

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**DIEGO BATISTA VALIM**

**OEE: auxiliando o monitoramento das máquinas na produção de válvulas para motores  
a combustão interna**

**Varginha**  
**2014**

**DIEGO BATISTA VALIM**

**OEE: auxiliando o monitoramento das máquinas na produção de válvulas para motores  
a combustão interna**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Educacional do Sul de Minas com o pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Me. Oswaldo Barolli.

**Varginha  
2014**

**DIEGO BATISTA VALIM**

**OEE: auxiliando o monitoramento das máquinas na produção de válvulas para motores  
a combustão interna**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Institucional do Sul de Minas, com o pré-requisito para obtenção do grau em bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em:     /     /

---

Professor1

---

Professor2

---

Professor3

OBS:

Dedico este trabalho a todas as pessoas que contribuíram para elaboração do mesmo, a familiares, amigos e professores. Dedico também, em especial, a minha mãe, pelo apoio e incentivo em todos os momentos necessários.

## RESUMO

Este trabalho, através do estudo de caso, aborda a aplicação da ferramenta Eficiência Global dos Equipamentos - *Overall Equipment Effectiveness* – (OEE) utilizado na produção de válvulas automotivas para motores a combustão interna em sua Linha Alfa. Durante o período, outubro de 2012 a dezembro de 2013, através do monitoramento de suas máquinas com indicador OEE fundamentadas no Sistema Toyota de Produção, foi possível diagnosticar as falhas de maior ocorrência, as oportunidades de melhorias e principais perdas. Este monitoramento e identificação dos problemas permitiu a criação de diversos planos de ação em busca da solução dos mesmos. Possibilitando a melhoria da eficiência da Linha Alfa e consequentemente o aumento da produção.

**Palavras-chave:** Sistema Toyota de Produção. OEE. Desperdícios. Eficiência.

## **ABSTRACT**

*Through a case study, this work discusses the implementation of the tool that we call Overall Equipment Effectiveness (OEE) used in the production of automotive valves from internal combustion machinery an Alpha line during the period October 2012 to December 2013 through the monitoring of their machines with OEE indicator based on the Toyota Production System, like that was possible to diagnose the failures that occurred with major occurrence, the improvements opportunities and large losses. The monitoring and identification of problems allowed the creation of several action plans achievement the root cause, enabling improved efficiency of the Line Alfa and consequently the increase of productivity.*

**Keywords:** *Toyota Production System. OEE. Wastes. Efficiency.*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>07</b>
<b>2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO .....</b>	<b>08</b>
<b>2.1 Just-in-time .....</b>	<b>09</b>
2.1.1 Kanban.....	09
<b>2.2 Automação .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Manutenção Produtiva Total.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 Eficiência Global dos Equipamentos .....</b>	<b>12</b>
2.4.1 Disponibilidade.....	14
2.4.2 Performance.....	14
2.4.3 Qualidade.....	14
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Coleta de Dados .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Lançamento e Análise de Dados.....</b>	<b>16</b>
<b>3.3 Identificação da Causa Raiz .....</b>	<b>18</b>
3.3.1 Diagrama de Causa/Efeito .....	18
<b>3.4 Implantação, verificação e monitoramento.....</b>	<b>19</b>
3.4.1 Ciclo PDCA.....	19
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 Resultados do indicador, OEE .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2 Resultado do índice de disponibilidade .....</b>	<b>22</b>
<b>4.3 Resultado do índice de performance.....</b>	<b>25</b>
<b>4.4 Resultado do índice de qualidade.....</b>	<b>26</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>29</b>

## 1 INTRODUÇÃO

*Overall Equipment Effectiveness* (OEE), traduzida para o português como Eficiência Global do Equipamento é uma eficiente ferramenta de gestão, de origem japonesa, que possibilita o controle e acompanhamento dos mais diversos modelos de máquinas ou processo industrial, independentemente do seguimento. A ferramenta analisa o desempenho dos processos e auxilia na melhoria contínua da produção através de seus indicadores: disponibilidade, performance e qualidade.

