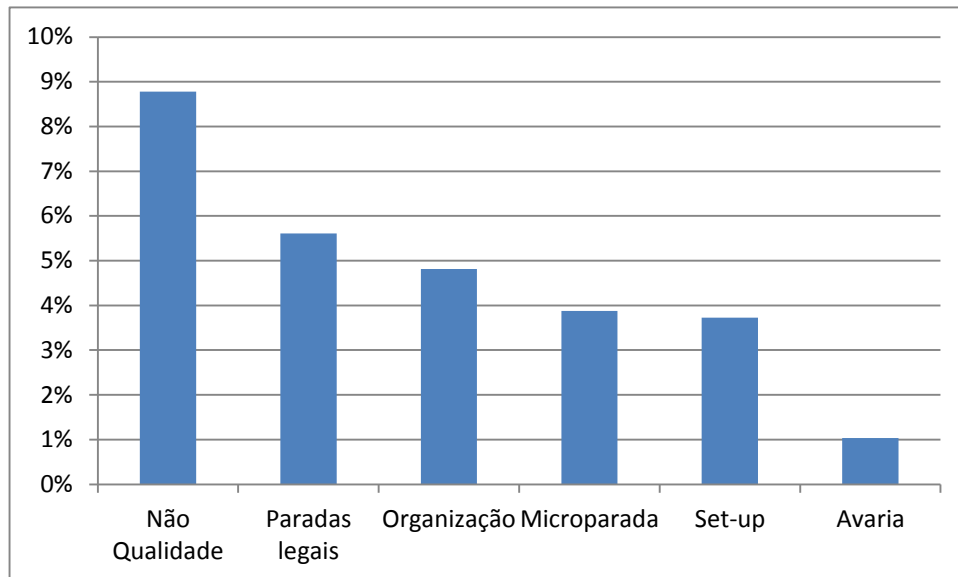
Esse valor era ligeiramente superior ao necessário para atender a demanda do ano de 2014, mostrada na tabela 11, que é de 5.272,3 horas.

Desta forma caso houvesse uma melhoria do OEE, com uma redução das perdas em 30%, o equipamento teria capacidade para atender a demanda do ano de 2014.

Sendo assim foi feito um plano para melhorar o OEE visando adiar ao máximo a necessidade da compra de um novo equipamento.

Da análise da figura 8, inferiu-se que as principais perdas eram causadas por problemas de não qualidade, organizacionais e paradas próprias do equipamento, sendo que as perdas por não qualidade representavam as principais perdas conforme mostrava o diagrama de Pareto, mostrado na figura 23.

Figura 23 – Diagrama de Pareto das perdas.

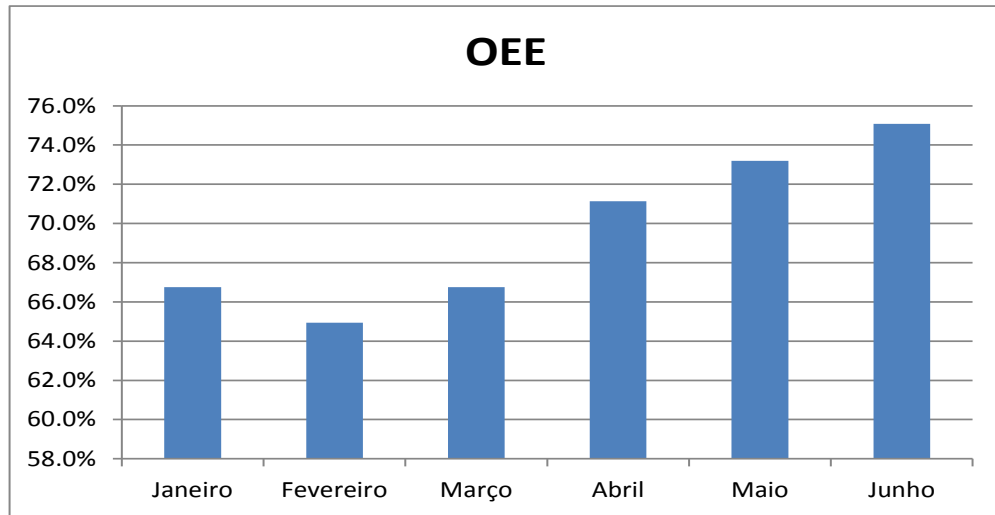


(Fonte: o autor).

Como mostrado no diagrama de Pareto o principal motivo de perdas são as perdas por não qualidade. As perdas por paradas legais e set-up foram desconsideradas, pois são normais para esse tipo de equipamento, e quantidade de pessoas envolvidas na sua operação.

Com a aplicação das técnicas QRQC e QRMC, citadas anteriormente, o OEE do equipamento foi acompanhado durante o ano de 2013. O resultado do OEE dos primeiros seis meses é mostrado na figura 24.

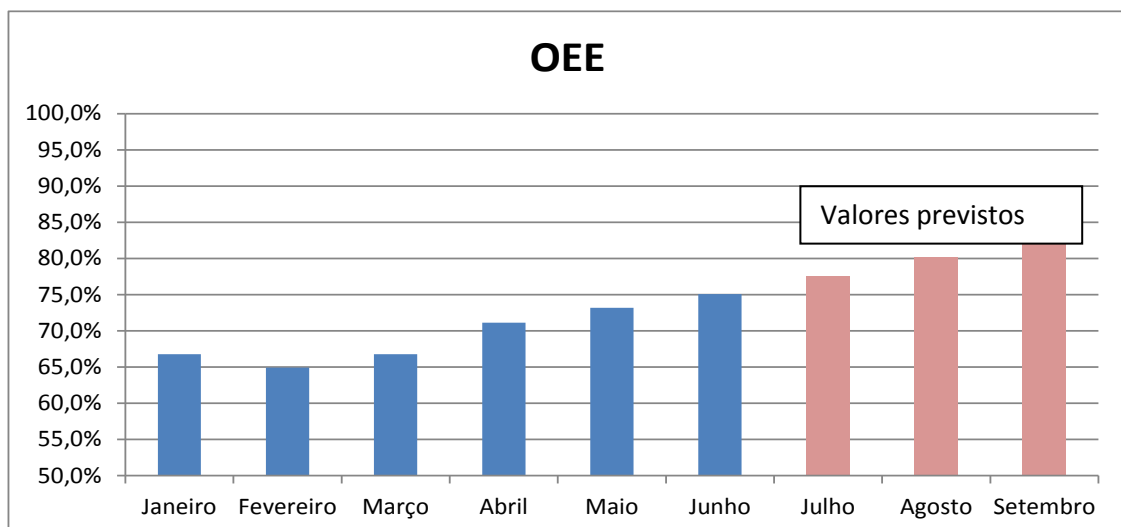
Figura 24 – OEE dos primeiros 6 meses de 2013.



(Fonte: o autor).

Do gráfico pode-se inferir que o valor do OEE estava aumentando, ou seja, as ações tomadas estavam surtindo efeito. Como o valor do OEE estava aumentando numa média de 2,5% ao mês, poder-se-ia projetar que o OEE alcançaria o objetivo, se mantida essa média de melhoria, no mês de Setembro (conforme figura 25).

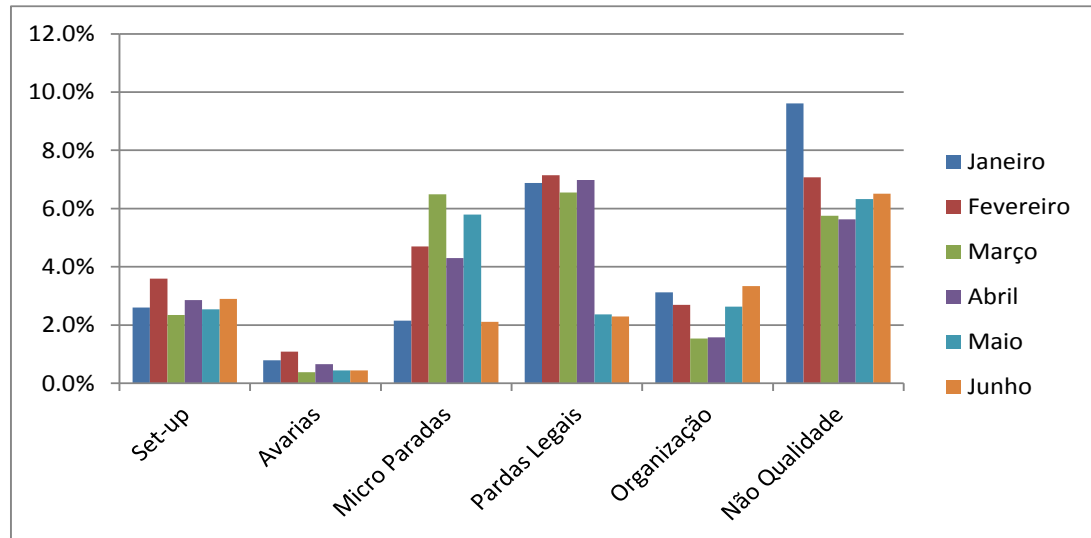
Figura 25 – Projeção do crescimento do OEE.



