

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS

MBA EM GESTÃO EMPRESARIAL

GABRIEL DICK

EFICÁCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO (OEE): UM ESTUDO DE CASO NA
EMPRESA MWM INTERNATIONAL MOTORES LTDA

São Leopoldo

2013

GABRIEL DICK

EFICÁCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO (OEE): UM ESTUDO DE CASO NA
EMPRESA MWM INTERNATIONAL MOTORES LTDA

Projeto apresentado à Universidade do Vale do Rio dos Sinos como requisito parcial para aprovação no MBA em Gestão Empresarial

Orientador: Prof. Ms. Francisco F. Carmo

São Leopoldo

2013

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	5
1.2 OBJETIVOS	7
1.2.1 Objetivo Geral	7
1.2.2 Objetivos Específicos	7
1.3 JUSTIFICATIVA	7
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1 CONCEITOS DA TPM	10
2.1.1 OEE – Eficácia Global do Equipamento	12
2.1.2 TEEP – Produtividade Total Efetiva do Equipamento	15
2.2 A IMPORTÂNCIA DA IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS	16
2.3 O CÁLCULO DA OEE NOS GARGALOS E/OU CCR'S.....	21
2.4 CAPACIDADE X DEMANDA DOS RECURSOS PRODUTIVOS	23
2.5 CAPABILIDADE DE PROCESSO	24
2.5.1 Índice Cp e Cpk	24
3 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS	27
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	27
3.2 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS	28
3.3 PARTICIPANTES DAS ENTREVISTAS	29
3.4 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS.....	30
3.5 DELIMITAÇÕES DO MÉTODO E ESTUDO	30
4 ESTUDO DE CASO	31
4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	31
4.1.1 Um pouco da história da MWM-INTERNATIONAL	32
4.2 A MEDIÇÃO DA EFICÁCIA NAS LINHAS DE MONTAGEM.....	33
4.2.1 Medição automática da OEE	34
4.2.2 Medição da OEE nas linhas de montagem	37
4.3 ANÁLISE DOS ÍNDICES DE OEE NAS LINHAS DE MONTAGEM.....	39
4.3.1 Propostas de melhorias para aumento da OEE	43
5 CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1 INTRODUÇÃO

Em um ambiente globalizado, a sobrevivência das organizações torna-se mais difícil a cada dia que passa. Frente às mudanças acontecendo velozmente e de forma contínua, a luta pela competitividade das empresas passa pela quebra de antigos paradigmas. Precisa-se considerar um processo de aprimoramento contínuo para a sobrevivência dos negócios (GOLDRATT e FOX, 1992).

A globalização da economia deu origem, conforme Junico Antunes. et. al. (2012), a uma nova realidade nas relações comerciais entre as nações. Com a queda das barreiras alfandegárias no Brasil, o país se inseriu nessa nova realidade, provocando uma mudança radical no comportamento de suas empresas e acirrando a competitividade.

A busca constante pela melhoria e pela otimização de processos, o uso adequado e racional dos recursos e o aumento da rentabilidade dos negócios são objetivos comuns a todas as empresas. A velocidade com que se conseguem tais resultados, de uma forma ou outra, se traduz em vantagens competitivas no mercado. Por esse motivo, a medição do sistema de manufatura se torna cada vez mais essencial para a resolução de problemas e para o próprio controle e melhoria contínua destes sistemas de manufatura;

Este trabalho aborda a utilização da Eficácia Global de Equipamentos (OEE), como forma de gestão e monitoramento dos recursos de manufatura em uma empresa fabricante de motores diesel para a indústria automobilística. A Eficácia Global dos Equipamentos, conhecida na literatura internacional e também assim denominada na empresa analisada como OEE – *Overall Equipment Effectiveness*, é um indicador mundialmente utilizado e proposto pela metodologia TPM – *Total Productive Maintenance* (JUNICO ANTUNES et al., 2012).

O objetivo principal deste trabalho é propor, através de um estudo de caso, uma otimização da utilização do indicador de Eficácia Global de Equipamentos (OEE) como ferramenta para medição da eficiência e gestão dos recursos de manufatura nas linhas de produção da empresa MWM International Motores; É importante citar que a MWM vem medindo a OEE das principais linhas e recursos produtivos há pelo menos dois anos, porém conforme veremos ao longo deste

estudo de caso, esta medição não está se transformando em ações efetivas para melhoramento da eficiência de tais recursos. Este trabalho pretende também descrever e conceituar a Eficácia Global de Equipamentos (OEE), definindo os índices que compõe o seu cálculo, apresentar como a MWM faz a medição da OEE nas linhas de montagem de motores e, por fim, através da análise dos índices de OEE medidos em duas linhas diferentes, propor uma melhor forma de utilização deste indicador na gestão dos processos e dos recursos produtivos do sistema de manufatura em questão;

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, sendo que:

- Neste primeiro capítulo é introduzido o tema e a definição do problema, assim como também são apresentados o objetivo geral, os objetivos específicos e a justificativa;
- No segundo capítulo é apresentado o referencial teórico pesquisado, no qual o enfoque maior é dado ao indicador de Eficiência Global de Equipamentos (OEE);
- No terceiro capítulo são apresentadas as delimitações do tema e todos os procedimentos metodológicos aplicados na pesquisa;
- No quarto capítulo é apresentada brevemente a empresa onde o estudo de caso foi realizado e são apresentados também os valores da OEE medidos em duas linhas distintas de montagem de motores, sendo uma em Canoas-RS e outra em Santo Amaro-SP. Através da análise e comparação dos valores medidos são propostas ações para melhorar a utilização deste indicador como ferramenta para gestão e monitoramento dos recursos de manufatura;
- Por fim, no quinto e último capítulo, é apresentada a conclusão deste trabalho.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Do início do século passado para cá, a sociedade e as empresas mudaram muito do ponto de vista de suas relações internas e externas. Como fruto dessa

contínua mudança, a competição está cada vez mais acirrada, exigindo que as empresas se adaptem rapidamente. Sob esse ponto de vista, as organizações precisam tornar a mudança uma norma, incorporando-a a sua rotina. Mudanças deixam de ser meros eventos: não basta uma única mudança. Este ponto é muito reforçado pelos movimentos de qualidade, é o que chamam “melhoramento contínuo”. A organização precisa estar preparada para esse novo desafio, que, antes de tudo, é uma mudança de mentalidade. Cada vez mais o sucesso pode durar pouco, a vantagem conseguida pode ser dissipada em muito pouco tempo. A organização, bem como as pessoas, necessita aprender a lidar com essa nova mudança (CORBETT, 1997).

No Brasil, é razoável assumir que muitas empresas devam focar as ações gerenciais de melhorias no aumento da utilização de seus ativos fixos, particularmente das máquinas. Isso é verdadeiro na medida em que a relação entre os custos dos fatores de produção é muito distinta da encontrada no Japão e no EUA. Como diz Ohno: “(...) há muito a fazer no campo da produção (...)”. Melhorias e avanços se fazem necessários tanto do prisma conceitual como do prático (ANTUNES Jr. et al. *apud* Ohno, 2008).

A Eficácia Global do Equipamento, ou *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), é a medição da habilidade de um equipamento produzir consistentemente o produto, com padrão de qualidade estabelecido, na velocidade de ciclo projetada e sem paradas não programadas. O OEE mede a disponibilidade, a eficiência do desempenho e o índice de qualidade de uma máquina ou processo com o objetivo de aumentar a utilização eficaz do mesmo, resultando em maior produtividade, menor custo, estoques mais baixos e redução do imobilizado líquido. Isto irá melhorar a saúde da companhia o que beneficia empregados, clientes, credores, e acionistas (BUONAMICI; SEKITO, 2012).

Conforme Baldwin (2006), reconhecer a OEE como uma medida eficaz de gestão de da produtividade é uma coisa, usá-la corretamente é outra. Portanto, a questão a que este trabalho se propõe a responder é: Como a MWM poderia otimizar a utilização do indicador de eficácia global do equipamento (OEE) para medição da eficiência e gestão dos recursos de manufatura nas suas linhas de produção?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é propor uma melhor forma de utilização do indicador de eficácia global do equipamento (OEE) como ferramenta para medição da eficiência e gestão dos recursos de manufatura na empresa MWM.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar o que é o indicador de Eficácia Global do Equipamento (OEE), definindo os índices que compõem seu cálculo;
- Apresentar como a MWM faz a medição da OEE nas linhas de montagem de motores das unidades de Canoas-RS e Santo Amaro-SP;
- Apresentar e comparar, através do conceito de capacidade, os índices da OEE medidos em duas linhas de montagem de motores;
- Propor uma melhor forma de utilização deste indicador na gestão dos processos e dos recursos de manufatura da empresa em questão;

1.3 JUSTIFICATIVA

A MWM International, afiliada do grupo norte-americano Navistar Engine Group, um dos principais fabricantes de motores diesel do mundo, é líder em tecnologia e desenvolvimento de motores diesel na América Latina (MWM INTERNATIONAL, 2012). De alguns meses para cá, motivada pela redução dos volumes de vendas de veículos pesados que vem atingindo o mercado brasileiro desde o início de 2012, a MWM começou a questionar fortemente os seus processos.

A redução dos volumes de venda é uma consequência direta e já esperada pelo mercado automotivo, em função da nova legislação estabelecida no país que determina que a partir de 2012, todos os caminhões e ônibus com motores a diesel que saírem das fábricas brasileiras devem seguir as especificações do Proconve 7 (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores), que prevê um limite muito mais rigoroso de emissões de poluentes (TRASPORTE MODERNO, 2012). A principal alteração necessária nos veículos para atender a esta nova legislação é o motor, que ganhou em tecnologia, porém por outro lado aumentou significativamente em custo.

Aproveitando este momento crítico, a MWM iniciou no final de 2012 a implantação de uma filosofia de pensamento enxuto e estabelecendo novas metas bastante agressivas para redução de despesas operacionais. A primeira fase desta mudança, por assim dizer, foi uma reestruturação geral de praticamente todas as áreas da empresa e principalmente do quadro de funcionários, que atingiu desde a alta direção e gerencias até o nível operacional. Um fato importante, e talvez o de maior impacto nesta reestruturação aconteceu em janeiro de 2013, quando foi iniciada a incorporação da planta montagem de caminhões Navistar de Caxias do Sul para dentro da unidade de Canoas, passando assim a operar com 100% de mão de obra própria (por mais de 10 anos os caminhões Navistar foram montados em Caxias do Sul a partir de um contrato de manufatura com a Agrale S.A). A expectativa é de que os primeiros caminhões Navistar montados em Canoas comecem a ser produzidos ainda no primeiro semestre de 2013.

Passada esta primeira etapa, o próximo passo do processo de reestruturação da empresa, conforme já comunicado pela diretoria, será a busca por ações efetivas para aumentar a eficiência e desta forma atingir os novos objetivos propostos. A partir deste novo momento que a empresa está vivendo, nasceu a motivação para a realização deste estudo de caso.

A análise da eficiência dos sistemas produtivos é um tema relevante no contexto das empresas industriais. Através do cálculo e monitoramento contínuo da eficiência produtiva dos recursos, pode-se ter conhecimento das reais eficiências do sistema de produção, com o objetivo de elaborar planos de ação e soluções para aumentar a eficácia da utilização dos ativos industriais, no entanto esse

monitoramento precisa ser claro e objetivo, evitando o uso de critérios subjetivos para a gestão dos recursos (ANTUNES Jr. et al., 2008).

Conforme Nakajima (1989), o cálculo da eficácia global do equipamento (OEE) permite a integração da produtividade e da qualidade, ou seja, conjumina as contribuições para a incorporação do valor adicionado ao produto, uma vez que este indicador incorpora tanto o índice de tempo operacional, como o da performance operacional e o dos produtos aprovados.

A principal justificativa para o tema proposto está apoiada justamente na dificuldade de analisar, de uma forma geral, as condições reais de utilização dos recursos produtivos dentro de um sistema de manufatura. Estas dificuldades muitas vezes impedem a gestão eficiente dos processos e dos recursos produtivos, principalmente aqueles que têm caráter estratégico na busca de redução de custos, bem como na melhoria e manutenção da produtividade. Para os gestores da MWM, este tema é mais atual do que nunca e desta forma, torna-se o maior motivador para a realização deste estudo de caso, que irá analisar e propor uma melhor forma de utilização do indicador de Eficácia Global do Equipamento (OEE) como ferramenta para medição da eficiência e gestão dos recursos de manufatura nas linhas de produção desta empresa.

No âmbito acadêmico será um estudo de caso sobre medição de eficiência não somente de um equipamento, mas sim de uma linha completa de montagem de motores e uma oportunidade de rever e aplicar os conceitos da OEE.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os conceitos teóricos para a realização deste trabalho. Inicialmente são apresentados os conceitos de Manutenção Produtiva Total (TPM) e da Eficácia Global do Equipamento (OEE), detalhando os índices que compõem o seu cálculo; Posteriormente são apresentados outros conceitos fundamentais para o estudo deste tema, como os conceitos de perdas da TPM e do Sistema Toyota de Produção, definições de gargalo e recursos com capacidade restritiva (CCR's) segundo a Teoria das Restrições (TOC), análise da capacidade x demanda de recursos produtivos e, por fim, é apresentado o conceito de capacidade de processo.