Devido à necessidade de melhorar os rendimentos de suas máquinas, atender a demanda e continuar competitiva, a empresa do seguimento de válvulas automotivas para motores de combustão interna implantou a ferramenta OEE para auxiliar no seu objetivo, estabelecendo o setor de manufatura como responsável pela implantação e monitoramento.

A OEE pode ser utilizada como ferramenta principal, possibilitando após a análise de seus dados a utilização de algumas ferramentas auxiliares como gráfico de Pareto e diagrama de Ishikawa, direcionando as ações em busca do aumento do desempenho de uma linha de produção.

Devido à necessidade da manufatura em utilizar indicadores para medições, com o propósito de auxiliar nas soluções de problemas e identificações de causa raiz, redução de perdas, desperdícios e busca da melhoria continua, a aplicação da ferramenta de OEE pode servir como guia na obtenção de resultados.

## 2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O Sistema Toyota de produção (TPS) ao contrário de que muitos imaginam não teve seu início na automobilística, sua origem veio antes da Toyota Motors Company, a Toyota era parte do grupo empresarial formado pelas empresas Toyota Spinning de Weaving Works Ltda e Toyota Automatic Loom Works Ltda do ramo têxtil, fundadas por Sakichi Toyoda (GHINATO, 1996).

A Toyota viria a fazer parte do ramo automobilístico, após a venda da patente de mecanismo de parada automática em teares por Sakichi Toyoda a empresa Piant Brothers Corporation Ltda. do Reino Unido. Com o dinheiro da negociação investido teve-se início ao desenvolvimento do primeiro carro com a marca Toyota (GHINATO, 1996).

Somente em 1937 a Toyota Motor Company foi fundada por Kiichiro Toyoda (GHINATO, 1996). As técnicas de desenvolvimento e ideias, aplicadas por Taiichi Ohno, vice-presidente da Toyota, vindas da fábrica de tecelagem proporcionou uma enorme evolução do Sistema Toyota de Produção na década de 60.

A Toyota tinha como objetivo alcançar os Estados Unidos em três anos, contudo, Ohno identificou uma enorme diferença entre o sistema de produção americano e o japonês, o sistema japonês precisava de três homens para realizar a mesma operação que no sistema americano era realizado por somente um, buscando igualar ou até mesmo superar os americanos, Ohno identificou e tomou como base a eliminação de sete desperdícios de esforços, de tempo e materiais (OHNO, 1997). Sendo estes:

- a) desperdício por superprodução;
- b) desperdício por espera, tempo indisponível;
- c) desperdício em transportes;
- d) desperdício do processamento em si;
- e) desperdício do estoque disponível;
- f) desperdício de movimento;
- g) desperdício por produzir produtos defeituosos.

Ohno aplicou na Toyota o que Shingo (1996) define como “subtração de custo”, onde preço de venda é igual à somatória do lucro com o custo real, preço este, repassado ao cliente. Atualmente a busca pela redução de custos e desperdícios deve ser perseguida pelas empresas, pois deste modo elas se manterão competitivas, atendendo ao princípio que lucro é igual a preço de venda subtraído de custos.

O Sistema Toyota de Produção é sustentado por dois pilares, o *Just-in-Time* (JIT) e a autonomia ou automação com toque humano.

## 2.1 *Just-in-time*

*Just-in-time* (JIT) é método de eliminação de perdas oriundas do estoque, ou seja, a eliminação de perdas por superprodução. O JIT tem como objetivo atender os clientes produzindo o necessário, quando necessário no tempo e quantidade necessários (OHNO, 1997).

Schonberger (1993) define, *Just-in-time* é fabricar e entregar produtos a tempo de ser vendido, adquirir materiais apenas a tempo de transformá-los em peças fabricadas.