(Fonte: o autor).

As perdas desse período estão detalhadas no gráfico mostrado na figura 26.

Figura 26 – Detalhamento das perdas mês a mês.



(Fonte: o autor),

Do gráfico pode-se inferir que as medidas tomadas para reduzir as perdas tiveram efeito positivo, principalmente nas perdas por não qualidade, pois embora tenha havido um crescimento de 0,7% e 0,9% respectivamente nos dois últimos meses avaliados, ela manteve-se menor do que os valores experimentados no ano anterior, que foi tomado como base para esse estudo.

Tendo como base esses resultados, a decisão de compra da nova cabine de pintura poderá ser adiada e provavelmente deverá ocorrer somente em meados do ano de 2014, para instalação prevista no final desse mesmo ano, se as cotações que estão sendo desenvolvidas para novos produtos forem realmente confirmadas como ganhas.

Dessa forma evitou-se fazer um grande investimento antes de ele ser realmente necessário.

4.5 ANÁLISE DA RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO

Para a obtenção desses resultados o investimento foi de tempo na análise dos problemas e na descoberta de suas causas raiz, principalmente para os

problemas de qualidade, cuja solução na maioria das vezes era apenas a mudança ou melhorias de padrões e procedimentos, ou muitas vezes de procedimentos não rigorosamente respeitados, como, por exemplo, parâmetros de máquina.

Para os itens de paradas próprias do equipamento ou organizacionais, a exemplo dos problemas de qualidade, na maioria das vezes a causa raiz era também a mudança ou adequação de algum padrão ou procedimento.

Essas análises foram feitas pelos profissionais da própria empresa, como parte de suas atividades diárias. Dessa forma os custos necessários para alcançar a melhoria do OEE já estavam diluídos nos custos industriais e, portanto não houve a necessidade de novos investimentos.

Desta forma a relação custo benefício de se trabalhar no ganho de OEE principalmente com a utilização das ferramentas de resposta rápida citadas anteriormente, o QRQC e o QRMC é bastante favorável, pois o custo é praticamente inexistente e os benefícios são percebidos pela melhoria do próprio indicador.

4.6 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE O OEE E A EFICIÊNCIA

Para o caso específico desse equipamento, no qual trabalham 16 pessoas por turno, ou seja, 48 pessoas diariamente, a melhoria do OEE do equipamento e conseqüentemente a produção de mais peças no mesmo período de tempo, faz com que a eficiência das pessoas que trabalham diretamente no equipamento aumente, pois a eficiência das pessoas pode ser medida pela expressão 19:

$$\eta = P_g \times T_c / H_p \quad (19)$$

Sendo:

η = Eficiência da mão de obra

P_g = peças conformes

T_c = tempo de ciclo

H_p = horas de presença da mão de obra

Então para uma mesma quantidade de horas de mão-de-obra, o binômio peças conforme multiplicado pelo ciclo aumenta se a quantidade de peças boas produzidas pelo equipamento for maior, devido a um aumento do OEE, assim a eficiência da mão de obra aumenta.

Com o aumento da eficiência da mão de obra há um impacto direto na competitividade da empresa, pois para uma mesma massa de salários a empresa pode produzir mais peças, ou seja, seu custo por peça diminui e isso faz com que a empresa possa competir com melhores condições com suas concorrentes.

5 CONCLUSÃO

Nesse trabalho foram levantados os dados de OEE e suas perdas, de uma cabine de pintura semiautomática para peças automotivas, sua carga atual e sua carga futura, para averiguar a situação atual e propor melhorias, visando à utilização do OEE como ferramenta de apoio à decisão na compra de novos equipamentos.

Foi então feita uma comparação do OEE atual com o necessário para atender ao aumento da demanda, e feitas simulações com a redução das perdas, objetivando alcançar o valor máximo do OEE, e comparando se este atenderia a nova demanda.

O valor do OEE inicial era de 62%, com uma carga em horas de 3146 h, para um tempo útil de funcionamento máximo de 3996,52 h. A demanda futura já contratada ou em cotação para o ano de 2014 era de 5272 h, abaixo da disponibilidade máxima de 6446 h, era necessária a redução das perdas ou a compra de outra máquina.

O estudo dos dados mostrou qual seria a redução das perdas necessária e qual o OEE, para atender esse aumento de demanda, sem a necessidade da compra imediata de outro equipamento.

Esse trabalho demonstrou que com uma redução das perdas em 30%, o OEE alcançaria 82%, gerando uma disponibilidade de horas de 5285,7 h, capaz de atender a demanda.

Além disso, foi possível concluir que o OEE é um importante indicador e pode ser utilizado no auxílio à decisão sobre a compra de novos ativos produtivos, principalmente no contexto de aumento de demanda, uma vez que este indicador fornece ao gestor informações precisas e importantes, e que se levadas em conta auxiliam na tomada de uma decisão mais acertada.

Finalizando, o aumento do OEE tem impacto na melhoria da eficiência da mão de obra e gera redução dos custos de produção, levando a uma melhoria da competitividade da empresa frente ao mercado concorrente

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Pode-se ainda analisar a possibilidade da utilização de técnicas metaheurísticas para a melhoria do OEE.

Pode-se ainda experimentar essa metodologia em equipamentos de outras empresas, ou ainda em outros equipamentos da mesma empresa.

Verificar a pertinência desse estudo para grupos de máquinas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J.J.A.; SCHERER, C.S. Estudo de Caso da Aplicação do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos (OEE) para Diagnóstico e Melhoria de Produtividade em uma linha de Produção Automotiva, XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, **Anais**, Salvador, 2009, pp. 1 a 13.

ANGELONI, M.T. Elementos intervenientes na tomada de decisão, **Ciência da Informação**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 17-22, jan./abr. 2003.

AOUDIA, H.; QUINTIN, T. **QRQC Quick Response Quality Control, the basics**, 1ª Ed. Paris. Maxima, 195 p, 2011.

BARNES, R.M., **Estudo de movimentos e de tempo: projeto e medida do trabalho**, 6ª Ed. Americana, tradução, São Paulo, Edgard Bluncher, 635 p, 1977.

BUSSO, C.M.; MIYAKI, D.I. Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica, **Produção**, v.23, n. 2. P 205-225, USP, abr./jun. 2013.

CALADO, A.M.F.; MARQUES, J.F.F.; PINTO, N.M.G.S. **Tomada de Decisão, Alguns erros mais comuns na tomada de decisão**. 2007, 13f, Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2007.

CHIARADIA, A.J.P. **Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos, um estudo de caso na indústria automobilística**. 2004. 133 f. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

CHRISTÉ, M. **A Influência do IROG na Gestão e Melhoria Contínua dos equipamentos e Processos: Estudo de caso em uma célula de manufatura na empresa Master Sistemas Automotivos Ltda.**, 2012. 25 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) Faculdade da Serra Gaúcha, Caxias do Sul, 2012.

DA SILVA, J.P.A.R. OEE – A Forma de medir a eficácia dos equipamentos, **www.freewebs.com/leanemportugal**, acessado em 28/08/2013, p.p. 1 a 15, Lisboa, 2009.

DEMARCHI, V.; HATAKEYAMA, K.; SOUZA, F.A. Indicador de produtividade de ativos – Ferramenta de auxílio no custeio da qualidade, XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, **Anais**, Foz de Iguaçu, pp. 1 a 9, , 2007.

DOGRA, M.; SHARMA, V.S.; SACHDEVA, A.; DUREJA, J.S. TPM - A key strategy for productivity improvement in process industry, **Journal of Engineering Science and Technology**, Vol. 6, No. 1 pp. 1 – 16, 2011.

DONADEL, C.M.; CANASSA JUNIOR, E.M.; RODRIGUEZ, C.M.T. O uso da Manutenção Produtiva Total (MPT) como ferramenta geradora de produtividade e agilidade para a logística enxuta, XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, **Anais**, Foz de Iguaçu, pp. 1 a 9, 2007.

ECHER, I.C. A revisão de literatura na construção do trabalho científico, **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v.22, n.2, p.5-20, jul., 2001.

GARZA-REYES, J.A.; ELDRIDGE, S.; BARBER, K.D.; SORIANO-MEIER, H. Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures - A relationship analysis, **International Journal of Quality & Reliability Management** Vol. 27 No. 1, pp. 48-62, 2010.

GIBBONS, M.P.; BURGESS, S.C. Introducing OEE as a measure of lean Six Sigma capability, **International Journal of Lean Six Sigma**, Vol. 1 No.2, pp. 134-156, 2010.

HANSEN, R.C. **Overall Equipment Effectiveness – A Powerful Production/Maintenance Tool for Increase Profits**, 1ª Ed. Nova York. Industrial Press, 278 p., 2001.