2.1 CONCEITOS DA TPM

A manutenção produtiva total (*Total productive maintenance - TPM*) surgiu no Japão nos anos 70, a partir de um avanço em relação às técnicas e procedimentos tradicionais da manutenção corretiva, preventiva e preditiva. É uma metodologia que tem por objetivo promover a integração do sistema produtivo, de forma total, tanto nos aspectos administrativos como operacionais, buscando maximizar a performance operacional das máquinas. Conforme Nakajima (1989), TPM é a “manutenção conduzida com a participação de todos” e busca a conquista da Quebra Zero / Falha Zero das máquinas e equipamentos. Uma máquina sempre disponível e em perfeitas condições de uso propicia elevados rendimentos operacionais, diminuição dos custos de fabricação e redução do nível de estoques.

A TMP, em 1971, foi definida pelo Japan Institute for Plant Maintenance a partir de cinco objetivos básicos (ANTUNES Jr. et al., 2008):

- maximização do rendimento global dos equipamentos;
- desenvolver um sistema de manutenção produtiva que leve em consideração toda a vida útil do equipamento;
- envolver todos os departamentos, planejamento, projeto, utilização e manutenção na implantação do TPM;

- envolver diretamente todos os empregados, desde a alta gerencia até os trabalhadores de chão de fabrica;
- tornar o TPM um movimento visando à motivação gerencial, através do desenvolvimento de atividades autônomas de melhorias por pequenos grupos.

Conforme Junico Antunes. et. al. (2012), o propósito da TPM é “manter” os equipamentos operando por meio de um sistema de gestão para aumentar a eficiência operacional deles, eficiência esta medida pelo Índice de Rendimento Operacional Global do equipamento, ou simplesmente IROG. A utilização deste indicador, conforme proposto pela metodologia TPM, permite que as empresas analisem as reais condições da utilização de seus ativos, buscando desta forma a manutenção e/ou melhoria do ganho e a redução das despesas operacionais e dos investimentos. (ANTUNES Jr. et al., 2008).

Para Junico Antunes. et. al. (2012), o IROG não deve ser calculado da mesma maneira para todos os postos de trabalho, mas sim a partir de dois conceitos, descritos na sequência:

- TEEP (Produtividade Total Efetiva do Equipamento): Nos postos de trabalho restritivos (gargalos e recursos com restrição de capacidade)
- OEE (Eficácia Global do Equipamento): Nos demais postos de trabalho

Para a MWM a medição da eficácia dos equipamentos é realizada através da OEE, uma vez que os volumes de produção são definidos em sua grande maioria através de contratos e, desta forma, os gargalos acabam sendo o próprio mercado. Sendo assim o aumento da eficiência dos equipamentos não irá resultar diretamente em maior número de motores vendidos, mas sim em redução de custos operacionais, como por exemplo: redução de horas extras, desperdícios, refugos, entre outros. Por este motivo será utilizado basicamente os conceitos de OEE para a fundamentação teórica subsequente.

2.1.1 OEE – Eficácia Global do Equipamento

Podemos definir OEE como sendo um conjunto de métricas que mostram como a capacidade produtiva está sendo utilizada e que fornece resultados que permitem a implantação de mudanças que aumentam a produtividade (BUONAMICI; SEKITO, 2012).

O OEE mede o tempo real de utilização de um equipamento, a eficiência do seu desempenho, ou em outras palavras, identifica se o equipamento está “rodando na sua velocidade máxima”, e por fim, o índice de qualidade deste equipamento ou processo produtivo. De acordo com Nakajima (1989), o OEE é mensurado a partir da estratificação das seis grandes perdas e calculado através do produto dos índices de disponibilidade (ID), performance (IP) e qualidade (IQ), conforme a equação (1) abaixo:

$$\boxed{\text{OEE (\%)} = \text{ID} \times \text{IP} \times \text{IQ}} \quad (1)$$

Ainda conforme Nakajima (1989), os índices para a mensuração da OEE podem ser calculados através das expressões abaixo:

Índice de Disponibilidade (ID): Representa o tempo real de funcionamento de um equipamento. Nakajima (1989) refere-se a este índice também como Índice do Tempo Operacional. Para o cálculo deste índice são consideradas as seguintes perdas:

- Perdas por paradas programadas: são os tempos vagos da máquina, quer decorrentes de programação, manutenção programada ou repouso dos operadores (Nakajima, 1989);
- Perdas por paradas não programadas: Nesta categoria se enquadram as quebras, as falhas, as mudanças de linha, de moldes ou de ferramentas, e outras paradas temporárias (Nakajima, 1989);

A equação (2) refere-se ao índice de disponibilidade (Nakajima, 1989):

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{Tempo Trabalhado} \times 100}{\text{Tempo Disponível}} \quad (2)$$

Sendo:

Tempo Trabalhado = Tempo disponível - paradas programadas - paradas não programadas (horas)

Tempo Disponível = tempo total – tempo fora de turno, por exemplo, sábados e domingos (horas)

Conforme Junico Antunes. et. al. (2012), quando menor for o valor deste índice, maior será o potencial de aumento de utilização do posto de trabalho, pois um valor baixo indica que ocorreram muitas paradas.

Índice de Performance (IP): Conforme Nakajima (1989), o Índice de Performance é composto pelo Índice de Velocidade Operacional, obtido através da relação entre a velocidade teórica e a velocidade real do equipamento, e pelo Tempo Efetivo de Funcionamento, que visa ilustrar a manutenção de uma velocidade constante de trabalho dentro de um ciclo de monitoração.

Em algumas literaturas, o Índice de Performance também pode ser chamado de Índice de Desempenho, sendo que o mesmo responde a seguinte questão: Este equipamento está “rodando na sua velocidade máxima?”.

Este índice pode ser calculado conforme a equação (3) abaixo (Nakajima, 1989);

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Tempo Produtivo Bruto} \times 100}{\text{Tempo trabalhado}} \quad (3)$$

Sendo:

Tempo Produtivo Bruto = Quantidade total produzida (peças) x Tempo standard (horas)

Índice de Qualidade (IQ): Representa o índice de aprovação dos produtos, ou seja, a relação entre a quantidade de peças aprovadas e a quantidade total de peças produzidas em um determinado período de tempo (Nakajima, 1989);

A equação (4) refere-se ao índice de qualidade:

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Tempo Produtivo Líquido}}{\text{Tempo Produtivo Bruto}} \times 100 \quad (4)$$

Sendo:

Tempo Produtivo Líquido = (Quantidade total produzida – quantidade total refugada – quantidade total retrabalhada (peças)) x Tempo standard (horas)

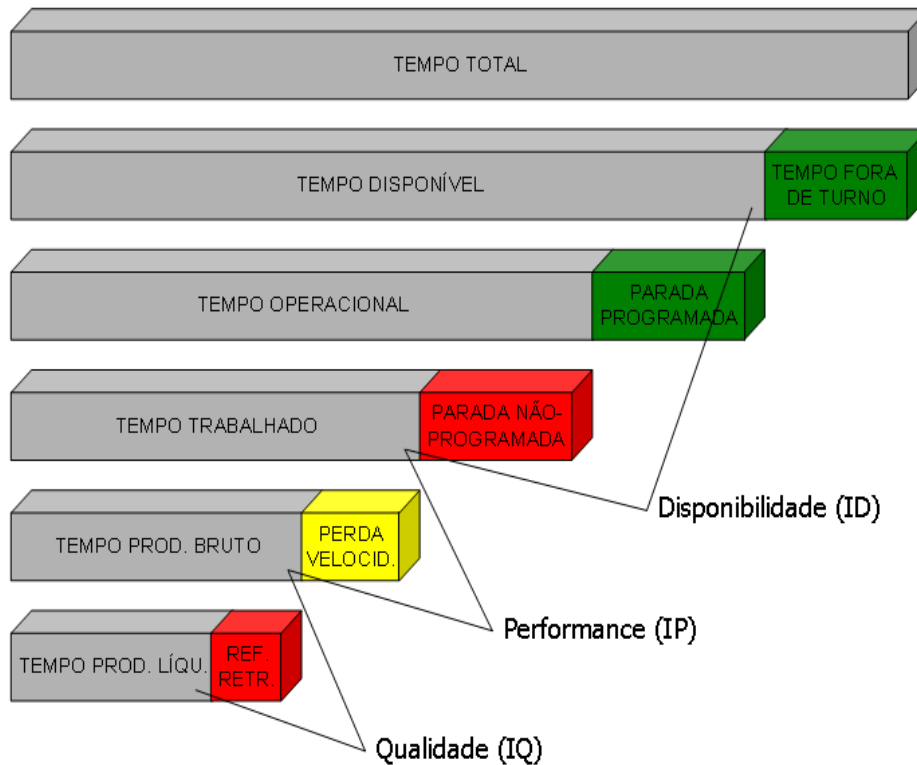
Segundo Nakajima (1989, p. 27), um OEE de 85% deve ser estabelecido como meta ideal para as empresas, sendo que para se obter esse percentual de OEE é necessário que os índices do equipamento ou processo analisado sejam os seguintes: 90% de disponibilidade, 95% de performance e 99% de qualidade.

Um índice de OEE de 85% tornou-se conhecido como “*World Class OEE Level*”, porém conforme Buonamici e Sekito (2012) este valor deve ser apenas uma referência. O estabelecimento das metas de OEE deve levar em conta o ramo de negócios e as próprias características da empresa que está sendo analisada e, desta forma, devem ser factíveis de serem alcançados. Por exemplo, se uma empresa é fabricante de lápis, talvez um índice de qualidade de 95% seja razoável, já se a empresa produz peças para aviões este índice talvez deva ser de 99,99%.

Hansen (2006) por sua vez classificou os índices da OEE conforme abaixo:

- < 65%: Inaceitável. Peça ajuda agora
- 65% - 75%: Aceitável somente se as tendências trimestrais estiverem melhorando
- 75% - 85%: Muito bom; No entanto não fique parado. Continue em direção ao nível classe mundial (>85% para processos em lote e >90% para processos discretos e contínuos. Indústrias de fluxo contínuo devem ter valores da OEE de 95% ou superior).

Figura 1 – Representação gráfica da sistemática de cálculo da OEE



Legenda:

- **Perda Velocid.:** Perda de velocidade;
- **Ref. / Retr. :** Refugo ou retrabalho;

Fonte: Adaptado de Buonamici e Sekito, 2012

2.1.2 TEEP – Produtividade Total Efetiva do Equipamento

A Produtividade Total Efetiva do Equipamento, ou TEEP (Total effective equipment productivity), considera o tempo total disponível para o recurso como sendo o tempo total passível de ser alocado para o equipamento (tempo de calendário), ou seja, não deve ser excluído nenhum tipo de parada programada, nem mesmo as paradas chamadas fora de turno, como, por exemplo, os sábados e domingos. A equação (5) refere-se a este indicador (BUONAMICI; SEKITO, 2012):

$$\text{TEEP (\%)} = \frac{\text{Tempo Disponível}}{\text{Tempo Total}} \times \text{OEE} \quad (5)$$

de Rendimento Operacional Global (IROG), seja através do cálculo da OEE ou da TEEP, permite a obtenção de outros indicadores importantes, como por exemplo, o índice de produtividade. Produtividade é o indicador do chão de fábrica, pois ele descarta as paradas programadas e avalia apenas o período realmente disponível para produção, chamado de tempo operacional (BUONAMICI; SEKITO, 2012).

O índice de produtividade responde a seguinte questão: Como somos produtivos efetivamente quando estamos realmente trabalhando? Este índice pode ser calculado conforme a equação abaixo (6) (Nakajima, 1989):

$$\text{Produtividade (\%)} = \frac{\text{Tempo Trabalhado}}{\text{Tempo Operacional}} \times 100 \quad (6)$$

Sendo:

Tempo Trabalhado = Tempo disponível - paradas programadas - paradas não programadas (horas)

Tempo Operacional = Tempo disponível - paradas programadas (horas)

2.2 A IMPORTÂNCIA DA IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS

A TPM visa maximizar a performance operacional das máquinas. Uma máquina que repentinamente deixa de produzir, uma queda na velocidade de trabalho ou uma peça defeituosa, resultam na condição de desvio que caracteriza uma situação não desejável. Para manter a máquina no seu estado ideal, deve-se considerar o Custo do Ciclo de Vida (*LCC – Life Cycle Cost*), que abrange os custos de aquisição e de operação da máquina. A minimização deverá, portanto, ser na amplitude do LCC, ou seja, um mínimo de despesa e o máximo de resultado. Para que esta isto se torne viável, devem-se eliminar as “seis grandes perdas”, ou seja, as

seis modalidades de prejuízos que acarretam uma performance negativa às máquinas. Estas seis grandes perdas são (NAKAJIMA, 1989):

Perdas por parada:

- I. Perda por parada acidental;
- II. Perda durante a mudança de linha;

Perdas por mudança da velocidade:

- III. Operação em vazio / pequenas paradas;
- IV. Queda da velocidade de trabalho;

Perdas por produtos defeituosos:

- V. Defeito no processo;
- VI. Defeito no início de produção.