Ohno precisava fazer com que o JIT fosse eficiente, confiável e controlado, para atingir esse objetivo, ele criou um sistema de comunicação chamado de *Kanban*, instrumento para manuseio e garantia do sistema JIT.

Uma empresa que aplica o *Justin-in-time* corretamente pode alcançar o que seria do ponto de vista da gestão de produção como o ideal, a redução do estoque a zero. Para que isso funcione é necessário implantar um fluxo de forma que toda a produção esteja integrada, onde a peça de produção ou montagem só atinja a próxima linha ou operação no momento certo e na quantidade necessária (OHNO, 1997).

Segundo Ohno (1997), erro de programação, refugos, absenteísmo, falha de equipamentos, entre outros, podem alterar um plano de produção independentemente de sua vontade. Ao considerar cada operação/ produção de um componente, sem levar em consideração todos os processos, obterá um desperdício de produção, produzindo um componente em quantidade maior que a necessária, gerando estoque ou fazendo com que os processos seguintes fiquem parados devido à ineficiência da operação anterior, ambas as falhas levam a redução da lucratividade e da produtividade.

### 2.1.1 *Kanban*

É o método de operações do Sistema Toyota de Produção utilizado para atingir o *Just-in-time*, ele possibilita o controle de fluxo dos produtos durante todo o processo de produção. O *Kanban* tem como objetivo a eliminação de perdas (OHNO, 1997).

O sistema *Kanban* também é conhecido como supermercado, por utilizar um sistema “puxado”, que assim como no mercado, a reposição de produtos é feita de acordo com o

consumo do cliente. O sistema de produção “empurrado”, originado pela Ford, foi substituído na Toyota pela implantação do sistema revolucionário *Kanban*, o controle de fluxo de operações passa a ser puxado, onde o processo subsequente retira do processo anterior somente a quantidade de peças necessárias, evitando os desperdícios (MOURA 1999).

O sistema *Kanban* é monitorado através de etiquetas que contêm informações, estas divididas em informações de coletas, informações de transferência e informação de produção, podendo ser utilizado internamente dentro de um processo de produção ou entre fornecedores e clientes (OHNO, 1997).

Dentro do Sistema Toyota de Produção, o *Kanban* possibilitou o controle de produção, evitando a superprodução e o estoque de materiais desnecessários (OHNO, 1997).

## 2.2 Automação

Automação ou *Jidoka* é o conceito utilizado para automação com o toque humano, máquina dotada de inteligência (GHINATO, 1996).

Ohno (1997), automação é atribuir aos operadores e máquinas a autonomia de interromper o processo de produção quando ocorrer falhas ou a quantidade de peças produzidas for maior que a quantidade necessária.

As máquinas acopladas a este processo de automação são máquinas que trabalham sozinhas, pois tem em seus sistemas dispositivos instalados de paradas automáticas. Estes dispositivos exercem a função de bloqueio espontâneo da máquina quando acontece qualquer anomalia, impossibilitando a produção de peças fora do padrão de qualidade.

A utilização da *Jidoka* proporcionou um novo modelo de gestão, onde uma mão-de-obra passou a tomar conta de diversas máquinas, a função do ser humano é de vigiá-las enquanto produzem e só interferir quando acontecer uma anomalia, uma falha (GHINATO, 1996).

A operação de várias máquinas só é possível através de operadores multifuncionais (SHINGO, 1996), isso quer dizer que o operador necessita ser multifuncional para abastecer e retirar as peças das máquinas, praticamente ao mesmo tempo.

A ideia principal da automação é impedir que peças com defeitos ou falhas seguissem o fluxo de operações. Quando a máquina paralisa um processo ou o operador para a linha de produção, o problema logo se torna perceptível, formando-se um grupo determinado a identificar a causa raiz e resolver o problema. O *stop* da linha de produção

imediatamente ao detectar um problema é primordial para alcançar altos índices de qualidade na fabricação de manufaturados (GHINATO, 1996).