LUCATO, W.C.; VIEIRA JUNIOR, M. As dificuldades de capitalização das pequenas e médias empresas brasileiras, **Produção**, Vol. 16, No. 1, pp 024-033, Jan./Abr. 2006

MATHUR, A.; DANGAYACH, G.S.; MITTAL, M.L.; SHARMA, K.M. Performance measurement in automated manufacturing, **Measuring Business Excellence**, Vol. 15 No. 1 pp. 77-91, 2011.

MUTHIAH, K.M.N.; HUANG, H.S.; MAHADEVAN, S. Automating factory performance diagnostics using overall throughput effectiveness (OTE) metric, **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, vol. 36, pp. 811 – 824, 2008.

NAKAJIMA, S. **Introduction al TPM**, 1ª Ed. Madri. Tecnologias de Gerencia y Produccion, 127 p., 1991.

OECHSNER, R.; PFEFFER, M.; PFITZNER, L.; BINDER, H.; ECKHARD, M.; VONDERSTRASS, T. From overall equipment Effectiveness (OEE) to overall Fab effectiveness (OFE), **Materials Science in Semiconductor Processing** 5, pp. 333–339, 2003.

OEE FOUNDATION. <http://www.oeefoundation.org/origin-of-oeef/>, acessado em 28/08/2013.

OLIVEIRA, L.A.F.; LIBRANTZ, A.F.H. Aumento da eficiência dos equipamentos com a utilização de ferramentas de resposta rápida, XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, **Anais**, Bento Gonçalves, pp. 1 – 12, 2012.

OLIVEIRA, H.T.; HELLENO, A.L. Sistema de apoio à gestão da produção: indicadores de eficiência operacional – estudo de caso. **Revista de Ciência & Tecnologia (UNIMEP)**, Vol. 17 No 33, pp. 39 a 52, 2012.

OLIVEIRA, M. R.; HEMOSILLA, J.L.G.; SILVA, E.C.C. Implantação do índice de Eficiência Global dos Equipamentos em uma célula de manufatura de uma empresa de grande porte do setor automotivo – Segmento de embreagens. XV Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, **Anais**, São Paulo, pp. 1 – 16, 2012.

RAPOSO, C.F.C. Overall Equipment Effectiveness – Aplicação em uma empresa do setor de bebidas do polo industrial de Manaus, XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais**, Belo Horizonte, p.1-12, 2011.

ROCHA, L.L.; COLTRO, J.F.C.; TAKAHASHI, A.R.W.; GUERREIRO, K.M.S.; SHIBUYA, T.T.J. Gestão da Qualidade utilizando a metodologia QRQC Estudo de caso em uma empresa do setor automotivo, **Revista Qualidade Emergente**, v.3 n.1: 42-55, 2012.

RODRIGUES, R.; MEZA, L.A. Utilização do ORR e DEA na Análise de Desempenho no Sistema de Manufatura – Um Estudo de Caso no Setor Siderúrgico, XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, **Anais**, Salvador, pp. 1 a 13, 2009.

SANTOS, A.C.O.; SANTOS, M.J. Utilização do Indicador de Eficiência Global de equipamentos (OEE) na gestão da melhoria contínua do sistema de manufatura – Um estudo de caso. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais**, Foz do Iguaçu, p.1-12, 2007.

SAMAT, H. A.; KAMARUDDIN, S.; AZID, I.A. Integration of overall equipment effectiveness (OEE) and reliability method for measuring machine effectiveness, **South African Journal of Industrial Engineering**, Vol. 23(1): pp 92-113, 2012.

SHARMA, A.K.; SHUDHANSU; BHARDWA, A. Manufacturing Performance and Evolution of TPM, **International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)**, Vol. 4 No 3, pp. 854 a 866, 2012.

SILVA, D.L. **O procedimento judicial e o custo do dinheiro para pessoas jurídicas no mercado de credito bancário do Brasil 1994 – 2004**, 2006, Dissertação (Mestre em Economia Política) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006.

WOLLMANN, R.R.G. Alavancando Resultados na Fábrica Oculta: Um estudo de caso sobre OEE no Setor Alimentício, VII CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, **Anais**, Rio de Janeiro, pp. 1 a 17, 2011.

YIN, R.K. **Case Study Research – Design and Methods**. 4ª Ed. Los Angeles. Sage, 219 p., 2009.

ZATTAR, I.C.; RUDEK, S.; TURQUINO, G.S. O uso do indicador OEE como ferramenta na tomada de decisões em uma indústria Gráfica – Um caso prático. **IJIE.**, Vol. 2, n. 2, p. 113-132, 2010.

ZUASHKIANI, A.; RAHMANDAD, H.; JARDINE, A.K.S. Methodology and Theory Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practices, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 17 No. 1, pp. 74-92, 2011.

APÊNDICE 1

Dedução da expressão do OEE a partir da expressão de Nakajima

Nesse apêndice quer se demonstrar que a expressão proposta por Nakajima (1991) e por Hansen (2001) pode ser escrita de outra forma sem, contudo perder seu significado e representatividade.

Para demonstrarmos como a expressão tradicional do OEE pode ser reescrita na forma da expressão proposta nesse trabalho, foi desenvolvida a explicação a seguir, nela foram utilizados alguns termos semelhantes aos utilizados por Muthiah (2008):

A expressão tradicional de Nakajima (1991):

OEE = % Disponibilidade x % Eficiência x % taxa de Qualidade

Foi reescrita por Muthiah (2008) como:

OEE= %D x %Md x %Mq

Sendo:

%D= % Disponibilidade e pode ser expresso como $\rightarrow Tu / Tt$

%Md=% Média de desempenho e pode ser expresso como $\rightarrow Tlo \times Vm$

%Mq=% Médio de qualidade e pode ser expresso como $\rightarrow Pg / Pt$

Sendo:

Tu= Tempo útil de operação do equipamento

Tt= Tempo total de observação do equipamento

Tlo= Taxa líquida operacional

Vm= Velocidade média

Pg= Peças conforme

Pt= Peças totais produzidas

Mas:

Tlo pode ser expresso por $\rightarrow Tp/Tu$

E:

Vm pode ser expresso por $\rightarrow Ract / Rth$

Sendo:

$Tp=$ Tempo de produção do equipamento

$Ract=$ Taxa real de processamento do equipamento

$Rth=$ Taxa teórica de processamento do equipamento

Assim a expressão do OEE também poderia ser escrita como:

$$OEE = \frac{Tu}{Tt} \times \frac{Tp}{Tu} \times \frac{Ract}{Rth} \times \frac{Pg}{Pt}$$

Simplificando tinha-se que:

$$OEE = \frac{Tp}{Tt} \times \frac{Ract}{Rth} \times \frac{Pg}{Pt}$$

Ou simplificando ainda mais:

$$OEE = \frac{Tp \times Ract \times Pg}{Tt \times Rth \times Pt}$$

Podia-se dizer ainda que:

$$Tp = Pt \times Tc$$

Sendo:

$Tc=$ Tempo de ciclo

Então, substituindo-se Tp pela expressão acima temos:...

$$OEE = \frac{Pt \times Tc \times Ract \times Pg}{Tt \times Rth \times Pt}$$

Como $Pt / Pt = 1$, simplificando temos:

$$OEE = \frac{Tc \times Ract \times Pg}{Tt \times Rth}$$

$$T_t \times R_{th}$$

E rearranjando os termos da expressão podemos escrever:

$$OEE = \frac{P_g \times T_c \times R_{act}}{T_t \times R_{th}}$$

Se considerarmos

$$T_t = T_A - T_{pp}$$

Sendo:

$$T_A = 24 \text{ horas} \quad (\text{tempo de abertura})$$

E:

T_{pp} = Tempo de paradas programadas

Considerando que por paradas programadas conforme citados na tabela 2 têm-se:

Sem carga, Manutenção Preventiva e Try-out.

Podia-se ainda dizer também que:

$$R_{act}/R_{th} \approx 1$$

Porque qualquer diferença entre a taxa real e a teórica, seria considerada uma perda e já considerada quando foi adotado tempo de abertura ($T_A = 24$ horas).

Assim substituído os termos na expressão temos:

$$OEE = \frac{\sum P_g \times T_c \times 100\%}{T_t} \quad (11)$$

Como se queria demonstrar, a expressão proposta por Chiaradia (2004) e utilizada nesse texto tem o mesmo significado e representa a mesma grandeza que a expressão original de Nakajima (1991).