Conforme o Sistema Toyota de Produção, ao analisar o mecanismo da função produção sob a ótica de melhorias do processo, identificou-se quatro fenômenos que constituem o fluxo do objeto para a transformação da matéria-prima em produtos: processamento, inspeção, transporte e espera. A partir destes fenômenos foram identificados sete tipos de perdas (SHINGO, 1996):

- I. Perdas por superprodução;
- II. Perdas por transporte;
- III. Perdas no processamento em si;
- IV. Perdas por fabricação de produtos defeituosos;
- V. Perdas no movimento;
- VI. Perdas por espera;
- VII. Perdas no estoque.

Uma interpretação dos conceitos de Taiichi Ohno a respeito das perdas é que os movimentos dos trabalhadores nos sistemas produtivos devem ser idealmente projetados e padronizados no sentido de:

- a) maximizar os trabalhos que adicionam valor;
- b) minimizar o trabalho adicional, e;
- c) eliminar completamente todas as perdas nos sistemas produtivos.

Para Antunes Jr. et. al. (2008, p.264), existe uma clara relação entre as sete perdas propostas por Shingeo Shingo e Taiichi Ohno no Sistema Toyota de Produção (STP) e as seis perdas (ou quebras, como também são chamadas) propostas pelo TPM. É possível perceber as seis quebras propostas pela TPM como um aprofundamento necessário das sete perdas do STP no que tange à questão específica da influencia da gestão operacional das maquinas sobre o STP. De uma forma geral, a TPM somente não contribui diretamente para a redução das perdas por transporte e no movimento dos trabalhadores, sendo que todas as outras perdas sugeridas pelo Sistema Toyota de Produção são reduzidas ou eliminadas com a aplicação do TPM (ANTUNES Jr. et al., 2008).

A classificação dos motivos de parada entre: (a) Programadas, (b) Não Programadas e (c) Fora de Turno, conforme detalhado na figura 2 e na tabela 1, determinará quais perdas fazem parte do indicador de produtividade e quais fazem parte do indicador de OEE (BUONAMICI; SEKITO, 2012).

Figura 2 – Representação gráfica dos influenciadores para cada tipo de parada



Fonte: Adaptado de Buonamici e Sekito, 2012

Tabela 1 – Entendendo os influenciadores para cada tipo de parada

Conjunto	Classificação da parada	Influenciador	Descritivo
Estratégicos	Fora de Turno	Tempo de Carga Políticas de Jornada de Trabalho	As paradas fora de turno são, em geral, aquelas que pertencem ao período de desligamento, por exemplo: - Quando a máquina para em horários de refeição e esta não faz parte da jornada de trabalho dos funcionários - Férias e feriados - Finais de semana
Indiretos	Programado	Engenharia Industrial	Modificações físicas no processo durante o tempo disponível, como: - Alteração de layout - Instalação de dispositivo
		Ambiente, Saúde e Segurança	- Ginástica laboral - Limpeza do posto de trabalho
		Manutenção preventiva	Programação de manutenção preventiva ou preditiva, durante o tempo disponível
		Marketing, Vendas	- Falta de programação. Não existe serviço a ser executado. Neste caso pode estar relacionado a desbalanceamento e não necessariamente a marketing ou vendas - Produção de amostras - Testes de novos produtos

		Educação Programada	Treinamentos que de forma programada são executados durante o tempo disponível e param a máquina para tanto.
Diretos	Não programado	Operação	Em geral é o grupo mais abrangente. Está relacionado a problemas operacionais tais como: - Setup - Ajuste - Pequenas paradas - Aguardando instrução da chefia - Reuniões (bom dia, acompanhamento)
		Compras	- Falta de matéria prima
		Qualidade	- Aguardando inspetor - Realizando inspeção
		PCP	- Falta de ordem de produção. Existe carga, mas há indefinição do que fazer - Falta de alimentação. Existe carga, mas o processo anterior não concluiu a produção
		Movimentação de Materiais	Corresponde a paradas motivadas por questões de logística interna: - Aguardando materiais. O material está em casa, mas ainda não chegou na máquina - Falta de empilhadeira
		Manutenção corretiva	Toda e qualquer parada relacionada à quebra ou possível quebra, exemplos: - Manutenção mecânica - Manutenção elétrica

Fonte: Adaptado de Buonamici e Sekito, 2012

Desta forma, a identificação das perdas é, sem dúvida, a atividade mais importante no processo de cálculo da OEE, porém em muitas empresas o registro destes dados são extremamente precários e não parecem ser confiáveis (Nakajima, 1989). A limitação das empresas em identificar suas perdas impede que se atue no restabelecimento das condições originais dos equipamentos e, desta forma, se alcance a máxima eficiência, conforme estabelecido e projetado no momento de dimensionamento e aquisição do equipamento.

Mais importante do que calcular o OEE é conhecer quais os motivos de cada uma das categorias de perdas e classificá-las para permitir priorizar as ações de redução (BUONAMICI; SEKITO, 2012). Para Hansen (2006), tão importante quanto identificar as perdas é classificá-las. O objetivo dessas classificações é apresentar detalhes suficientes para que se possa priorizar e identificar as áreas com maiores oportunidades e formar base para uma análise detalhada das perdas.

Ainda no campo dos conceitos, é possível afirmar que a minimização do trabalho adicional deve significar, em longo prazo, a sua possível eliminação (ANTUNES Jr. et al., 2008).

2.3 O CÁLCULO DA OEE NOS GARGALOS E/OU CCR'S

Um dos pontos centrais para aprofundar o entendimento do comportamento de um processo, segundo Antunes Jr. et al. (2008), consiste em diferenciar dois tipos de recursos que restringem os fluxos de materiais dos sistemas produtivos e, portanto, o desempenho econômico-financeiro da empresa de maneira global: os gargalos e os recursos com capacidade restrita (*CCR's - Capacity Constraint Resources*).

Os gargalos se constituem nos recursos cuja capacidade disponível é menor do que a capacidade necessária para atender às ordens demandadas pelo mercado. Caso existam vários recursos que possuem capacidade inferior à sua demanda, o gargalo principal será aquele recurso que se encontra com valores de déficit de capacidade mais negativos. Já os CCR's são aqueles recursos que, em média, tem capacidade superior à necessária, mas que em função das variabilidades que ocorrem nos sistemas produtivos ou devido a variações significativas da demanda, podem conjuntamente apresentar restrições de capacidade (ANTUNES Jr. et al., 2008).

Uma discussão crítica, proposta por Antunes Jr. et al. (2008) é de que se deve focar as melhorias somente nas restrições do sistema. Sendo assim, o monitoramento do IROG não deverá ser utilizado em todas as máquinas, e sim nas máquinas críticas, ou seja, os gargalos e os CCR's, ou ainda nos recursos que apresentam problemas relacionados com qualidade, geração de refugos e retrabalhos. Desta forma, ações que melhoram o indicador local de eficácia global do equipamento terão como consequência a manutenção e/ou melhoria do ganho e a redução das despesas operacionais e dos investimentos.

Antunes Jr. et al. (2008) também destaca a importância de estabelecermos corretamente o tempo total disponível para realizar a produção no equipamento,

uma vez que este é um dos principais fatores para o cálculo do IROG. Nos postos de trabalho restritivos (gargalos e CCR's) o IROG deve assumir o conceito de TEEP e, neste caso, o tempo total disponível para produção deve corresponder ao tempo de calendário, não se admitindo nenhuma parada programada. Isto significa que o ideal seria considerar as 24h diárias disponíveis, durante 7 dias por semana, uma vez é claro, que a demanda do mercado justifique isto. Já para o cálculo do IROG nos demais postos de trabalho, deve-se utilizar o conceito da OEE e, neste caso o tempo total disponível corresponde ao tempo de calendário subtraído do tempo total de paradas programadas (JUNICO ANTUNES et al., 2012).

Para Hansen (2006), a OEE deve primeiramente ser aplicada nos gargalos que afetam o ganho ou em qualquer outra área crucial e dispendiosa da linha de manufatura. A OEE é benéfica para todas as etapas do processo, no entanto, as etapas não gargalo devem ser subordinadas às etapas gargalo. Um teste apropriado proposto por Hansen (2006) consiste em perguntar “se a efetividade desta etapa de transformação for melhorada, o resultado será impactado significativamente?”. Se a resposta for sim, vale a pena concentrar esforços nessa etapa para obter o valor real da OEE e realizar melhorias.

Conforme Hansen (2006), muitas vezes a gerencia está especialmente interessada em como os ativos-chave da fábrica são utilizados em relação ao tempo calendário, neste caso os valores da TEEP podem ser utilizados para avaliar o potencial de capacidade de qualquer instalação industrial. A TEEP pode ser um bom indicador da capacidade que ainda está disponível em um ativo existente.

Sob o prisma conceitual, a OEE mensura a eficácia da utilização do equipamento no tempo requisitado ou programado para a produção. Para estes recursos, a idéia de melhorar a OEE pode, em certas circunstâncias, reduzir os custos globais envolvidos no processo (por exemplo, como o aumento da OEE pode-se tornar possível a redução dos turnos necessários para produção, com os benefícios econômicos daí advindos, como a redução das despesas operacionais). Além disto, o incremento da OEE é essencial para aumentar a capacidade da fábrica, o que permitirá: (a) atender aos acréscimos de demanda sem que seja necessária a aquisição de novos equipamentos; (b) fornecer maior flexibilidade para produção, na medida em que é possível aumentar o número de preparações e, conseqüentemente, reduzir o tamanho dos lotes (ANTUNES Jr. et al., 2008).

Mesmo em áreas nas quais ainda não foi utilizada toda a capacidade, podem ser obtidos resultados significativos pela melhoria da efetividade das atividades não produtivas. Um destes resultados é a capacidade de responder rapidamente ao aumento da programação de produção não prevista (HANSEN, 2006).

2.4 CAPACIDADE X DEMANDA DOS RECURSOS PRODUTIVOS

Uma das questões essenciais para calcular a eficiência de um equipamento refere-se à determinação, com a mínima margem de erro possível, da capacidade de produção. Segundo Antunes Jr. et al. (2008), as lógicas adotadas na maioria das empresas tem pouco rigor científico, na medida em que, na maioria das vezes, não consideram as reais eficiências dos equipamentos. Outro problema daí derivado está relacionado à determinação dos chamados gargalos ou CCR's, pois neste caso, deve-se ir além de visões simplistas as quais os gargalos seriam: (a) a operação com maior dificuldade; (b) a operação mais lenta; (c) a operação com maior estoque antes da mesma, entre outros equívocos muitas vezes identificados.

A capacidade grosseira de um recurso é obtida pela multiplicação de sua capacidade nominal (medida em tempo) pelo índice de eficácia global do equipamento (OEE) calculado para este recurso. Já as demandas dos produtos nos recursos produtivos podem ser calculadas através da multiplicação da taxa de processamento unitária (tempo de ciclo) pela quantidade obtida através das provisões de venda e/ou pedidos efetuados pelos clientes (ANTUNES Jr. et al., 2008).

Considerando-se o aumento da oferta, ou seja, do aumento da capacidade, Antunes Jr. et al. (2008) apresenta dois tipos de ações gerais que podem ser utilizados: (a) aumento do tempo total, através da compra de novas máquinas, ou contratação de novos trabalhadores, horas extras, adição de turnos de trabalho ou até mesmo a utilização de equipamentos alternativos já existentes na planta para produzir peças ou operações realizadas pelo gargalo. (b) aumento da OEE ou então TEEP, no caso dos gargalos. Já para redução da demanda dos produtos nos recursos produtivos, também podemos efetivar dois tipos de ações, a saber: (a)

redução do tempo de ciclo e/ou (b) redução das quantidades de produtos que passam pelo recurso.

2.5 CAPABILIDADE DE PROCESSO

Para controlar a qualidade de um processo, é fundamental avaliar se o mesmo é capaz de atender às especificações estabelecidas. É esta avaliação que constitui a análise da capacidade do processo, que é medida através da relação entre a variabilidade natural do processo em relação à variabilidade que é permitida a esse processo, dada pelos limites de especificação (MONTGOMERY, 1997).

Conforme Montgomery (1997), quatro são os índices de capacidade para dados normalmente distribuídos, sendo eles: Cp, Cpk, Cpm e Cpmk. Abaixo estão detalhados os índices Cp e Cpk, que serão utilizados neste estudo de caso para avaliar os indicadores da OEE em duas linhas de montagem.

2.5.1 Índice Cp e Cpk

O índice Cp, chamado de índice de capacidade potencial do processo, compara a capacidade do processo com a variação máxima permitida (tolerância). Este índice oferece uma medida de como o processo atenderá as necessidades de variabilidade (MONTGOMERY, 1997):

$Cp = (LSE - LIE) / 6\sigma$, onde:

- LSE: Limite Superior de Especificação;
- LIE: Limite Inferior de Especificação;
- σ : Desvio padrão do processo.