### **2.3 Manutenção Produtiva Total – TPM**

A Manutenção Produtiva Total ou TPM (*Total Productive Maintenance*) é um modelo de gestão da manutenção disseminado por Seiichi Nakajima. Nakajima (1989) TPM significa a falha zero e quebra zero das máquinas, resultando em defeito zero nos produtos e perdas zero no processo.

A introdução do TPM no Sistema Toyota de Produção foi devido à necessidade de se tornar mais competitivo, pois todo o Japão passava por uma crise, após a Segunda Guerra Mundial, com isso a Toyota viu a necessidade de exportar veículos para o mercado europeu e americano. Para atingir este objetivo os japoneses importaram técnicas de gerenciamento da manutenção e manufatura de seus concorrentes (TAKAHASHI; OSADA 1993).

Dentre as técnicas importadas, destacam-se a Manutenção Preditiva, Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva que originou a Manutenção Produtiva por envolver outros setores da indústria como engenharia de confiabilidade, engenharia de manutenibilidade e engenharia econômica, essas técnicas foram adaptadas à cultura japonesa originando o TPM (NAKAJIMA, 1989).

Nakajima (1989) afirma que a TPM foi definida pelo Instituto Japonês de Manutenção Industrial (JIPM) a partir de cinco objetivos básicos:

- a) maximizar a eficiência dos equipamentos;
- b) estabelecer um sistema de manutenção produtiva que acompanhe toda a vida útil do equipamento;
- c) envolver todos os departamentos que planejam, operam e executam a implantação da TPM;
- d) promover atividades que envolvam todos os funcionários de diferentes níveis hierárquicos;
- e) utilizar o gerenciamento motivacional, através de atividades de pequenos grupos.

Almeida e Souza (2001) definem oito pontos da filosofia TPM como sendo os pilares de sustentação da Manutenção Produtiva Total:

- a) educação e treinamento – capacitação e nivelamento dos funcionários;
- b) controle de ciclo de vida – é a avaliação do ciclo de vida de cada produto;
- c) melhorias específicas – busca obter sempre a máxima eficiência dos equipamentos dentro da sua utilização e função;

- d) manutenção autônoma – visa capacitar o operador da máquina tornando-o habilitado para exercer a manutenção de seu próprio equipamento;
- e) manutenção planejada – desenvolvimento da gestão da manutenção para que as manutenções sejam efetuadas de forma planejada, evitando ao máximo a interferência no processo produtivo;
- f) segurança e meio ambiente – procura respeitar as exigências da sociedade no que diz respeito ao meio ambiente e proporcionar condições ideais de trabalho para seus funcionários;
- g) manutenção e qualidade – definição de métodos e parâmetros para identificar a interferência que as condições dos equipamentos e as operacionais influenciam na qualidade do produto;
- h) controle administrativo – interferência dos aspectos administrativos que influenciem na produção.

O desempenho da ferramenta TPM pode ser medida através de alguns indicadores de desempenho, o indicador denominado como Eficiência Global dos Equipamentos OEE foi utilizado para monitoração no sistema Toyota (NAKAJIMA, 1989).

#### **2.4 Eficiência Global dos Equipamentos – OEE**

A TPM destaca-se no processo produtivo da Toyota como uma ferramenta de manutenção que busca manter os equipamentos funcionando, aumentando sua capacidade de produção e seu rendimento. A Toyota utiliza a ferramenta OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), em português é denominada como Eficiência Global dos Equipamentos para monitorar suas máquinas e alcançar os objetivos da TPM. Hansen (2006) compreende que o OEE indica a eficácia do processo no momento em que a máquina é solicitada a operar.

Os resultados obtidos através da utilização da ferramenta de OEE tem um papel fundamental na maximização da eficiência dos equipamentos, pois, seus resultados permitem analisar de forma detalhada as perdas que as máquinas obtiveram. Essas perdas ocultam a ineficiência e a utilização inadequada de recursos (HANSEN, 2006).