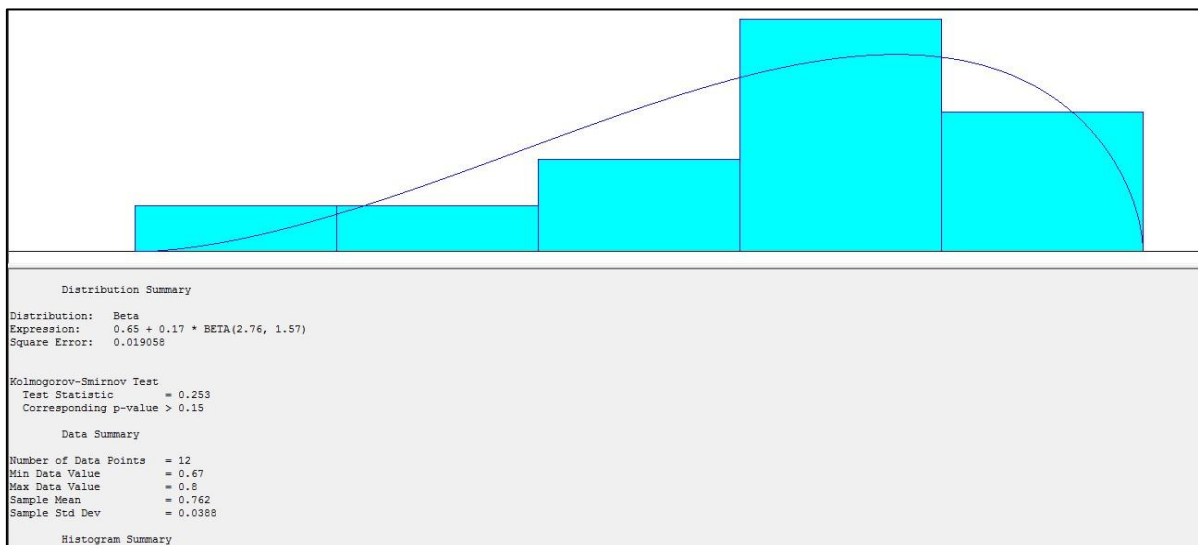
APENDICE 2

Estudos de distribuição estatística para outros equipamentos

O mesmo estudo que foi feito para o OEE da cabine de pintura foi feito para o OEE de outros equipamentos da empresa e a distribuição beta se confirmou também para o OEE dos outros equipamentos.

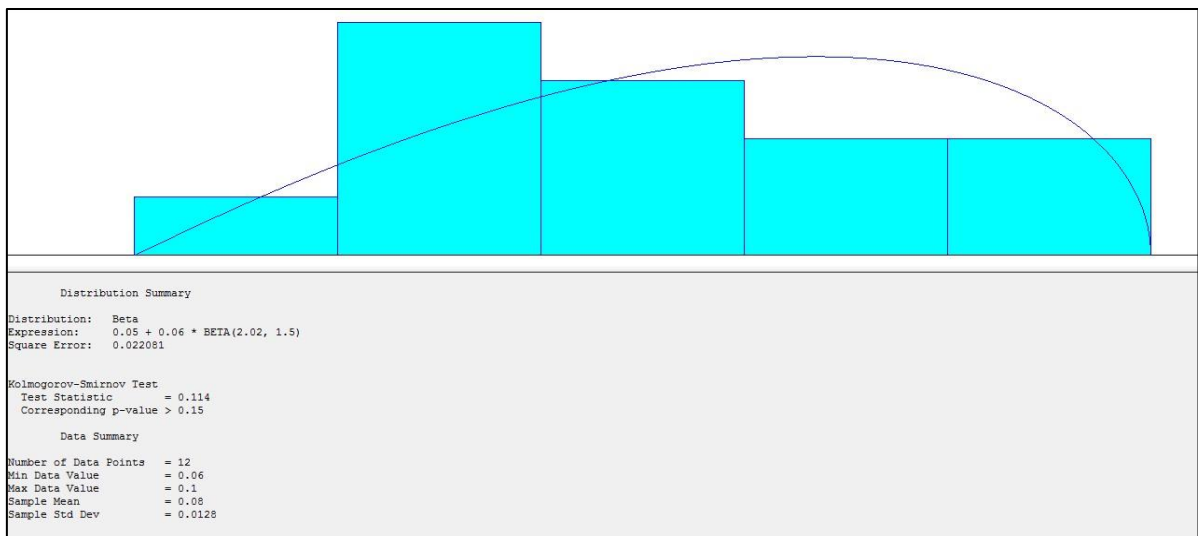
As figuras abaixo mostram o gráfico da distribuição do OEE para os equipamentos da fundição de zamac e para os equipamentos da injeção de termoplásticos, em ambos a distribuição beta mostrou-se mais aderente.

Gráfico da distribuição do OEE fundição de zamac



(Fonte: o autor)

Gráfico da distribuição do OEE Injeção de Termoplásticos

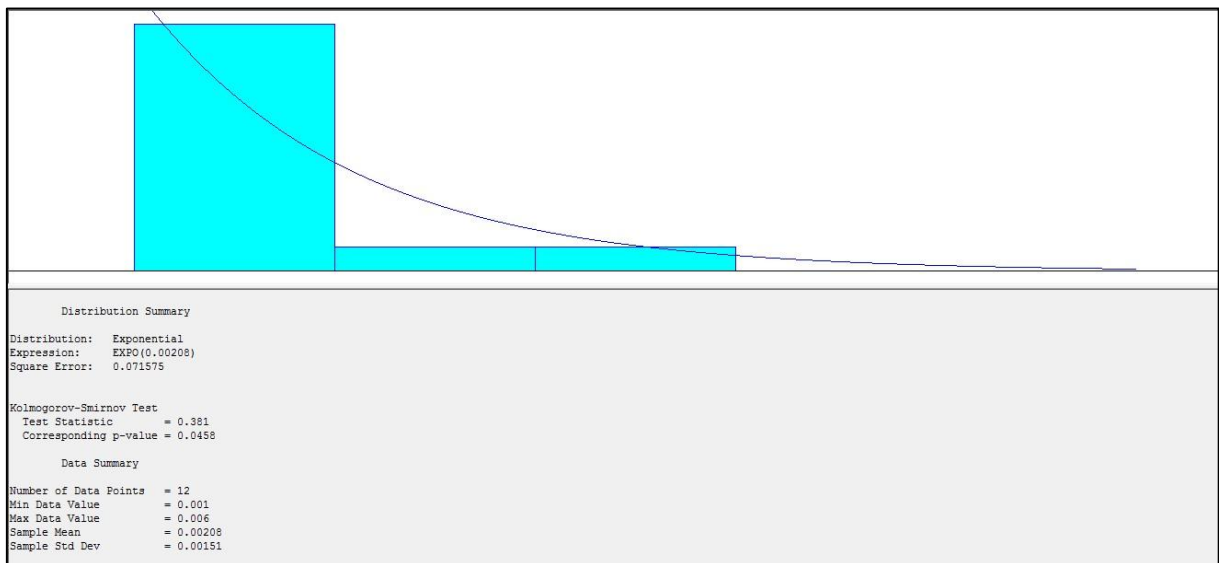


(Fonte: o autor)

Da mesma forma que para o OEE foi feito o estudo da distribuição estatística das perdas por Não Qualidade, Organizacionais e Paradas Próprias, para outros equipamentos da empresa.

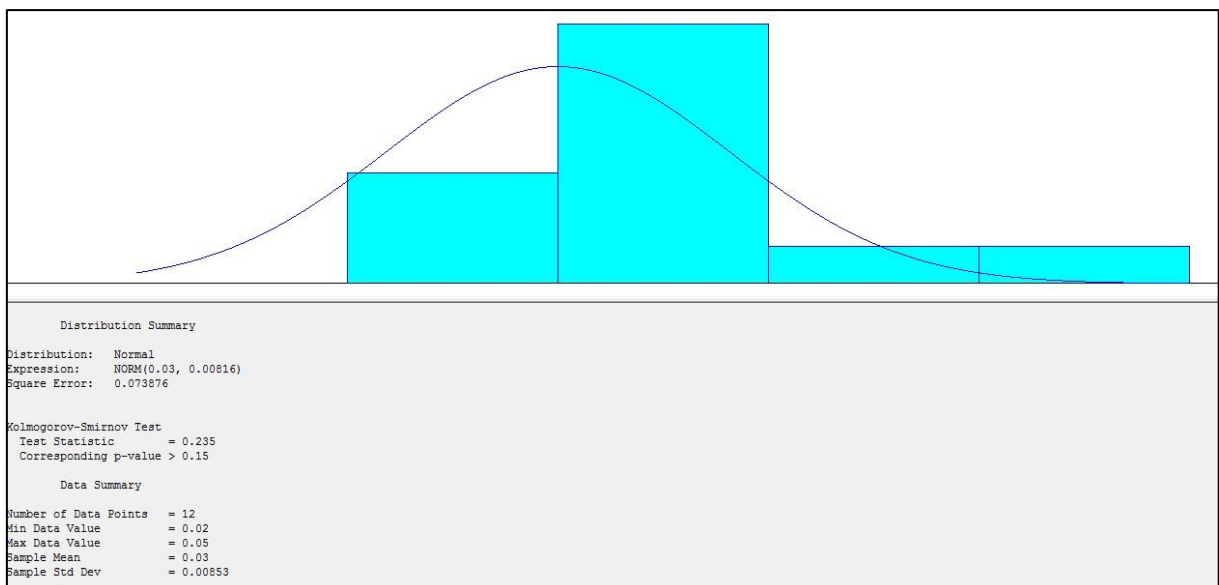
Para essas perdas as distribuições estatísticas são diferentes da distribuição encontrada para a cabine de pintura, e entre si, as figuras abaixo mostram o gráfico da distribuição das perdas por Não Qualidade.