O índice Cp relaciona a variabilidade permitida ao processo (especificada no projeto) com a variabilidade natural do processo, e com isso tem-se que quanto maior for o valor de Cp, maior será a capacidade do processo em satisfazer às especificações, desde que a média esteja centrada no valor nominal. Uma regra prática, conforme Montgomery (1997), para analisar este índice é definir três intervalos de referência, mostrados abaixo:

- $C_p < 1$ - Processo incapaz
- $1 \leq C_p \leq 1,33$ - Processo aceitável ou relativamente capaz
- $C_p \geq 1,33$ - Processo potencialmente capaz

Porém, o índice Cp, não considera a localização do processo em relação às tolerâncias especificadas, estando embasado apenas na relação entre a amplitude do intervalo de especificação e da variabilidade natural do processo para o seu cálculo. Como consequência disto, para um determinado valor de Cp pode-se ter qualquer percentual de itens fora das especificações, dependendo apenas de onde está localizada a média do processo.

Como na prática nem sempre o processo está centrado no valor nominal da especificação, o uso do índice Cp pode levar a conclusões erradas. Sendo assim a capacidade real do processo é geralmente definida pelo índice Cpk, que leva em consideração a localização do processo e pode ser calculado através da equação abaixo (MONTGOMERY, 1997):

$C_{pk} = \text{Mínimo} [(LSE - \mu / 3 \sigma), (\mu - LIE / 3 \sigma)]$, onde:

- LSE: Limite Superior de Especificação;
- LIE: Limite Inferior de Especificação;
- σ : Desvio padrão do processo;
- μ : Média do processo.

Se o processo estiver centrado no valor nominal de especificação, $C_p = C_{pk}$. Então, caso C_p seja diferente de C_{pk} , sabe-se que o processo está descentrado, isto é, que a média não coincide com o valor nominal das especificações. As interpretações do índice C_{pk} podem ser feitas pela regra mostrada para o índice C_p , já que a análise da capacidade do processo é feita usando-se estes dois índices em conjunto (MONTGOMERY, 1997).

3 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A metodologia empregada neste trabalho classifica-se quanto ao método em pesquisa qualitativa e quanto à estratégia em estudo de caso.

Segundo Richardson (1999), em sentido genérico, método em pesquisa significa a escolha de procedimentos sistemáticos para a descrição e explicação de fenômenos. Sendo assim, o trabalho de pesquisa deve ser planejado e executado de acordo com normas requeridas por cada método de investigação; Ainda segundo Richardson, podemos dizer que há dois grandes métodos: o quantitativo e o qualitativo. Faz-se necessário enfatizar que o método precisa estar apropriado ao tipo de estudo que se deseja realizar, mas é a natureza do problema ou seu nível de aprofundamento que, de fato, determina a escolha do método.

O método quantitativo caracteriza-se pelo emprego da quantificação, tanto na coleta de informações quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas. Por outro lado, o método qualitativo difere, em princípio, do quantitativo à medida que não emprega um instrumento estatístico como base do processo de análise de um problema. Não pretende assim numerar ou medir unidades ou categorias homogêneas (RICHARDSON, 1999).

Ainda conforme Richardson (1999), a abordagem qualitativa de um problema, justifica-se, sobretudo, por ser uma forma adequada para entender a natureza de um fenômeno. Podemos afirmar que, em geral, as investigações que se voltam para uma análise qualitativa têm como objeto, situações complexas ou estritamente particulares. A pesquisa qualitativa pode ser caracterizada como a tentativa de uma compreensão detalhada dos significados e características situacionais apresentadas pelos entrevistados, em lugar da produção de medidas quantitativas de características ou comportamentos.

Quanto à estratégia, o estudo de caso se mostrou mais indicado, pois consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa adequada ao delineamento proposto (GIL, 1999).

De acordo com Gil (1999, p. 73), o estudo de caso vem sendo utilizado com frequência cada vez maior pelos pesquisadores sociais, visto servir a pesquisas com diferentes propósitos, tais como:

- a) explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos;
- b) descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação, como é o caso desta pesquisa, e
- c) explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos.

O estudo de caso que será apresentado no próximo capítulo foi realizado em uma empresa fabricante de motores diesel, mais especificamente na empresa MWM International, nas unidades de Canoas-RS e São Paulo-SP e utilizará em alguns momentos métodos estatísticos para avaliação dos indicadores analisados. Apesar disto esta pesquisa está sendo considerada qualitativa, uma vez que estes são dados já existentes na empresa em questão e a utilização de métodos estatísticos visa apenas gerar uma forma de comparação entre os indicadores medidos nas diferentes linhas de montagem.

3.2 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram realizadas as seguintes técnicas para coleta de dados:

- Entrevistas informais e focalizadas
- Observação participante natural
- Textos e Documentos

Conforme Gil (1999) pode-se definir entrevista como a técnica em que o investigador se apresenta ao investigado e lhe formula perguntas como o objetivo de obtenção dos dados que lhe interessam à investigação. A entrevista é a mais flexível de todas as técnicas de coleta de dados, daí porque podem ser definidos diferentes

tipos de entrevista, em função do seu nível de estruturação. Para o desenvolvimento deste trabalho serão utilizados basicamente dois tipos de entrevista, que são as entrevistas informais, cujo objetivo é puramente a coleta de dados e obtenção de uma visão geral do problema pesquisado e a entrevista focalizada, que busca o enfoque e aprofundamento em um tema específico. No anexo 2 estão listadas algumas das principais perguntas realizadas nas entrevistas.

A observação participante é a técnica pela qual se chega ao conhecimento da vida de um grupo a partir do interior dele mesmo. Neste caso o observador assume, pelo menos até certo ponto, o papel de um membro do grupo. Este tipo de observação pode assumir duas formas distintas: (a) natural, que é quando o observador pertence ao mesmo grupo que investiga, que é o caso desta pesquisa, uma vez que o pesquisador trabalha na empresa em questão; e (b) artificial, quando o observador se integra ao grupo exclusivamente como objetivo de realizar a investigação (GIL, 1999).

Todos os textos e documentos analisados para o desenvolvimento deste estudo de caso estavam disponíveis para consulta de qualquer funcionário da empresa através de um portal na intranet ou mesmo fisicamente nas linhas de produção, como por exemplo: Índices de Eficiência (OEE) das linhas de montagem, gráficos com tempos e motivos de paradas de linha, folhas de processo, entre outros.

3.3 PARTICIPANTES DAS ENTREVISTAS

Participaram desta pesquisa os funcionários do setor chamado Sistemas de Manufatura, setor este responsável, entre outras coisas, pela implantação e manutenção do indicador de eficiência global de equipamentos (OEE) como ferramenta para gestão dos recursos de manufatura e gerenciamento da produtividade na empresa em questão. A pesquisa foi realizada em São Paulo, com o supervisor da área é também com um técnico de manufatura e em Canoas com um especialista de manufatura. Todas as pessoas entrevistadas são pessoas que trabalham diariamente com este processo e também participaram diretamente da sua implantação.

3.4 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi utilizada a técnica de análise de conteúdo para análise dos dados coletados.

A análise de conteúdo desenvolve-se em três fases: (a) pré-análise, que é a fase de organização do material e escolha e preparação do material que será analisado; (b) exploração do material coletado, que, geralmente, é uma fase longa e que tem por objetivo administrar sistematicamente as decisões tomadas na pré-análise; e (c) tratamento dos dados, interferência e interpretação, que, por fim objetivam tornar os dados válidos e significativos (GIL, 1999).

3.5 DELIMITAÇÕES DO MÉTODO E ESTUDO

O presente estudo de caso e todas as análises que serão apresentadas no próximo capítulo não permitem uma generalização, por serem restritas à empresa em questão, neste tempo.

4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será apresentado o estudo de caso realizado na empresa MWM International, no período de junho a dezembro de 2012. O presente estudo de caso refere-se à análise e proposta de uma melhor forma de utilização do indicador de Eficácia Global do Equipamento (OEE) como ferramenta para medição da eficiência e gestão dos recursos de manufatura nas linhas de montagem.

Primeiramente será feita uma pequena apresentação da empresa e da sua história. Logo depois será apresentada a utilização da OEE para medição da eficiência nas linhas de montagem de motores. Por fim serão apresentados e analisados os indicadores de duas linhas de montagem de motores, sendo uma linha de Canoas-RS e outra linha de Santo Amaro-SP, e a partir desta análise serão propostas algumas oportunidades de melhoria, visando aumentar a eficiência e melhorar a forma de utilização do indicador de Eficácia Global do Equipamento (OEE) na gestão dos recursos de manufatura da empresa em questão.

4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A MWM INTERNATIONAL Motores, afiliada do grupo norte-americano Navistar Engine Group - um dos principais fabricantes de motores diesel do mundo - é líder em tecnologia e desenvolvimento de motores diesel da América Latina com 30% de market share. Com mais de 3,8 milhões de motores produzidos em 59 anos de história, conta com uma completa linha de motores da mais avançada tecnologia - de 2,5 a 13 litros e de 50 a 428 cv de potência - que cumprem as mais rígidas normas de emissões de poluentes. Os produtos da companhia atendem, de forma competitiva, diversos mercados dos segmentos veicular, agrícola, industrial e marítimo (<<http://www.mwm.com.br/site.aspx/A-Empresa>>).

A companhia possui três unidades industriais instaladas no Mercosul: Santo Amaro (SP), Canoas (RS) e Jesus Maria (em Córdoba, na Argentina) e conta com cerca de 4 mil colaboradores. Além disso, mantém um Centro de Criação e Desenvolvimento de Motores no Brasil, localizado em São Paulo, com 315

engenheiros que respondem pela plataforma de motores desenvolvidos no país. Estrategicamente instalada no Mercosul, a MWM INTERNATIONAL tem como objetivo atender os clientes da região e trabalhar como base para exportação de produtos para todo o mundo. Hoje a empresa exporta para mais de 30 países, na América do Sul, América do Norte, América Central, Europa, Ásia, África e Oceania (<<http://www.mwm.com.br/site.aspx/Locais-das-Instalacoes>>).

4.1.1 Um pouco da história da MWM-INTERNATIONAL

Em 1953, a MWM instalou-se no Brasil, como MWM Motores Diesel SA. Inicialmente, os sócios eram a WMF (empresa alemã com operações no Brasil), a MWM da Alemanha e o grupo Knorr-Bremse AG. Um ano depois, a MWM deu início a um projeto para fabricar motores da série KD12, vendido para uso industrial, agrícola e marítimo.

Em 1976, a MWM Motores Diesel SA se transformou em MWM Motores Diesel Ltda. Com as vendas em alta, a empresa apresentou grande crescimento, principalmente por conta dos novos clientes: a Ford e a VW Caminhões.

Em 1986 houve mudanças na estrutura do grupo. A Knorr-Bremse vendeu todas as divisões de motores MWM da Europa e EUA, mantendo apenas a unidade brasileira.

Em 1993 a MWM atingiu um total de 800 mil motores produzidos. Em 1997, a MWM passou a equipar a linha de utilitários LT2 da Volkswagen alemã com o motor Sprint de última geração. Estas vendas constituíram as primeiras exportações de peso da empresa. No ano seguinte, a MWM comemorou a produção de 1 milhão de motores no Brasil.

A MWM iniciou o novo século com a estruturação de sua rede de serviços, denominada Sprint Service, e atingiu a participação de mercado de 30% dos veículos Diesel equipados com motores da marca no Mercosul. Em 2005, a MWM INTERNATIONAL nasceu do acordo firmado pela International Engines South América, subsidiária da norte-americana Navistar International Corporation. Atualmente, os motores MWM INTERNATIONAL são considerados estados da arte

e se encontram à frente da legislação brasileira no que se refere a emissões de gases e ruídos, pois atendem às normas mais exigentes da legislação europeia (<<http://www.mwm.com.br/site.aspx/Linha-do-Tempo>>).

O ano de 2012, conforme já citado ao longo deste trabalho, marca uma redução significativa do volume de venda de motores em função da nova legislação de emissões de poluentes, a reestruturação das áreas e do quadro de funcionários e principalmente a quebra do contrato de manufatura de caminhões Navistar com a Agrale S.A e o início da montagem dos caminhões com recursos próprios na unidade de Canoas.

4.2 A MEDIÇÃO DA EFICÁCIA NAS LINHAS DE MONTAGEM

A necessidade de reduzir perdas no processo produtivo e, por consequência, melhorar a utilização dos recursos disponíveis, levou a MWM a buscar em outras empresas e até mesmo nas literaturas, indicadores que pudessem suprir esta demanda e ao mesmo tempo serem utilizados como ferramentas de gestão. Esta tarefa foi atribuída ao setor chamado Sistemas de Manufatura, responsável pelo controle dos indicadores de produção.