Segundo Nakajima (1989) a medição de OEE pode ser realizada em três níveis diferentes dentro da manufatura. Ele pode ser utilizado como índice comparativo, *benchmark*, comparando os valores atuais com os passados, quantificando as melhorias obtidas. Permite também identificar qual a máquina/ linha necessita de melhorias, uma vez que se calcula o OEE de cada máquina/linha de toda a planta e se compara os resultados entre as mesmas.

Possibilita através do cálculo individual de máquina/ linha diagnosticar qual é a mais ineficiente, norteador onde se devem focalizar os recursos.

O objetivo do OEE é fornecer de modo quantitativo a eficiência de uma fábrica na execução de seus processos quando são programados para produzir, também permite identificar a capacidade máxima de produção do sistema (HANSEN, 2006). Para isso o OEE considera os seis tipos de perdas definidas por Nakajima (1989), que podem interferir no desempenho do equipamento, sendo:

- a) perdas por paradas não programadas – originaria de vários motivos podendo ser por manutenção, falta de energia, falta de operador, falta de ferramenta, falta de matéria-prima e insumos;
- b) perdas por paradas para regulagem ou *setup* – são as paradas relacionadas à necessidade da troca de ferramentas ou regulagens para a fabricação de um produto novo. As regulagens por *setup* costumam ser as maiores responsáveis pelas paradas. Ajustes ou falhas ocorridas após a finalização do *setup* se encaixam nas paradas não programadas;
- c) perdas por ociosidade – são as perdas caracterizadas pelas micro paradas que ocorrem nos ciclos dos equipamentos e em pequenos intervalos de tempo, estes pequenos ajustes normalmente são corrigidos pelo próprio operador em questão de alguns minutos;
- d) perdas por queda de velocidade – relacionadas com o tempo de ciclo operacional ser maior que a meta do tempo de ciclo estabelecido pela engenharia. Podendo estar relacionadas com restrições da manutenção, falha no processo, operador em treinamento, problemas com matéria-prima e qualidade, obrigando o aumento do ciclo operacional;
- e) perdas por qualidade – estão relacionadas com as peças refugadas e as peças que necessitam de serem retrabalhadas, são as produções de peças fora da conformidade que não atendem as necessidades do cliente;
- f) perdas de *startup* – são as perdas de início da produção, relacionadas com as limitações técnicas dos equipamentos para estabilização, após um período de parada.

Antes de este indicador ser utilizado, as empresas levavam em consideração apenas a disponibilidade dos equipamentos, muitas vezes a capacidade da máquina ficava superdimensionada. Com a aplicação desta ferramenta, passou-se a levar em consideração a disponibilidade, a performance e a qualidade dos equipamentos.

Baseando-se nos índices das empresas ganhadoras do prêmio TPM Award, pode-se considerar o valor de OEE em 85%, como meta. Nakajima (1989) definiu que o cálculo de OEE deve ser obtido através da equação a seguir:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade}(\%) \times \text{Performance}(\%) \times \text{Qualidade}(\%)$$

#### 2.4.1 Disponibilidade

O índice de disponibilidade é dado através da divisão do tempo efetivo, tempo programado subtraído das paradas não programadas, pelo tempo total programado. Entre as seis grandes perdas citadas por Nakajima (1989), as perdas por paradas não programadas e perdas por regulagem e setup, são consideradas como perdas por disponibilidade.