Gráfico da distribuição das perdas por Não Qualidade da fundição de zamac



(Fonte: o autor)

Gráfico da distribuição das perdas por Não Qualidade da Injeção de Termoplásticos

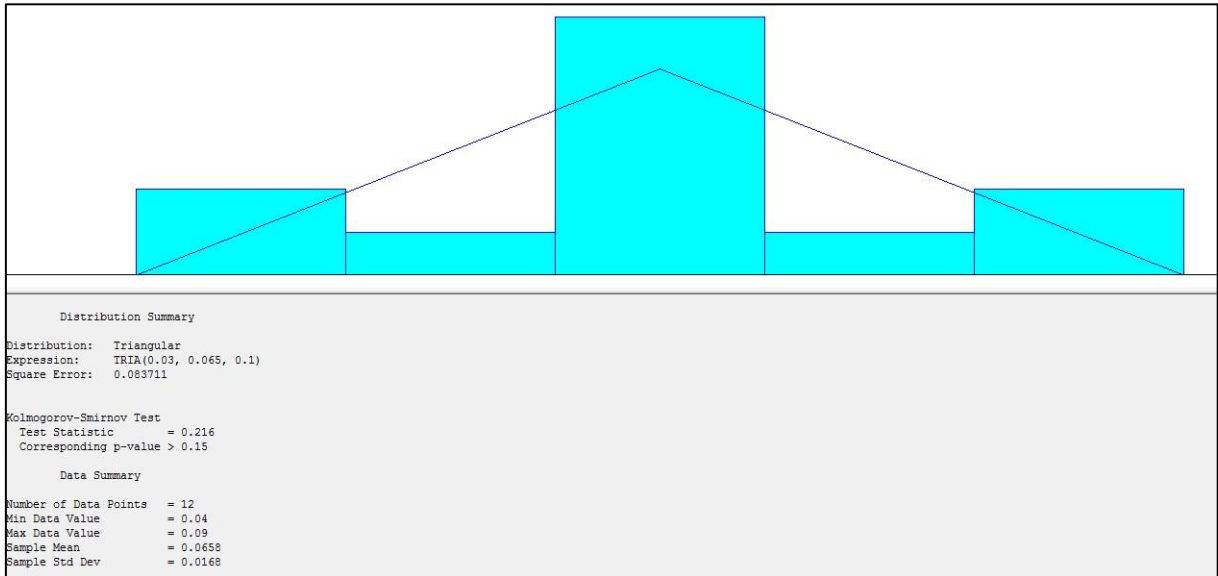


(Fonte: o autor)

As figuras abaixo mostram o gráfico da distribuição das perdas organizacionais, respectivamente da fundição de zamac e da injeção de termoplásticos.

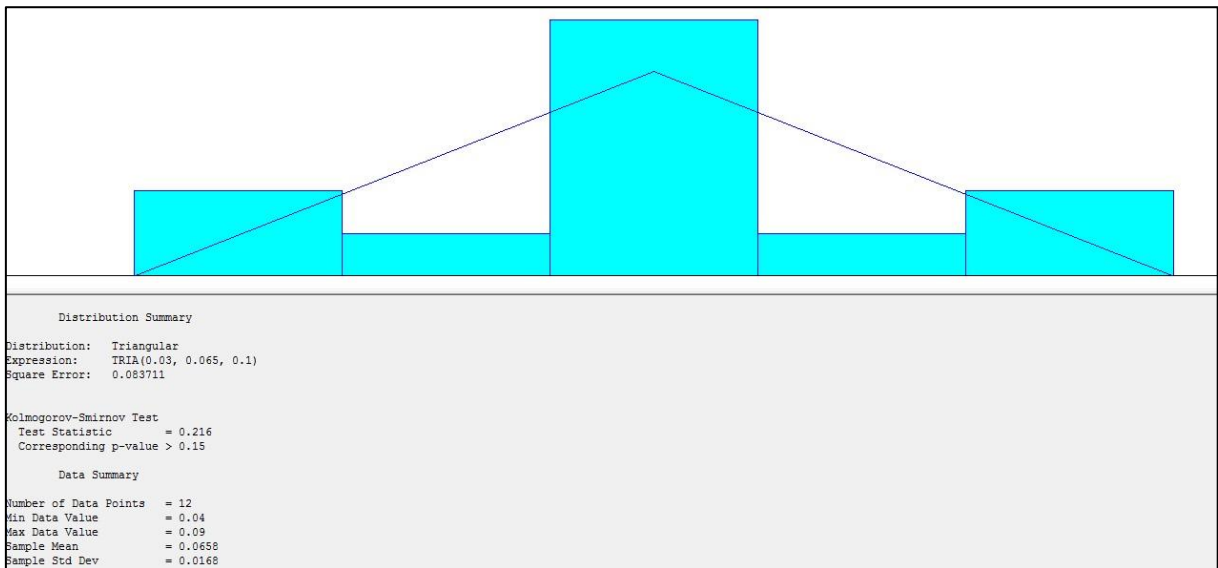
Confirmando, são diferentes entre si e da distribuição da cabine de pintura.

Gráfico da distribuição das perdas organizacionais da fundição de zamac



(Fonte: o autor)

Gráfico da distribuição das perdas organizacionais da Injeção de Termoplásticos

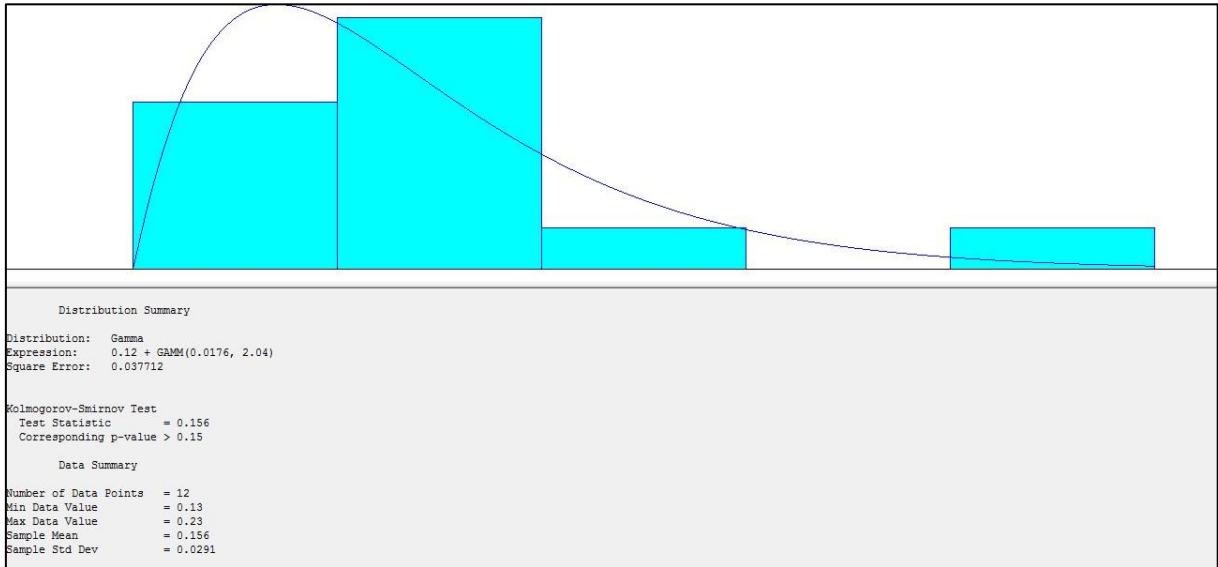


(Fonte: o autor)

As figuras abaixo mostram o gráfico da distribuição das perdas por paradas próprias, respectivamente da fundição de zamac e da injeção de termoplásticos.

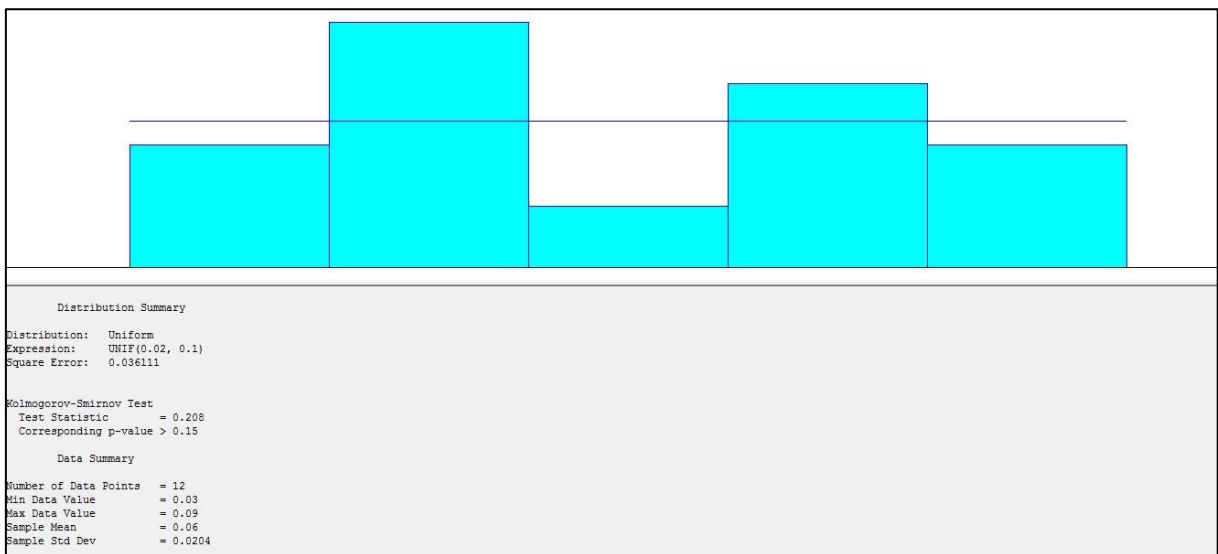
Da mesma forma que para as perdas anteriores elas também são diferentes entre si e da distribuição da cabine de pintura.