Dentre os indicadores analisados, destacaram-se os seguintes: BTS (Build To Schedule), que é um indicador que verifica a capacidade de produzir o que foi planejado nos volumes certos, no momento certo e no mix que foi previamente definido; FTT (First Time Through), que é um indicador que identifica a capacidade de se fazer certo da primeira vez; DTD (Dock to Dock), que mede o tempo necessário para um produto percorrer todas as etapas do processo produtivo e por fim o OEE, que acabou sendo o indicador escolhido, conforme relatado pelo supervisor de Sistemas de Manufatura, por ser, no entendimento daqueles que os analisaram, o mais completo e, portanto, o mais indicado para suprir as necessidades encontradas na empresa, uma vez que ele relaciona índices de disponibilidade, performance e qualidade.

Este processo de análise e escolha do indicador ocorreu à aproximadamente três anos atrás na planta da MWM em Santo Amaro, SP e, desde lá, a empresa vem medindo a OEE dos principais recursos de manufatura.

Inicialmente, a determinação da OEE era baseada em uma coleta de dados feita manualmente, realizada com formulários impressos que eram preenchidos pelos operadores dos equipamentos e posteriormente digitados em uma planilha, gerando assim as informações necessárias. Conforme relatado pelo supervisor de Sistemas de Manufatura, logo se percebeu uma série de problemas neste processo, principalmente em função de imprecisões nos valores apontados, fazendo com que ajustes e conferências fossem constantes, mascarando muitas vezes o valor real da eficácia dos equipamentos e principalmente, desviando o foco da análise das ações necessárias para melhoria do indicador para a correção dos apontamentos. A solução foi automatizar o processo de coleta de dados, conforme será apresentado no próximo item.

4.2.1 Medição automática da OEE

Medir automaticamente a OEE significa implantar um sistema de coleta de dados que obtenha diretamente do chão de fábrica eventos e informações que permitam calcular os indicadores e estratificar as perdas. O que se deseja é no mínimo terminar o turno e imediatamente saber qual foi a OEE do mesmo e a estratificação das principais perdas de produção.

Conforme Buonamici e Sekito (2012), medir automaticamente significa em linhas gerais:

- Permitir que o operador interaja com o sistema para:
 - Informar o que está sendo produzido (troca de ordem ou de produto);
 - Apontar motivos de parada;
 - Apontar de forma acurada quantidades produzidas e refugadas com o uso ou não de código de barras;
- Coletar sinais de sensores ou de CLP's dos equipamentos e obter automaticamente:
 - Quantidade produzida;
 - Tempo de parada;

- Tempo trabalhando;
- Quantidade refugada;
- Conectar através de sistemas supervisórios todas as informações acima e, até mesmo automaticamente, os motivos de parada.

A implantação de um sistema de medição automatizado da OEE iniciou primeiramente na planta da MWM em Santo Amaro – SP há cerca de dois anos atrás e atualmente abrange as duas linhas de montagem de motores e as principais linhas de usinagem localizadas nesta unidade. Já em Canoas, o processo de automatização foi iniciado no ano de 2012 e teve como piloto duas das três linhas de montagem de motores e uma linha de usinagem de cabeçotes.

O sistema de gerenciamento de produção utilizado pela MWM chama-se PCP MASTER e é composto de um software, que contém os dados e instruções a ele associados, e os hardwares, que são os chamados coletores de dados, existentes em cada um dos equipamentos e que ficam sob controle dos operadores. Estes coletores são ligados diretamente ao CLP dos equipamentos, monitorando-os 24 horas por dia e identificando todas as paradas e micro-paradas existentes.

Os resultados da OEE são disponibilizados em tempo real e podem ser acessados de qualquer computador através da intranet da empresa. Nas áreas fabris, além do acesso via intranet, em cada linha de produção há um monitor (figura 3) informando, também em tempo real, os resultados medidos naquele setor.

A medição automática do OEE permite também a utilização destas informações nas áreas de apoio, como por exemplo, a área de manutenção. Sempre que uma das linhas de produção estiver parada, e o motivo apontado pelo operador no coletor de dados for manutenção, automaticamente esta informação é disponibilizada neste setor, através de um monitor estrategicamente posicionado nas oficinas.

A identificação dos motivos das paradas no coletor de dados também aciona um mecanismo de controle visual de paradas nos postos considerados gargalos (Figura 4). Esta informação é importante, pois garante a atenção adequada das equipes nos pontos críticos para a produtividade da área.

Figura 3 – Gestão visual do indicador OEE



Fonte: Acervo MWM, 2012

Figura 4 – Gestão visual das paradas



Fonte: Acervo MWM, 2012

4.2.2 Medição da OEE nas linhas de montagem

As linhas de montagem de motores diesel são compostas por um conjunto de equipamentos, dispositivos e ferramentas, divididos em postos (ou estações) de montagem. Podemos dizer que existe nestas linhas um mix de diferentes tipos de recursos, desde ferramentas essencialmente manuais até recursos totalmente automatizados, que convivem de forma harmoniosa como se fosse um equipamento único. Todos estes recursos estão conectados uns aos outros através de um software supervisor, que armazena todos os dados de cada equipamento, os torques reais aplicados em cada motor, as rastreabilidades de componentes, os trancamentos entre as operações de cada posto, os poka yokes, entre outras funções.

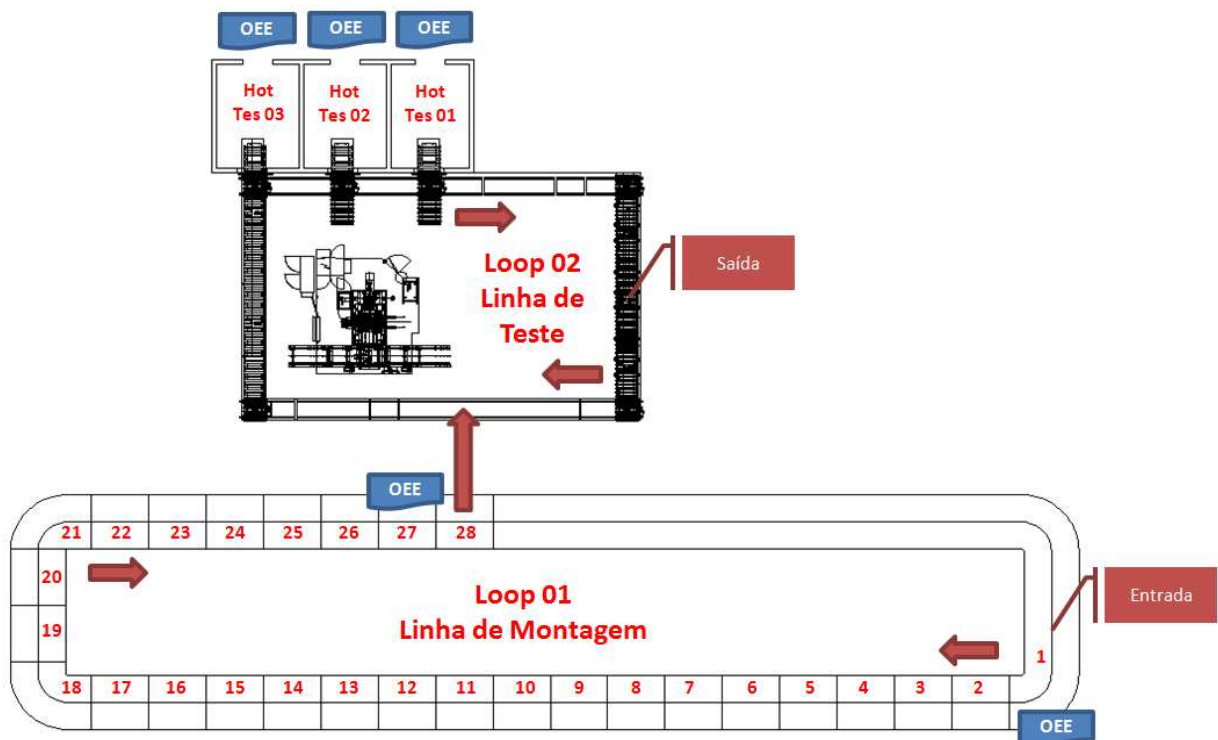
Outra consideração importante a ser feita para entendimento do funcionamento das linhas de montagem e, por consequência, como é feita a medição da OEE é de que as linhas, tanto em Santo Amaro-SP quanto em Canoas-RS são divididas em dois loops distintos, sendo que a OEE da linha é obtida através de uma média simples destes dois loops. No loop um é feito, basicamente, a montagem de todos os componentes do motor e no loop dois, são feitos os testes de funcionamento do motor, onde o mesmo é literalmente ligado e entra em um ciclo de testes chamado teste a quente, ou hot test, como é mundialmente conhecido. Além disto, no loop dois (ou em alguns casos em um terceiro loop) são feitas também algumas operações de acabamento final do motor, como montagem de embreagem, ventilador, e também identificação e tamponamentos para transporte, entre outras. Em alguns casos, dependendo do conceito de layout da planta, o loop dois é comum para duas ou mais linhas de montagem, como é o caso da unidade de Santo Amaro-SP.

A necessidade de dividir a montagem e teste em loops diferentes é em função do takt time destas operações. No loop um, em média, nas linhas de montagem analisadas neste estudo de caso, tem-se um takt time de 5 minutos, ou seja, a cada 5 minutos um motor é montado; Já o ciclo de hot test, tem um tempo maior, que pode variar de 10 a 20 minutos dependendo do tipo de motor, fazendo portanto necessário um takt time diferente para o segundo loop e a necessidade de mais do que uma estação de hot test em cada linha de montagem. Em Canoas-RS, por

exemplo, em uma das linhas de montagem, o loop dois trabalha em três turnos, enquanto que o loop um trabalha em apenas dois.

A figura 5 ilustra uma das linhas de montagem de Canoas-RS, exemplificando o conceito dos loops e também apresentando os locais onde existem coletores de dados para medição da OEE. Podemos verificar que no loop um, existe um coletor de dados na entrada da linha e outro no último posto. Já no loop dois, existe um coletor em cada uma das estações de hot test, que neste exemplo, são três. Portanto o OEE da linha de montagem é calculado através de uma média simples de todos estes cinco coletores. Além disto, existem também outros coletores de dados espalhados ao longo da linha, porém somente com a função de registro de motivos de parada.

Figura 5 – Layout esquemática da linha de montagem e dos pontos de coleta do OEE



Fonte: Autor

4.3 ANÁLISE DOS ÍNDICES DE OEE NAS LINHAS DE MONTAGEM

Um índice de rendimento operacional de 85% é suficiente para encher de orgulho qualquer diretor de produção. O único problema que reside nesta afirmação é o critério utilizado para este cálculo, pois não existe uma padronização de procedimentos entre as diversas empresas para se chegar a este valor. Em muitos casos, o rendimento operacional parece exprimir unicamente o “tempo disponível de máquina” ou o “índice do tempo operacional”, o que é insuficiente, pois não retrata as perdas decorrentes da queda de velocidade operacional, ou mesmo os defeitos presentes no processo. Além disto, em muitas empresas o registro dos dados é precário e muitas vezes não confiável, o que torna ainda mais difícil a análise e detecção das diversas formas de perdas (NAKAJIMA, 1989).

Conforme já citado anteriormente no primeiro capítulo deste trabalho, através do cálculo e monitoramento contínuo da eficiência produtiva dos recursos, pode-se ter conhecimento das reais eficiências do sistema de produção, com o objetivo de elaborar planos de ação e soluções para aumentar a eficácia da utilização dos ativos industriais, no entanto esse monitoramento precisa ser claro e objetivo, evitando o uso de critérios subjetivos para a gestão dos recursos (ANTUNES Jr. et al., 2008).

Desta forma, a proposta apresentada neste estudo de caso é analisar os índices de eficiência global de equipamentos (OEE) de duas linhas distintas de montagem de motores, sendo uma linha de Canoas-RS e outra linha da Santo Amaro-SP, comparando os índices coletados através do cálculo da capacidade, ou seja, será avaliada a capacidade de cada uma das linhas de montagem de montar motores dentro da faixa de eficiência especificada pela empresa. A partir desta comparação e análise dos indicadores, serão propostas ações para melhoria dos índices e otimização da utilização deste indicador como forma de gestão dos recursos de manufatura. O software utilizado para processar os dados e gerar os gráficos que serão apresentados foi o Minitab, versão 15.1.0.0.