Ainda, de acordo com Nakajima, a meta de disponibilidade deve ser de no mínimo 90%, e o seu cálculo é dado através da equação:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{tempo programado} - \text{tempo de parada não programada}}{\text{tempo programado}}$$

#### 2.4.2 Performance

Hansen (2006) define como performance, a perda de velocidade do equipamento devido o mesmo estar operando abaixo da velocidade do ciclo ideal. A meta de performance deve ser superior a 95%. As perdas por queda de velocidade e perdas por ociosidade, são consideradas para efetuar o cálculo de performance. Seu resultado é obtido através da equação:

$$\text{Performance} = \frac{\text{quantidade de peças produzidas} \times \text{tempo de ciclo ideal}}{\text{tempo efetivo}}$$

#### 2.4.3 Qualidade

A qualidade é o terceiro componente que determina o indicador OEE, sua meta deve ser de 99%, as perdas atribuídas a este componente são: perdas de startup e perdas por peças com não conformidade. É a relação entre peças de qualidade com o total de peças fabricadas, sua fórmula é dada na equação:

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{produção total} - (\text{refugos} + \text{retrabalhos})}{\text{produção total}}$$

### **3 METODOLOGIA**

O trabalho foi desenvolvido na “Linha Alfa” da empresa do ramo automobilístico, tendo como produção única, a fabricação de válvulas para motores à combustão interna. O trabalho seguiu com a metodologia do estudo de caso, que consiste na análise crítica de um problema não totalmente esclarecido. Gil (1991) cita que o estudo de caso é utilizado para detalhar de forma criteriosa, possibilitando o conhecimento do processo.

As atividades do estudo em análise foram desenvolvidas inicialmente através da escolha de um processo, identificação dos valores indicados pela OEE, identificação das principais perdas, análise do processo relacionado com suas perdas impactantes, construção de um plano de ação e definição de uma meta.

#### **3.1 Coleta de dados**

Os dados foram coletados através do apontamento realizado pelos operadores nas fichas de hora x hora. Durante um dia de trabalho são utilizadas três fichas, sendo uma para cada turno, elas são responsáveis por transmitir as informações ocorridas com a máquina diariamente.

O operador deve assinalar na ficha correspondente ao término de cada hora a quantidade de peças produzidas acumulada ao da hora anterior, ocorrência de alguma parada, se houve, qual o motivo desta parada e qual o tempo necessário para a retomada da produção, o campo de observação é utilizado para algum detalhamento feito pelo operador.

Nas fichas hora x hora, como mostra a figura 01, contém a identificação do processo, a meta de produção por hora e por turno, a meta é definida pela necessidade de cada processo, podendo ser alterada a medida que o indicador de performance passa a ser maior que a meta, a data e o turno, também são contidos na ficha hora x hora, para auxiliar nas marcações foi disponibilizado uma tabela com o código e motivos das possíveis paradas.

Figura 01 – Modelo de Ficha Hora x Hora

Linha Alfa				
Turno:	1	2	3	Data:
Hora	Meta	Produção	Código Parada	Observações
1	100			
2	200			
3	300			
4	400			
5	500			
6	600			
7	700			
8	800			

Fonte: o autor.

### 3.2 Lançamentos e análise de dados

Os dados são lançados em planilhas do Excel, seguindo a conceito definido pela Toyota, onde são calculados os indicadores de OEE. A utilização de *software* torna o trabalho de lançamento e análise mais produtivo e eficaz.

O tempo operacional é definido pelo setor de produção, podendo sofrer variações de acordo com a programação de cada fábrica. As paradas e falhas são correspondentes ao tipo de máquina que se trabalha.