Gráfico da distribuição das perdas por paradas próprias da fundição de zamac



(Fonte: o autor)

Gráfico da distribuição das perdas por paradas próprias da Injeção de Termoplásticos



(Fonte: o autor)

APÊNDICE 3

Trabalho completo publicado no XXXII ENEGEP 2012.

Aumento da eficiência dos equipamentos com a utilização de ferramentas de resposta rápida

Luiz Antonio Fernandes de Oliveira (UNINOVE) lafoliveira@ig.com.br

Prof. Dr. André Felipe Henriques Librantz

Resumo: Devido ao alto custo de alguns equipamentos é de suma importância, tanto do ponto de vista da produção, como do ponto de vista financeiro, que estes tenham um alto rendimento, primeiro para garantir a produção necessária e segundo para assegurar uma boa rentabilidade ao negócio. Este estudo apresenta uma demonstração, da aplicação de uma ferramenta de resposta rápida, na solução de problemas de gerenciamento que impactam de forma negativa, o desempenho e a eficiência dos equipamentos. Estes problemas serão levantados com aplicação do indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness). Em um estudo de caso, aplicamos a uma cabine de pintura semiautomática para peças de utilização automotiva, o cálculo do OEE e a aplicação de ferramenta de resposta rápida conseguiu aumentar o OEE em 28,5%. Esta metodologia foi aplicada tanto a problemas de qualidade como a problemas de manutenção. Neste estudo demonstraremos a aplicação do método a problemas de manutenção.

Palavras chave: Eficiência; Resposta Rápida da Gestão; Equipamentos; OEE.

Abstract: Due to the high cost of some equipment is of paramount importance, both from the standpoint of production, as the financial point of view, they have a high income, first to ensure the necessary production and second to ensure a good return to the business. This study presents a demonstration of the application of a rapid response tool, the solution of management problems that impact negatively the performance and efficiency of equipment. These issues will be raised with the application of the indicator OEE (Overall Equipment Effectiveness). In one case study, we apply a semi-automatic paint booth used for automotive parts, the calculation of OEE and implementation of rapid response tool was able to increase OEE by 28.5%. This methodology has been applied both to quality problems and maintenance problems. In this study we demonstrate the application of the method applied to maintenance problems.

Keywords: Efficiency, Quick Response Management, Equipment, OEE.

1. Introdução

No Brasil os custos de depreciação horária de equipamentos são em média maiores que os custos da mão de obra. (CHIRADIA, 2004).

Assim a depreciação dos ativos das empresas tem um impacto significativo nos custos dos produtos, que acaba reduzindo a competitividade das empresas.

Desta forma o investimento e um equipamento deve ser algo bem pensado, e a gestão deste equipamento após sua aquisição deve ser algo bem administrado pela gestão de produção, para assegurar que, a eficiência e a rentabilidade sejam as previstas quando da compra.

Slack (2002) destaca que somente com a função de manufatura saudável é possível cumprir metas e objetivos estratégicos da organização. Sendo assim a correta utilização dos ativos fixos das empresas, componentes importantes da função de manufatura, deve ser priorizada (CHIRADIA, 2004).

Deste modo faz-se necessário que as empresas busquem melhorar continuamente e eficiência dos equipamentos, identificando e eliminando as perdas e, conseqüentemente, reduzindo os custos de fabricação. É crucial destacar a importância da identificação das perdas, devido à dificuldade de interpretação por parte das empresas de como realmente elas se caracterizam e se apresentam. Dificuldade esta que pode desencadear ações que não estarão direcionadas às perdas mais significativas e, desta forma, farão com que não sejam obtidos os resultados esperados (CHIRADIA, 2004).

O Overall Equipment Effectiveness (OEE), chamado na literatura portuguesa de Eficiência Global de Equipamentos (EGE), é um exemplo de indicador utilizado para medir as melhorias realizadas com a implantação da metodologia TPM (SANTOS e SANTOS, 2007), possibilitando enxergar as perdas, principalmente as que são geradoras de custos em potencial. O OEE é utilizado para medir o desempenho de equipamentos e máquinas ou o conjunto destes, possibilitando a indicação de quais os recursos que possuem o menor índice de eficiência e que, por isso, necessitam do desenvolvimento de melhorias ou que podem ser utilizados como benchmark (RAPOSO, 2011).

Ademais, às vezes as ações tomadas para a resolução das perdas são demoradas e não trazem uma resposta imediata para a redução das mesmas, gerando uma baixa eficiência dos equipamentos.

Neste trabalho pretendemos apresentar uma metodologia que ajuda na rápida análise das perdas, na apresentação de suas causas raízes e na proposta de soluções, sem, contudo perder a precisão e acuracidade necessárias para a manutenção do resultado obtido.

2. Materiais e métodos

Antes de nos lançarmos à solução dos problemas, é necessário um correto conhecimento destes e uma correta medição dos seus impactos.

Isto é muito importante, pois evita que consumamos recursos e energia na solução de problemas que não trarão resultados significativos.

Desta forma, a partir das necessidades detectadas, foram levantadas as metodologias que possivelmente apresentariam estes índices de forma satisfatória, optando-se pelo uso do indicador de Eficiência Global do Equipamento (OEE - Overall Equipment Effectiveness). Sua escolha se deu principalmente por sua facilidade e rapidez de implantação, bem como pela facilidade de treinamento dos operadores e facilidade de interpretação (ZATTAR *et al.* 2010).

Este indicador pode ser considerado como importante para a operação, manutenção e para o gerenciamento dos equipamentos da manufatura (DAL, 2000, ZATTAR *et al.*, 2010).

Ele difere do TEEP (Total Effectiveness Equipment Performance – Desempenho total da eficiência dos equipamentos) pelo expurgo do seu cálculo, das paradas de máquina consideradas programadas.

A medição do indicador OEE, nos dá uma ferramenta muito eficaz para o desempenho desta tarefa.

Nas diversas literaturas a respeito de OEE são citadas fórmulas para o cálculo deste indicador, mas de forma geral ele é expresso em percentagem, e simplificada é obtido pela divisão da quantidade de material bom produzido real, num dado período de tempo, pela quantidade de material produzido padrão, neste mesmo período de tempo, multiplicado por 100 (cem) para transformar o valor em percentagem, de acordo com eq.1. Considera-se neste caso apenas o tempo utilizado pela produção, sendo expurgados os tempos de paradas programadas se houver.

$$\text{OEE} = \frac{\text{Quantidade boa real produzida} \cdot 100\%}{\text{Quantidade padrão}} \quad (1)$$

Normalmente toma-se um intervalo de tempo padrão, por exemplo, 24 horas, para o acompanhamento deste indicador, algumas empresas tem um acompanhamento horário, deste indicador, com padrões de reação para seus deslizamentos, o que ajuda sobremaneira a resposta rápida na solução dos problemas que o afetam, assegurando assim a sua manutenção em altos valores, conforme os recomendados por Nakajima (1988), normalmente por volta de 85%.

2.1. Método de cálculo do OEE

Para a aplicação da medição do OEE é necessário definir alguns eventos que impactam no seu valor, várias literaturas citam estes eventos, dividindo-os de forma geral em duas categorias, são elas:

1ª – Paradas programadas

2ª – Paradas não programadas

Estas duas categorias são subdivididas em tipos de paradas, e estes tipos de paradas são melhores mostrados na tabela 1.

Categoria	Tipo	Subtipo
Paradas Programadas	<i>Sem carga</i>	
	<i>Manutenção Preventiva</i>	
	<i>Try-out</i>	
Paradas não programadas	Paradas próprias	<i>Setup (troca de série)</i>
		<i>Avarias</i>
		<i>Micro paradas</i>
	Paradas organizacionais	<i>Baixa velocidade</i>
		<i>Refeição, reuniões, treinamento</i>
<i>Não qualidade</i>	<i>Falta de materiais, energia, operador</i>	

Fonte: os autores

Tabela 1 – Tipos de parada

Porém somente o cálculo deste indicador não auxilia na garantia de sua manutenção em altos valores, é necessário o acompanhamento do equipamento, anotando-se cada anomalia, seu tempo de duração, para ao final do tempo de medição, saber o que interferiu no desempenho do equipamento. Em geral uma boa coleta de dados é a chave requerida para o completo sucesso da estratégia da OEE. O sucesso de várias fábricas é afetado enormemente por como a acuracidade das informações são coletadas e analisadas eficientemente (HANSEN, 2002, CHIRADIA, 2004).