Utilizou-se dois critérios para escolha das linhas de montagem analisadas. O primeiro foi a localização e por este motivo foram escolhidas uma linha de SP e outra do RS, proporcionando assim a comparação entre duas unidades distintas da empresa, no que se refere a gestão da OEE. O segundo critério foi o tempo de

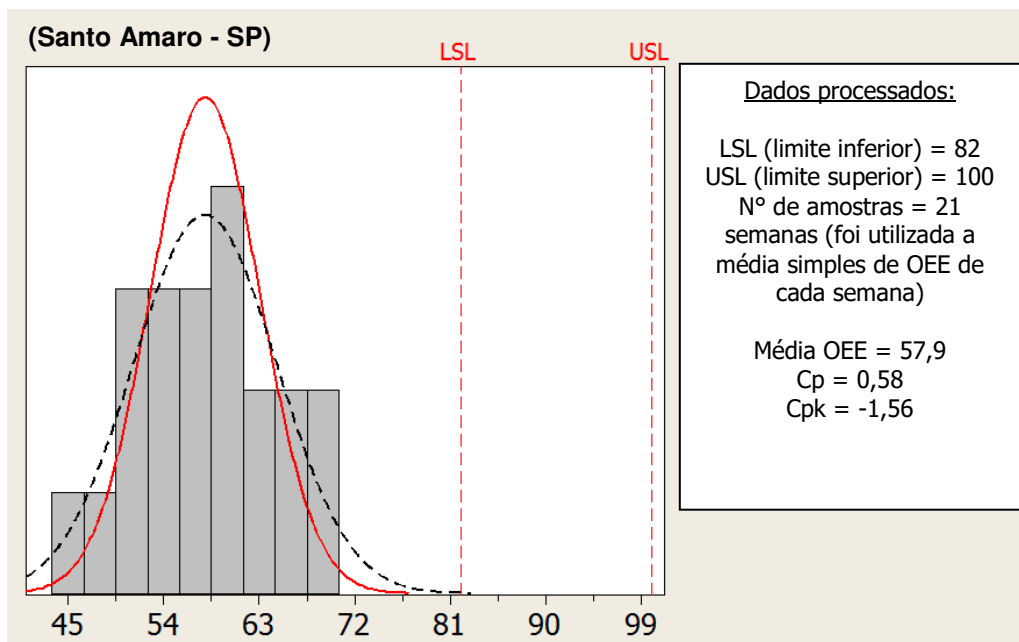
medição da OEE, desta forma foi escolhida a linha de montagem com mais tempo de medição da OEE, neste caso a linha de Santo Amaro-SP e a linha onde a medição da OEE é mais recente, neste caso em Canoas-RS, proporcionando assim a oportunidade de comparar uma linha onde a medição da OEE já está supostamente consolidada com uma linha onde o processo está iniciando.

Antes de apresentar os resultados medidos, é importante destacar que o índice de eficiência determinado pela MWM desde o início do processo de implantação da OEE é de 85%. Como tolerância mínima, necessária para possibilitar o cálculo da capacidade, determinou-se o valor de 82%, que é o limite mínimo de produtividade estabelecido pela empresa para conceder integralmente a participação nos lucros e resultados para os funcionários (PLR).

É importante citar mais uma vez que a utilização de métodos estatísticos para avaliação dos resultados da OEE visa apenas gerar uma forma de comparação entre os valores medidos nas diferentes linhas de montagem, possibilitando desta forma verificar qual linha apresenta o melhor índice, qual a evolução dos valores medidos ao longo do tempo e também avaliar o quão distantes estão os resultados alcançados da meta estabelecida pela empresa, portanto, não é objetivo deste trabalho aprofundar este tema ou utilizá-lo para análise dos problemas ou soluções apresentadas. Sendo assim, conforme já detalhado no capítulo anterior, esta pesquisa está sendo considerada qualitativa.

A primeira linha que será apresentada é a linha de montagem denominada neste estudo de caso simplesmente como linha de montagem de Santo Amaro-SP; O período selecionado para análise foi entre as semanas 9 até 31 de 2012 (ver anexo 1), sendo que nesta linha a OEE já é monitorada eletronicamente há pelo menos dois anos. A figura 6 apresenta o gráfico de capacidade gerado para as OEE's do período especificado, sendo que foram descartados os índices das semanas 18 e 23, uma vez que estes foram considerados discrepantes, e desta forma teriam que ser analisados individualmente para certificar a sua validade, o que não é objetivo deste trabalho.

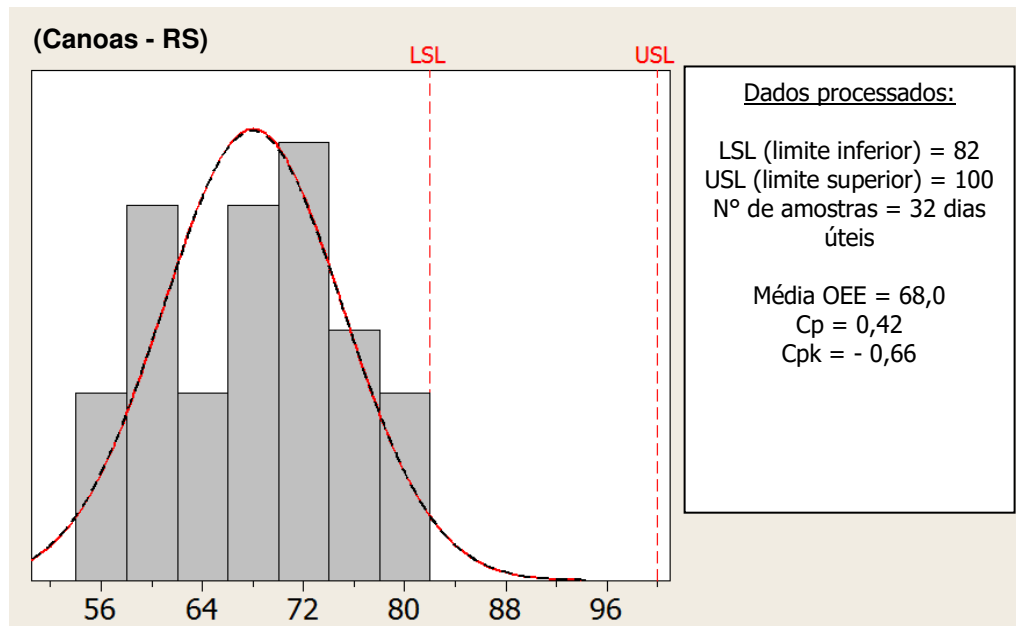
Figura 6 – Análise de capacidade da OEE na linha de montagem de Santo Amaro-SP



Fonte: Autor

A figura 7 apresenta o gráfico de capacidade das OEE's da linha de montagem denominada neste estudo de caso como linha de montagem de Canoas-RS. O período selecionado para análise foi entre os dias 20/06 até 31/07/2012 (ver anexo 1), e, coincidentemente e pelos mesmos motivos do gráfico anterior, foram descartadas duas amostras. Esta linha de montagem é o mais recente recurso onde foi implantado o monitoramento eletrônico da OEE, por este motivo não foi possível utilizar os valores medidos anteriormente ao período selecionado e, desta forma, o período da amostragem não pode ser exatamente o mesmo da linha de Santo Amaro-SP, assim como o número de amostras teve que ser um pouco menor do que a utilizada lá, o que não afeta a validade desta análise, já que a mesma não tem caráter científico e a utilização de métodos estatísticos está sendo apenas utilizada como método de comparação.

Figura 7 – Análise de capacidade da OEE na linha de montagem de Canoas-RS



Fonte: Autor

Por definição, um processo dito capaz precisa apresentar um índice mínimo de Cp e Cpk igual a 1,33, sendo considerado um processo aceitável até o limite mínimo de 1,0 e incapaz abaixo deste índice (MONTGOMERY, 1997).

A linha de montagem de Santo Amaro-SP apresentou um Cp de 0,58, sendo este um índice um pouco superior ao de 0,42 apresentado pela linha de Canoas-RS, conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 02 – Comparativo dos índices de capacidade das linhas de Canoas e Santo Amaro

Linha de montagem	Índice Cp	Índice Cpk	Média OEE
Santo Amaro-SP	0,58	-1,56	57,9
Canoas-RS	0,42	-0,66	68,0

Fonte: Autor

Os valores de Cpk se mostraram ainda piores, uma vez que ambas as linhas tiveram índices negativos, conforme também pode ser observado na tabela 02. A

comparação entre as duas linhas de montagem apresentou diferenças um pouco maiores do que em relação ao C_p , já que a linha gaúcha apresentou um valor de -0,66, contra -1,56 apresentando pela linha de São Paulo, porém na prática demonstra que ambas as linhas estão muito longe da faixa de especificação determinada como meta pela empresa.

Utilizando o critério de Montgomery (1997), podemos afirmar que ambas as linhas são incapazes de atender a variação máxima permitida (tolerância) para este processo, neste caso de 82% a 100% de OEE. O comparativo realizado entre as linhas de montagem de Canoas e Santo Amaro nos mostrou que a gestão da OEE em ambas as unidades é deficiente, já que os índices medidos são muito parecidos e estão longe de atender às metas da empresa. Com relação ao comparativo de tempo de implantação da OEE, era de se esperar que a linha de montagem com maior tempo de medição (e, portanto, gestão) da OEE apresentasse um índice melhor, porém neste caso foi verificado o contrário. A linha de Canoas, apesar da diferença pequena, apresentou melhores resultados do que a linha de São Paulo, onde a OEE está implementada à pelo menos o dobro do tempo. Como conclusão desta análise e comparação dos valores de capacidade, podemos afirmar que a MWM precisa buscar ações efetivas para melhorar a gestão dos recursos de manufatura e assim, atingir os índices estabelecidos como meta para eficiência.

4.3.1 Propostas de melhorias para aumento da OEE

A simples análise dos valores de C_p e C_{pk} , apesar de nos mostrar a capacidade de um processo, não nos fornece dados suficientes para avaliar os motivos ou sugerir melhorias para a empresa melhorar a eficiência dos seus recursos, porém estratificando os índices de disponibilidade (ID), performance (IP) e qualidade (IQ), utilizados para o cálculo da OEE, conforme demonstrado na tabela 3, pode-se “enxergar” algumas oportunidades de melhoria.

Tabela 03 – Estratificação dos índices utilizados no calculo da OEE das linhas de Canoas e Santo Amaro

Linha de montagem	Índice Dispon. (ID)	Meta	Índice Perfor. (IP)	Meta	Índice Qualid. (IQ)	Meta
Santo Amaro-SP	55,8%	90%	100,7%	95%	99,3%	99%
Canoas-RS	67,0%		102,1%		95,7%	

Fonte: Autor

Conforme já citado anteriormente, o índice de OEE estabelecido como meta pela MWM é de 85%, índice este obtido com: 90% de disponibilidade, 95% de performance e 99% de qualidade. Sendo assim, pode-se verificar que qualidade aparentemente não é um grande problema, apesar de Canoas apresentar um índice um pouco inferior os 99% necessários para atingir a meta da OEE. Neste caso, sugere-se que sejam identificados e detalhados todos os problemas de qualidade registrados neste período para assim verificar se os problemas são pontuais ou aleatórios e, desta forma, poder tomar ações efetivas para sua correção; Por outra lado performance e principalmente disponibilidade, apresentam claramente oportunidades de melhoria., conforme será visto a seguir.

Primeiramente será analisado o índice de performance (IP); Pode-se notar que em ambas as linhas os índices médios são superiores a 100%. Conforme relatado nas entrevistas realizadas com o supervisor de processos de manufatura e também com o engenheiro especialista desta área em Canoas, isto acontece nestes casos, não porque os recursos estão trabalhando “acima da sua velocidade padrão”, mas sim porque o chamado tempo standard não está correto. Antes de tudo, é fundamental a empresa corrigir estes tempos, pois eles acabam distorcendo os valores da OEE e desta forma, impedindo a visualização de oportunidades de melhoria.

Foi verificado, através de observação participante, que a rotina de atualização do tempo standard em sua maioria não acompanha a velocidade de alterações que

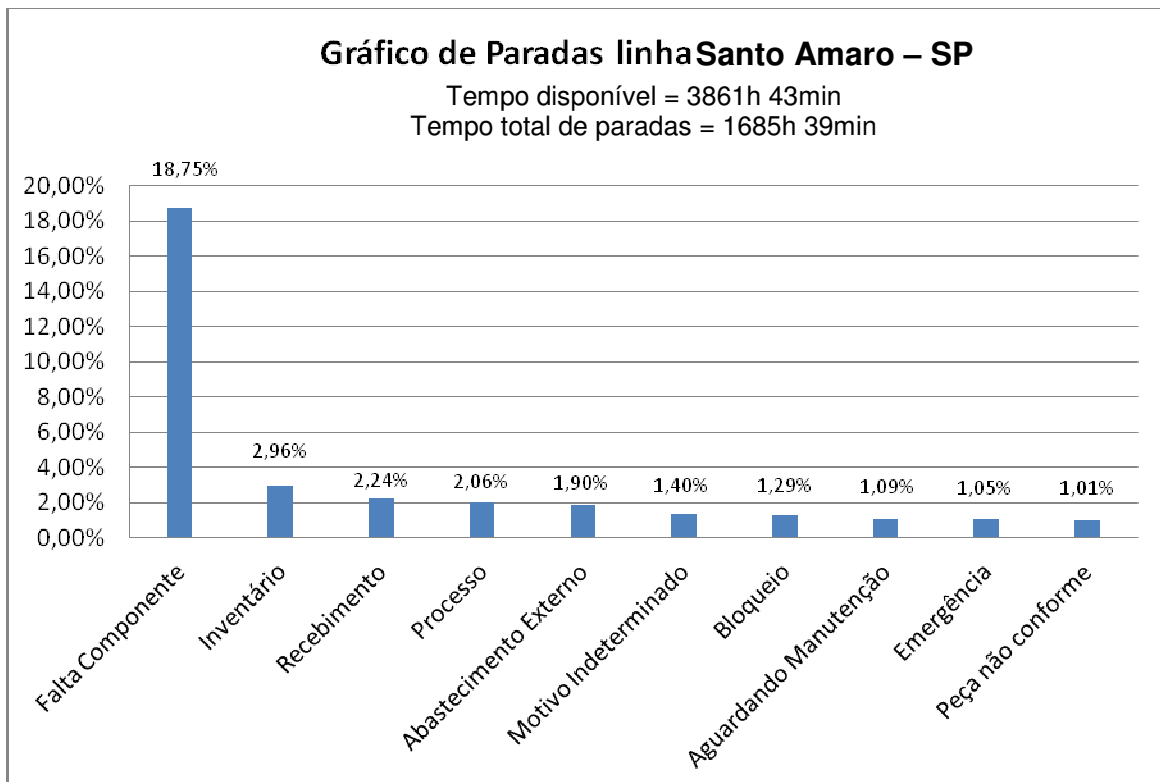
acontecem nas linhas de montagem, alterações estas realizadas principalmente para melhorias ou adequações de processo, qualidade e também ergonomia, e que acabam influenciando diretamente no tempo total de montagem do motor. Uma sugestão para correção deste problema seria a criação de uma metodologia para verificação periódica e validação do tempo standard dos processos para desta forma garantir que os tempos estão atualizados.

Com relação à disponibilidade (ID), que conforme Nakajima (1989) representa o tempo real de funcionamento de um equipamento, está claramente demonstrado que se trata do grande vilão para reduzir o índice da OEE, tanto em Canoas-RS quanto em Santo Amaro-SP, conforme se pode verificar na tabela 3. Nas figuras 8 e 9 estão demonstrados os gráficos de pareto com a estratificação dos motivos apontados pelos operadores para as paradas de cada uma das linhas de montagem, sendo que o percentual indicado em cada item é referente ao tempo total de cada um dos motivos de parada em relação ao tempo total disponível na linha de montagem (já descontadas as paradas programadas) no período verificado.

Pode-se verificar nas figuras 8 e 9 que o motivo “falta de componente” figura entre os maiores problemas em ambas as linhas, sendo que em Santo Amaro-SP ele é o responsável pelo principal índice, respondendo por quase 19% do tempo total disponível. Além disto, os motivos de parada chamados “inventário”, “recebimento” e “abastecimento externo” que aparecem no gráfico de paradas de Santo Amaro –SP (figura 8) são na verdade causadores para o “sintoma” falta de peça na linha de montagem, portanto, somando todos estes percentuais, chega-se a um índices total de 25,9% para “falta de componente”.

Conforme relatado nas entrevistas realizadas com o supervisor de processos de manufatura, em meados de 2012 começou-se a identificar os causadores para cada uma das paradas, de forma a facilitar as ações de melhoria. Falta de componentes, por exemplo, é o sintoma verificado e apontado pelos operadores da linha, já inventário, recebimento e abastecimento externo são alguns dos causadores para este tipo de parada, que são identificados diariamente nas reuniões de produção e então, posteriormente, são corrigidos nos apontamentos da OEE pelos técnicos operacionais de cada linha.

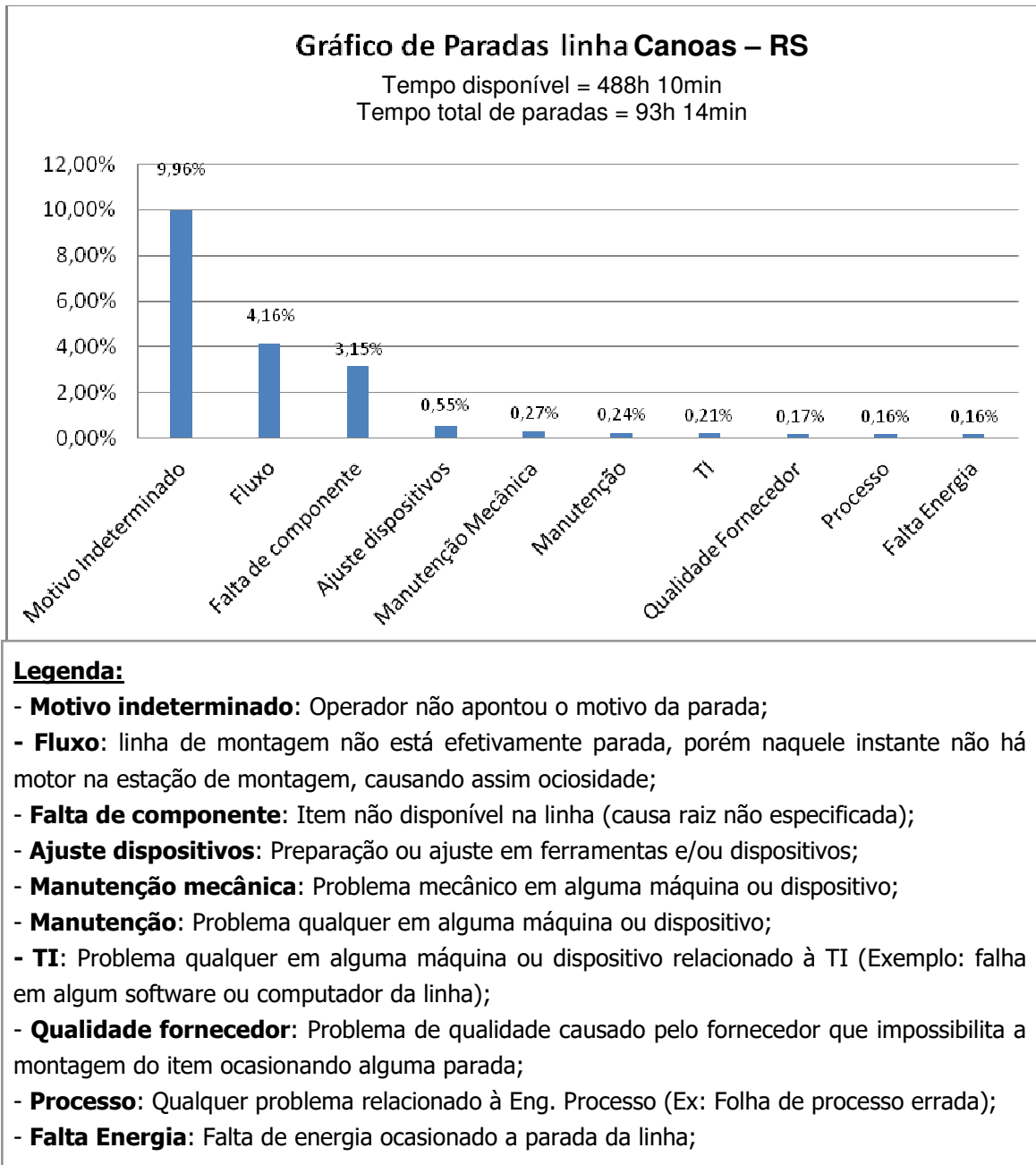
Figura 8 – Estratificação dos motivos das paradas da linha de Santo Amaro-SP

**Legenda:**

- **Falta componente:** Item não disponível na linha (causa raiz não especificada);
- **Inventário:** Item comprado e recebido, porém não localizado;
- **Recebimento:** Item comprado, porém perdido ou não disponibilizado pelo recebimento;
- **Processo:** Qualquer problema relacionado à Eng. Processo (Ex: Folha de processo errada);
- **Abastecimento externo:** Item não disponível na linha em função de atraso do fornecedor;
- **Motivo indeterminado:** Operador não apontou o motivo da parada;
- **Bloqueio:** Loop 1 está parado porque não há capacidade de entrada de motores no loop 2 (por exemplo: todos os bancos de testes do loop 2 estão cheios);
- **Aguardando manutenção:** Linha parada aguardando manutenção de alguma máquina;
- **Emergência:** Parada relacionada a algum incidente relacionado à segurança;
- **Peça não conforme:** Problema de qualidade que impossibilita a montagem do item, causando alguma parada;

Fonte: Autor

Figura 9 – Estratificação dos motivos das paradas da linha de Canoas-RS



Fonte: Autor

O motivo de parada chamado “falta de peça”, é um ótimo exemplo de parada de linha onde é possível, na maioria dos casos, prever a parada com certa antecedência e desta forma atuar de forma preventiva para gestão da OEE. Não faz parte dos objetivos deste trabalho analisar e buscar soluções para os motivos de cada uma das paradas, mas sim analisar o que poderia ser feito para aumentar o índice de OEE na visão do gestor da linha de montagem. Desta forma, uma das

sugestões seria transformar esta e/ou outras paradas não programadas, sempre que possível, em paradas programadas, por exemplo, substituindo as horas ociosas com treinamentos, cursos, manutenção preventiva e até mesmo dispensando os operadores e reduzindo assim o consumo de energia, custos com alimentação, transporte, entre outros.

Conforme já citado anteriormente, a identificação da(s) causa(s) raiz para cada uma das paradas de linha registradas não faz parte dos objetivos deste estudo de caso, até porque este assunto seria provavelmente tema suficiente para uma nova pesquisa. Sendo assim, uma sugestão para aprofundar este assunto e tentar identificar e reduzir os motivos que levam à “falta de componentes” nas linhas de montagem seria a realização de um projeto de melhoria. A prática de projetos de melhoria está consolidada na empresa e, além disto, é bastante utilizada e incentivada pela MWM. Desta forma, a realização deste evento poderia, além de tudo, proporcionar a promoção e disseminação do tema OEE entre os colaboradores.

Outro dado que chama a atenção, principalmente no gráfico das paradas da linha de Canoas-RS é o chamado “motivo indeterminado”. Ele acontece quando o operador ignora a parada, não registrando o motivo no coletor de dados. Este problema talvez possa ser explicado por esta linha de montagem ser o mais recente recurso onde foi implantado o monitoramento eletrônico da OEE na empresa e, portanto, pode ser que os operadores e o processo de coleta de dados ainda estejam passando por um período de adaptação. O software que controla os coletores de dados pode ser programado para, no caso de uma parada, somente reiniciar o processo depois de computado o motivo da parada, obrigando assim o operador a fazer o registro. Esta pode ser, portanto, uma oportunidade de melhoria, juntamente com o treinamento e conscientização dos operadores. Nota-se que em Santo Amaro-SP, onde a linha já é monitorada há pelo menos dois anos, também ocorrem paradas por “motivo indeterminado”, porém a frequência é significativamente menor.

Na linha de Canoas se destaca também a parada em função de “fluxo”, responsável por mais do que 4% do tempo total disponível na linha, conforme podemos verificar na figura 9. Conforme relatado nas entrevistas realizadas com o engenheiro especialista desta área em Canoas, este motivo é registrado quando a

linha de montagem não está efetivamente parada, porém naquele instante não há motor na estação de montagem, causando assim ociosidade. Foi verificado, através de observação participante, que em alguns casos este suposto problema de fluxo, na verdade é consequência direta de alguma outra parada ocorrida anteriormente, portanto a sugestão neste caso seria avaliar a relevância desta suposta causa de parada e se a mesma não está mascarando outros motivos mais concretos. Em Santo Amaro, conforme figura 8, podemos notar que este motivo nem mesmo consta no gráfico das paradas.

Outra oportunidade de melhoria identificada através de observação participante foi em relação às metas estabelecidas para conceder a participação nos lucros e resultados aos funcionários (PLR). Apesar da OEE ser atualmente o principal indicador para medição da eficiência dos recursos produtivos, ele não é utilizado para o cálculo do PLR. No seu lugar é utilizado o indicador da produtividade, obtido através da razão entre o tempo total trabalhado com o tempo operacional, conforme detalhado no item 2.1 deste trabalho. Conforme Buonamici e Sekito (2012), produtividade é o indicador do chão de fábrica, pois ele descarta as paradas programadas e avalia apenas o período realmente disponível para produção, chamado de tempo operacional, porém este indicador não leva em consideração informações importantes, como por exemplo, performance e muito menos qualidade dos produtos produzidos. A utilização da OEE no cálculo do PLR, juntamente com o treinamento e conscientização dos operadores, poderia ser uma forma de comprometer todos às metas da empresa.

Por fim, ainda relacionado à utilização da OEE no cálculo do PLR, sugere-se rever a meta atual de 85%, uma vez que a mesma, conforme se pode verificar neste estudo de caso, está bastante longe de ser atingida. Além disto, poderia ser avaliada a possibilidade de estabelecer metas diferentes para cada linha de montagem, como atualmente é feito com as metas de qualidade. Na medida que ações efetivas para o incremento do índice de OEE forem implementadas, gradativamente esta meta poderá ser revisada, buscando da mesma forma aumentar o comprometimento da equipe no atingimento dos resultados.

A tabela 4 apresentada em seguida, sumariza todas as oportunidades de melhoria identificadas e propostas neste estudo de caso, visando o aumento do índice da eficiência global de equipamentos (OEE).