Devemos então acompanhar o funcionamento do equipamento, registrando as ocorrências, e o tempo dispendido com cada uma delas, assim temos como, além de calcular o OEE e o TEEP, também meios para criar um gráfico de Pareto, elencando e priorizando de forma percentual a incidência dos problemas, auxiliando a priorização das ações na resolução destes.

A coleta de dados pode ser manual ou automática. Uma vez conhecidos os problemas e suas métricas determinadas, deve-se selecionar a ferramenta adequada para sua solução.

2.2. Ferramenta de resposta rápida

Como citado anteriormente, o acompanhamento do indicador com uma base de tempo horária é mais adequado para a utilização de ferramentas de resposta rápida, uma vez que como será demonstrado este tipo de ferramenta necessita de uma coleta de dados inicial muito fácil e precisa, se executada tão logo o evento ocorra.

Para os problemas de não qualidade, é recomendada a utilização do QRQC (Quick Response Quality Control - Resposta Rápida do Controle de Qualidade) (AOUDIA *et al.* 2011), para os demais existem no Lean Manufacturing outras ferramentas sugeridas, neste estudo falaremos

da aplicação da resposta rápida unicamente para os eventos relacionados às avarias e micro paradas.

A ferramenta proposta usa uma metodologia oriunda do próprio QRQC. Neste estudo faremos algumas adaptações para aplicá-lo à solução de problemas de gerenciamento, assim aqui ele será chamado de QRMC (Quick Response Management Control - Resposta Rápida do Controle de Gerenciamento). O QRMC é uma abordagem das empresas em todo o mundo para a redução do lead time, que tenta alcançar os objetivos através de uma abordagem abrangente, (SURI, 1998). A base do QRQC ou do QRMC pode ser facilmente compreendida pela aplicação dos quatro passos como mostrados na figura 1.



Fonte: Aoudia (2011).

Figura 1. Os quatro passos do QRQC/QRMC

Porém para o seu sucesso é necessária uma atitude “San-Guen-Shugui”, baseada no princípio das três realidades que permite ir até o “local real” (Gen-ba), defrontar-se com a “situação real” (Gen-butsu) e obter o “dados reais” (Gen-gitsu), bem como uma atividade gerencial composta de quatro passos: Detecção, Comunicação, Análise e Verificação, cujo acrônimo é DCAV, (AODIA *et al.* 2011).

O tempo de resposta do QRMC é composto de seis períodos como mostrado na tabela 2.

0 - 4 horas	Reação imediata
24 horas	Implementar as medidas de contenção
5 dias	Análise e aplicação das ações corretivas
10 dias	Generalizar a aplicação da ação corretiva e das ações preventivas
30 dias	Aprendizado e auditoria
Futuro	Baseado nos erros passados, robustecer o projeto de futuros equipamentos

Fonte: Aoudia *et al.* (2011).

Tabela 2 – Tempo de Resposta,

Como se pode ver pela tabela 2 o tempo para a aplicação da solução que elimine a causa raiz deve ser de no máximo cinco dias, por isto o nome de resposta rápida.

A ferramenta proposta segue o processo DCAV, e é composta de:

- Detecção: 5W2H – Qual é o problema? (What)
- Por que é um problema? (Why)
- Onde ocorreu o problema? (Where)
- Quem detectou o problema? (Who)
- Quando o problema foi detectado? (When)
- Como foi detectado o problema? (How)
- Quantas vezes ocorreu o problema? (How much)

Comunicação: Trata-se da folha de delegação de tarefas para a análise e solução do problema

Análise: FTA (Fault Three Analysis – Análise da árvore de falhas)

5 why’s? (5 por quês?)

Plano de ações

Verificação: Medição da eficácia das ações implantadas.

Para melhor compreensão é mostrada a forma gráfica da ferramenta proposta, utilizada por uma indústria multinacional do ramo de autopeças. A unidade onde este equipamento está instalado tem aproximadamente 800 funcionários.

(figuras 2 a 6).

QUAL É O PROBLEMA? > Utilizar o 5W2H para caracterizar a situação atual	
- O que aconteceu?	
- Porque é um problema?	
- Quando aconteceu?	
- Quem detectou? (nome do operador)	
- Onde foi detectado?	
- Como foi detectado?	
- Quantas peças ruins?	
PEÇA RUIM	PEÇA BOA

Figura 2: 5W2H e Situação boa e situação ruim

2.3. O equipamento

Este estudo de caso é focado em uma cabine de pintura semiautomática instalada em uma indústria de autopeças.

A cabine de pintura é dedicada à pintura de um tipo específico de produto que faz parte de um conjunto utilizado em automóveis. O equipamento é composto de uma esteira transportadora de corrente que arrasta os suportes para as gancheras, onde são presas as peças a serem pintadas, a qual atravessa todo o equipamento, e leva cerca de 2 horas para dar uma volta completa. O equipamento é composto de diversos estágios de processo, sendo:

- 1- Lavagem e secagem de peças
- 2- Aplicação de primer
- 3- Aplicação de tinta
- 4- Aplicação de verniz
- 5- Estufa de secagem
- 6- Área de carga a descarga de peças

Entre cada um destes estágios há um espaço onde o transportador faz diversas curvas, que servem como acumuladores, para permitir a saída dos voláteis entre cada um dos processos.

Estas explicações se fazem necessárias para um entendimento do equipamento.

Na figura 7 uma em planta do equipamento.

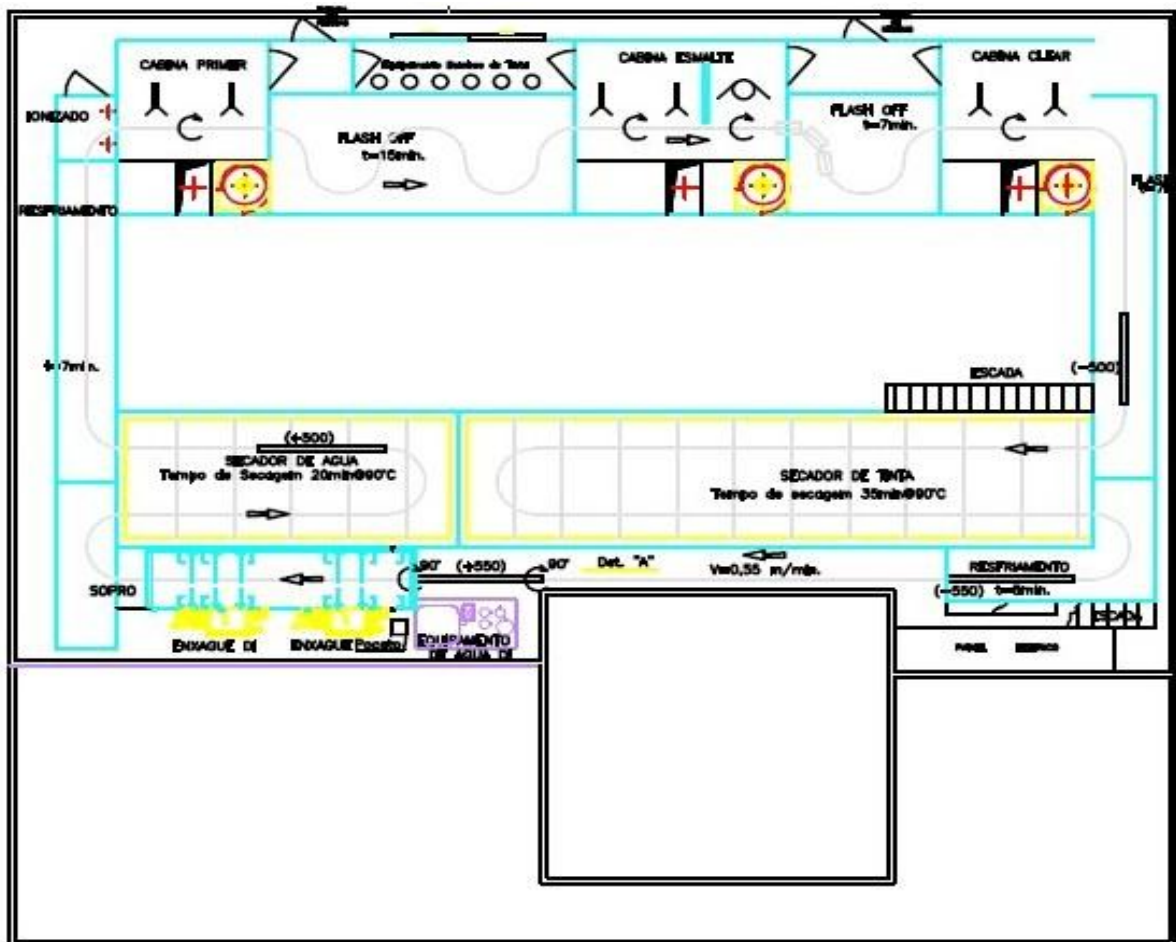


Figura 7. Planta da cabine de pintura

3. Estudo de caso

Esse equipamento apresentava várias paradas, com conseqüente perda de produção e geração de refugos. Observamos também que os tempos de resposta das equipes de reparos eram bastante longos, o que resultava em paradas prolongadas.