Tabela 4 – Sumarização das oportunidades de melhoria propostas

Item	Medida ou ação (O que?)	Justificativa (Porque?)	Local (Onde?)	Responsável (quem?)	Procedimento (Como?)	Prazo (Quando?)
1	Identificar a causa raiz dos problemas de qualidade ocorridos e estabelecer plano de ação para correção	Aumentar o índice de qualidade (IQ)	Linha de montagem	Eng. da Qualidade	Procedimentos de qualidade	Reuniões diárias de produção
2	Criar metodologia para correção dos tempos standard	Garantir o cálculo correto do índice de performance (IP)	Linha de montagem	Eng. de Processos	Criar método para verificação e validação dos tempos	A cada alteração significativa do processo

Item	Medida ou ação (O que?)	Justificativa (Porque?)	Local (Onde?)	Responsável (quem?)	Procedimento (Como?)	Prazo (Quando?)
3	“Transformar” paradas não programadas em paradas programadas	Aproveitar o tempo parado para manutenções, treinamentos ou então dispensa dos colaboradores reduzindo custos operacionais	Linha de montagem	Planejamento (PCP) e Gerência Industrial	Acompanhamento dos relatórios diários de planejamento e do indicador da OEE	Diário
4	Fazer “Projeto de Melhoria” para os principais causadores de paradas de linha (iniciando por “falta de peças”)	Aumentar o índice de disponibilidade (ID)	Linha de montagem	RH e Diretoria Industrial	Projetos de Melhoria (Ex: Eventos Kaizen)	Trimestral
5	Programar software de apontamento da OEE para “obrigar” apontamento do motivo da parada	Evitar o chamado “motivo indeterminado” para as paradas	Linha de montagem	Sistemas de Manufatura	Programação do software de apontamento da OEE	3 meses

Item	Medida ou ação (O que?)	Justificativa (Porque?)	Local (Onde?)	Responsável (quem?)	Procedimento (Como?)	Prazo (Quando?)
6	Treinar operadores e equipe técnica para garantir o apontamento correto das causas de parada	Garantir o apontamento correto das causas de parada de linha	Todas as linhas de produção	RH e Sistemas de Manufatura	Treinamento e conscientização	Semestral
7	Avaliar a relevância de manter "fluxo" como opção para registro de motivo de parada	Garantir o registro do motivo real que levou à parada da linha	Linha de montagem	Sistemas de Manufatura	Programação do software de apontamento da OEE	1 mês
8	Incluir o índice de Eficiência Global de Equipamento (OEE) no cálculo do PLR (substituindo o atual índice de Produtividade)	Fazer com que haja maior comprometimento de todos no aumento do índice da OEE	Todas as linhas de produção	Diretoria de RH e Diretoria Industrial	Alteração do procedimento para cálculo do PLR	Anual (ou semestral, dependendo das metas)

Item	Medida ou ação (O que?)	Justificativa (Porque?)	Local (Onde?)	Responsável (quem?)	Procedimento (Como?)	Prazo (Quando?)
9	Rever a meta atual de 85% de OEE e gradativamente, quando possível, aumentá-la de acordo com as ações de melhoria promovidas	Tornar a meta atingível, evitando assim desmotivação da equipe e comprometendo todos no atingimento dos resultados	Todas as linhas de produção	Diretoria Industrial	Baseado no histórico das linhas de produção e nas ações de melhoria promovidas	Semestral, ou sempre que houver alguma ação efetiva para aumento do índice de OEE

Fonte: Autor

5 CONCLUSÃO

Este trabalho abordou a utilização da Eficácia Global de Equipamentos (OEE), como forma de gestão e monitoramento dos recursos de manufatura em uma empresa fabricante de motores diesel para a indústria automobilística, tendo como principal objetivo propor uma melhor forma de utilização deste indicador, uma vez que o mesmo já vem sendo utilizado pela empresa analisada.

Primeiramente foi feita uma apresentação dos conceitos e índices que compõe o cálculo deste indicador e uma revisão geral nos conceito de perdas segundo o Sistema Toyota e a Manutenção Produtiva Total (TPM). Ainda dentro da fundamentação teórica, foram revisados os conceitos de gargalo e recursos com capacidade restrita (CCR`s) e do cálculo da OEE nestes recursos; Por fim foram apresentados os conceitos de capacidade, utilizados neste estudo de caso como ferramenta para comparação entre os índices de OEE medidos em duas linhas de montagem.

Na sequência foi apresentada a metodologia utilizada pela MWM para a medição da OEE nas linhas de montagem e então foram apresentados e comparados, através do conceito de capacidade, os índices de OEE medidos em duas linhas diferentes, sendo uma em Canoas-RS e outra em Santo Amaro-SP.

Através da avaliação dos valores de OEE medidos nestas linhas e da estratificação dos índices de qualidade (IQ), disponibilidade (ID) e performance (IP) necessários para o cálculo deste indicador, foram identificadas e propostas algumas oportunidades de melhoria, visando aumentar a eficiência e melhorar a forma de utilização do indicador de Eficácia Global do Equipamento (OEE) na gestão dos recursos de manufatura da empresa em questão.

Conforme já citado, o aumento da eficiência dos equipamentos na empresa analisada não irá resultar diretamente em maior número de motores vendidos, uma vez que os volumes de produção são definidos em sua grande maioria através de contratos. O que se busca neste caso é a manutenção e/ou melhoria no ganho, redução de investimentos e principalmente a redução das despesas operacionais, como por exemplo: redução de horas extras, redução de desperdícios e refugos,

maior velocidade de resposta às alterações de programação ou aumentos esporádicos de volumes de produção, entre outros;

Por fim, cabe salientar que todas as análises apresentadas neste estudo de caso não permitem uma generalização, por serem restritas à empresa em questão, neste tempo. Desta forma a medição e avaliação da OEE constituem-se em um processo contínuo, ficando como sugestão para trabalhos futuros o estudo aprofundado dos problemas identificados e a implementação das melhorias propostas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES JÚNIOR, José A. V.; ALVAREZ, Roberto; BORTOLOTTI, Pedro; KLIPPEL, Marcelo; PELLEGRIN, Ivan de. **Sistemas de produção**: conceitos e práticas para projeto e produção enxuta. 1º ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ANTUNES, Junico; KLIPPEL, Altair Flamarion; SEIDEL, André e KLIPPEL, Marcelo. **Uma revolução na produtividade**: A gestão lucrativa dos postos de trabalho. 1º ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BALDWIN, C. ROBERT. **Capítulo de apresentação do livro: Eficiência global dos equipamentos**: Uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BUONAMICI, C. Vinicius; SEKITO, Leandro. **Treinamento OEE**: Como medir e melhorar o OEE. São Paulo: PPI-MULTITASK, impresso em 2012, 45p (Apostila).

CORBETT, Thomas Neto. **Contabilidade de ganhos**: A nova contabilidade gerencial de acordo com a teoria das restrições. São Paulo: Nobel, 1997.

GIL, ANTÔNIO CARLOS. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOLDRATT, E. M.; FOX, R. E. **A Corrida pela vantagem competitiva**. São Paulo: Educator, 1992.

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

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1997.

MWM-INTERNATIONAL [homepage na Internet]. Disponível em: <http://www.mwm.com.br>. (acesso em: 10 de setembro de 2012).

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM**: Total Productive Maintenance. São Paulo: IMC, 1989.

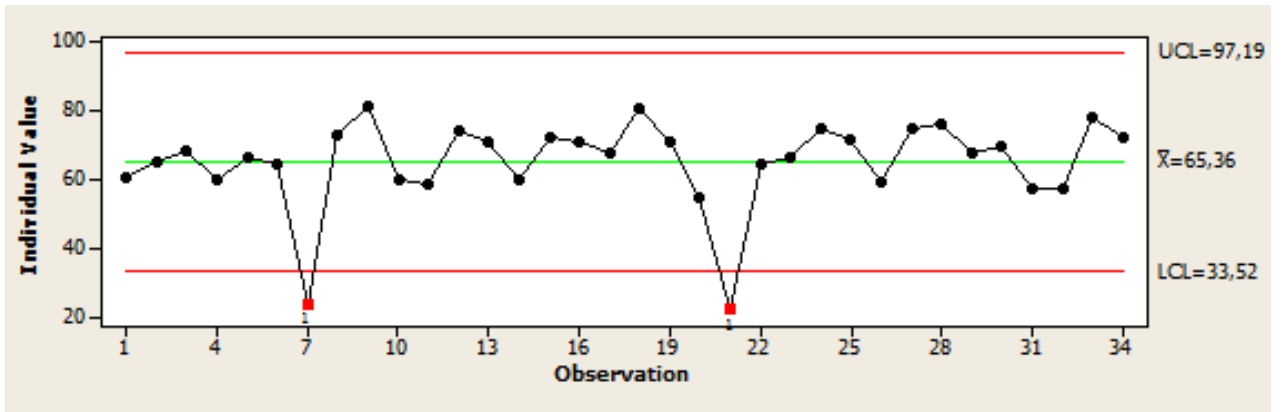
RICHARDSON, R. J. et al. **Pesquisa Social**: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 1999.

SHINGO, S. **Sistema toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

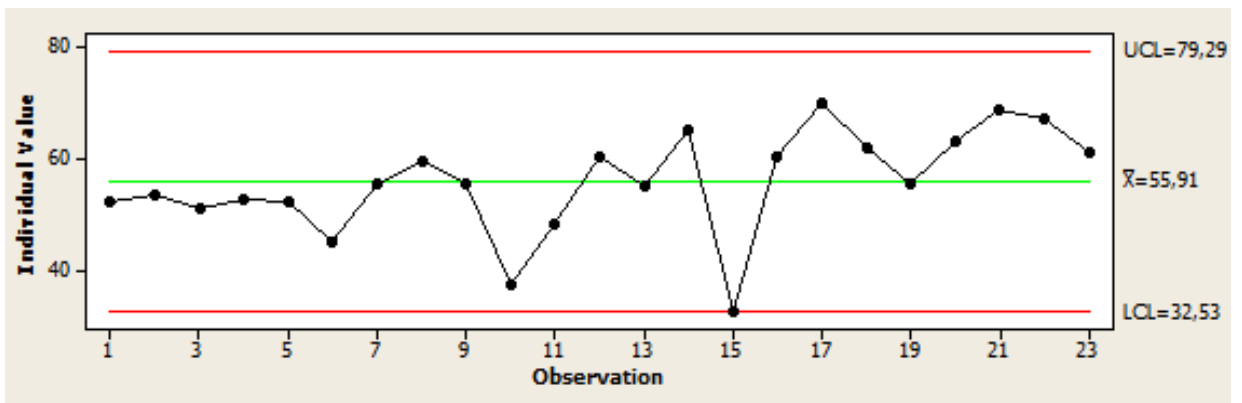
TRANSPORTE MODERNO [homepage na Internet]. Disponível em: http://www.revistatransportemoderno.com.br/destaque_princ/index.php?cod=115&edicao=6&revista=9 . (acesso em: 21 de novembro de 2012).

Anexo 1 – Gráficos de OEE das linhas de Canoas e Santo Amaro

Montagem Canoas – RS: / Período: 20/06 até 31/07/2012



Montagem Santo Amaro-SP: / Período: Semana 09 até 31/2012



Anexo 2 – Principais perguntas realizadas nas entrevistas

Principais perguntas realizadas nas entrevistas:

- 1 – Há quanto tempo está sendo medida a Eficiência Global de Equipamentos (OEE) na MWM? Quais as principais dificuldades e desafios encontrados na fase de implantação?
- 2 – Porque e como foi escolhido este indicador?
- 3 – Como funciona o sistema de medição automático da OEE nas linhas de montagem? Quantos coletores de dados existem nas linhas de montagem?
- 4 – Como é feito o cálculo da OEE, considerando que as linhas de montagem são compostas por 2 loops distintos, inclusive com takt time diferente?
- 5 – Qual a meta de OEE estabelecida nas linhas de montagem? Qual o critério utilizado para determinar esta meta?
- 6 – Existe algum estudo ou acompanhamento dos índices de OEE visando reduzir esta meta ou adequá-la à realidade atual das linhas de montagem?
- 7 – Alguma vez já foi cogitado estabelecer metas diferentes de OEE para cada linha de montagem, como atualmente é feito para as metas de qualidade, que consideram o histórico da linha e também o tempo de aprendizado no caso de novos produtos?
- 8 – Como explicar um Índice de Performance (IP) superior à 100%, conforme verificado nas linhas de Canoas e Santo Amaro? Porque isto acontece?
- 9 – Com relação aos gráficos de causas de parada de linha, qual seria a diferença entre “falta de componente”, “inventário”, “recebimento” e “abastecimento externo” que aparecem no gráfico de paradas de Santo Amaro –SP?
- 10 – Porque o motivo de parada chamado “motivo indeterminado” aparece com tanta frequência em Canoas?
- 11 – A medição da OEE já gerou ações de melhoria para aumento de qualidade, disponibilidade ou performance? Existe alguma rotina para isto?
- 12 – Qual o nível de comprometimento dos operadores, técnicos e lideranças com relação às metas da OEE? Nota-se alguma diferença entre Canoas e Santo Amaro?
- 13 – Já foi cogitado alguma vez incluir a OEE no cálculo da participação nos lucros e resultados (PLR)?