Outra observação importante é que, mesmo após a intervenção das equipes de reparos, pouco tempo depois, o equipamento voltava a apresentar defeitos, e na maioria das vezes, o mesmo defeito que ocasionara a parada anterior. Não havia nenhum controle da eficiência do equipamento. Inicialmente foi feito um planejamento do que deveria ser feito para a melhoria das condições de funcionamento do equipamento. A escolha foi a medição do OEE e a aplicação de uma ferramenta de resposta rápida para identificar as causas raiz dos defeitos que ocasionavam as paradas do equipamento. Em função das características de funcionamento do equipamento ficou decidido que a fórmula de cálculo do OEE precisa sofrer uma pequena modificação, ao invés de ser computada a quantidade de produtos bons feitos pela máquina em uma hora, ficou decidido que seriam contadas quantas gancheias passavam pela máquina neste mesmo período de tempo e seriam descontadas as gancheias que passassem vazias ou cujas peças não fossem aproveitáveis. Dessa forma pudemos calcular mais facilmente o OEE. Foi introduzido também um padrão de reação, com gatilhos de tempo para acionamento da gestão, visando forçar a resolução dos problemas que ocasionavam as paradas no tempo mais breve possível.

Este gatilho funciona da seguinte forma:

Como em uma hora sob condições normais o OEE deve ser de 100%, então cada vez que ele caia de 15%, ou seja, cerca de 9 minutos consecutivos de parada de máquina em uma hora, o Supervisor da secção era chamado para ajudar na solução do problema, este era o primeiro gatilho.

O segundo gatilho era acionado se o tempo de parada fosse superior as 25%, ou seja, 17 minutos consecutivos em uma hora, nesse caso o Supervisor que já havia sido chamado acionava o Gerente da Área.

O terceiro gatilho era disparado quando a parada se prolongava além dos 35%, ou seja, 21 minutos consecutivos em uma hora, neste caso o Gerente acionava o Diretor Industrial.

Em todas as paradas ocasionadas por avaria do equipamento, a manutenção era acionada de imediato, e procedia ao reparo da avaria, bem como levantava os dados reais no local real, dados estes que serviriam de base para mais tarde fazer o FTA da ocorrência da falha, e da sua não detecção prematura.

Então com a descrição precisa do problema, os dados reais tomados no local real dos fatos, fazia-se uma análise profunda das causas da avaria.

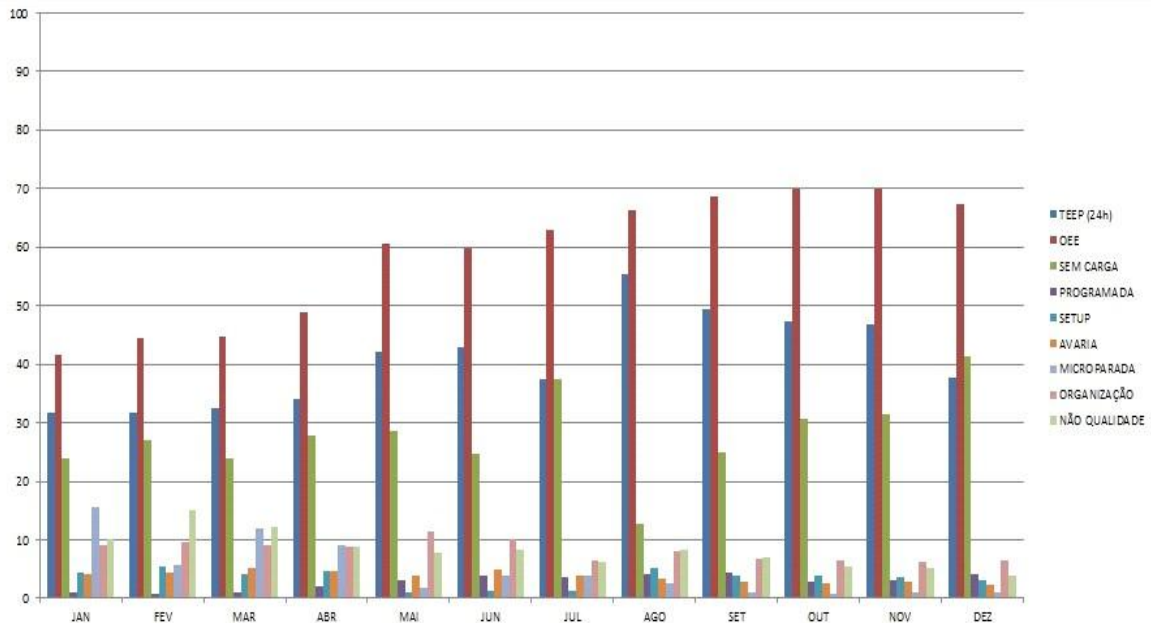
Esta análise em geral analisa os 4 M's (Máquina, Mão de Obra, Método e Material), para levantar os fatores que poderiam ter influenciado na ocorrência da avaria, e comparando sempre a situação encontrada com um padrão.

Desta forma determinava-se a correlação direta do fator analisado com o problema.

Uma vez determinado quais os fatores concorreram para a avaria, utiliza-se o método dos 5 por quês? Para chegar-se à real causa raiz.

Com a causa raiz identificada definia-se qual a solução mais robusta para eliminá-la.

Esta solução era então implantada e se fazia o acompanhamento do desempenho do equipamento, para verificar a eficácia da ação. A figura 8 mostra a evolução do OEE com as medidas implantadas citadas anteriormente.



Fonte: os autores

Figura 8 – Evolução do OEE da cabine de pintura no intervalo de doze meses

Como pode ser observado no gráfico o OEE saiu de um pouco mais de 40% para por volta de 70%. As avarias e as micro-paradas que eram significativas nos meses de Janeiro até Julho, diminuíram significativamente com a aplicação da resposta rápida. As demais causas de paradas também foram atacadas pela mesma metodologia e caíram significativamente.

4. Conclusões

Este estudo de caso mostra como na prática a aplicação de métodos de resposta rápida a problemas de manufatura (QRM) são eficazes, em especial no que diz respeito a redução de avarias e micro-paradas.

Porém sua efetividade só se verifica se os gestores e responsáveis por sua implantação e aplicação estiverem por perto da instalação a fim de prestar a ajuda necessária, provendo meios e cobrando a atuação das áreas correlatas para tornar mais ágil a solução dos problemas.

Outra importante função do gestor é fazer uma análise crítica dos estudos e das soluções encontradas, ajudando a equipe na busca da melhor solução.

5. Bibliografia

AOUDIA, H. & QUINTIN, T., *QRQC Quick Response Quality Control, the basics*. Paris, Maxima, 2011.

CHIARADIA, A.J.P., *Utilização do indicadores de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos, um estudo de caso na indústria automobilística*. Porto Alegre, UFRS, 2004.

DAL, B.; TUGWELL, P. & GREATBANKS, R., *Overall Equipment effectiveness as a measure of operational improvement - A practical analysis*, International Journal of Operations & Production Management. V. 20, n.12, p. 1488 – 1502, 2000.

HANSEN, R.C., *Overall Equipemnt Effectiveness: A Powerful Production/Manitenance Tool for Increased Profits*. New York, Industrial Press, 2002.

NAKAJIMA, S.; *Introduction to TPM*, Cambridge, MA; Productivity Press, 1993.

RAPOSO, C.F.C.; *Overall Equipment Effectiviness – Aplicação em uma empresa do setor de bebidas do polo industrial de Manaus*, XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, p.1 -12. Belo Horizonte, 2011.

SANTOS, A.C.O. & SANTOS, M.J.; *Utilização do indicador de Eficiência Global de Equipamentos (OEE) na Gestão da Melhoria Contínua do Sistema de manufatura – Um Estudo de Caso*. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais, p.1-12, Foz do Iguaçu, 2007.

SLAK, N.; *Vantagens competitivas em manufatura: atingindo a competitividade nas operações industriais*. São Paulo, Atlas, 2002.

SURI, R., *Quick Response Manufacturing*, Portland, Oregon, Productivity Press, 1998.

ZATTAR, I.C.; RUDEK, S & TURQUINO, G.S., *O uso do indicador OEE como ferramenta na tomada de decisões em uma indústria Gráfica – Um caso prático*. Florianopolis; IJIE, Vol. 2, n. 2, p. 113 - 132, 2010