Figura 02 – Modelo de planilha para lançamento de OEE

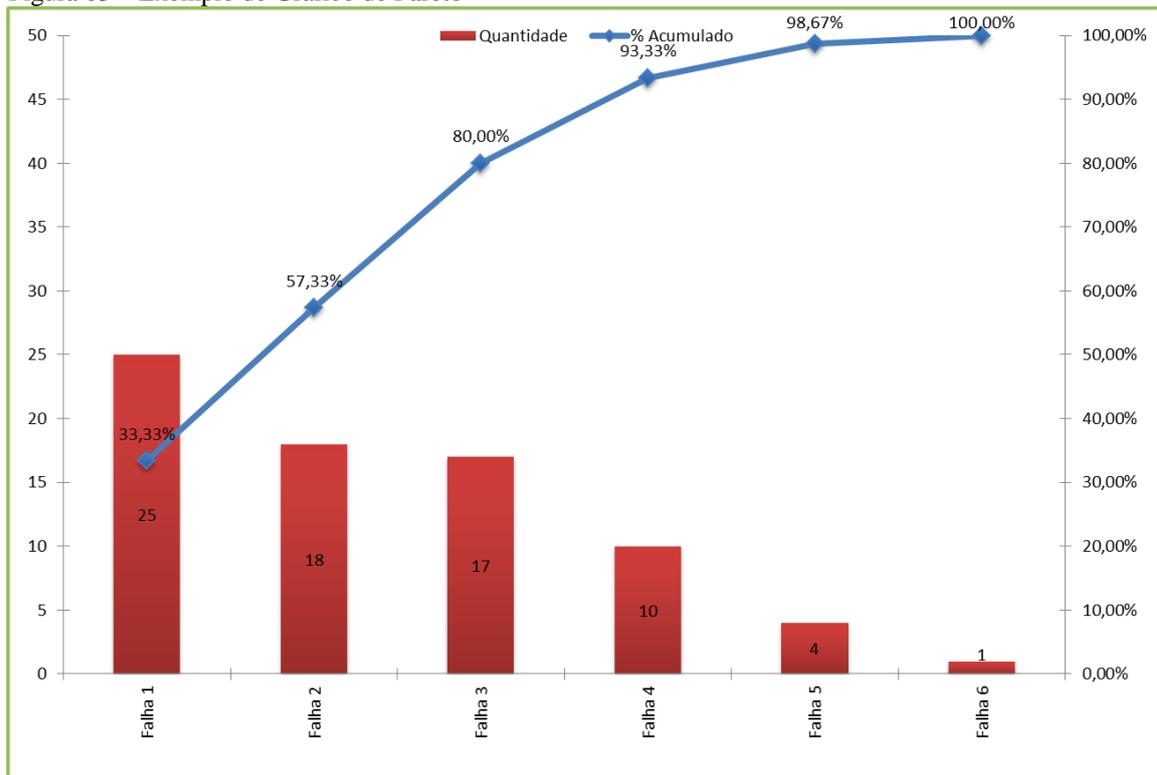
													REPAROS				MANUTENÇÃO				DIVERSOS								
													1	2	3	4	5	6	Soma	7	8	9	Soma	10	11	12	Soma		
Máquina	Ano	Mês	Dia	Turno	Minutos Disponível	Produção (Hora-a-Hora)	Retrabalho	Refugo	Disponibilidade	Performance	Qualidade	O.E.E	Setup	Falta de Peças	Refeição	Falha 01	Falha 02	Falha 03	Σ Reparos	Falha 04	Falha 05	Falha 06	Σ Manutenção	Falha 07	Falha 08	Falha 09	Σ Outros		

Fonte: o autor.

Após os lançamentos de dados, os mesmos são organizados, realizam-se as análises, através do Diagrama de Pareto ou Gráfico de Pareto onde são identificadas às perdas de maiores impactos.

O Diagrama de Pareto é um gráfico em barras verticais, que dispõe da falha de maior ocorrência para a falha de menor ocorrência, tendo como objetivo estabelecer prioridades na tomada de ação. A ferramenta criada por Pareto para auxiliar na economia, foi utilizada por Juran na década de 1950, de forma análoga, onde os principais defeitos são originários de um pequeno número de causas (PALADINI, 1997).

Figura 03 – Exemplo de Gráfico de Pareto



Fonte: o autor.

### 3.3 Identificação da Causa Raiz

Ao identificar as falhas críticas forma-se um grupo heterogêneo com a finalidade de identificar o real motivo que geraram as falhas. Para isto, se faz a utilização do Diagrama de causa/efeito.

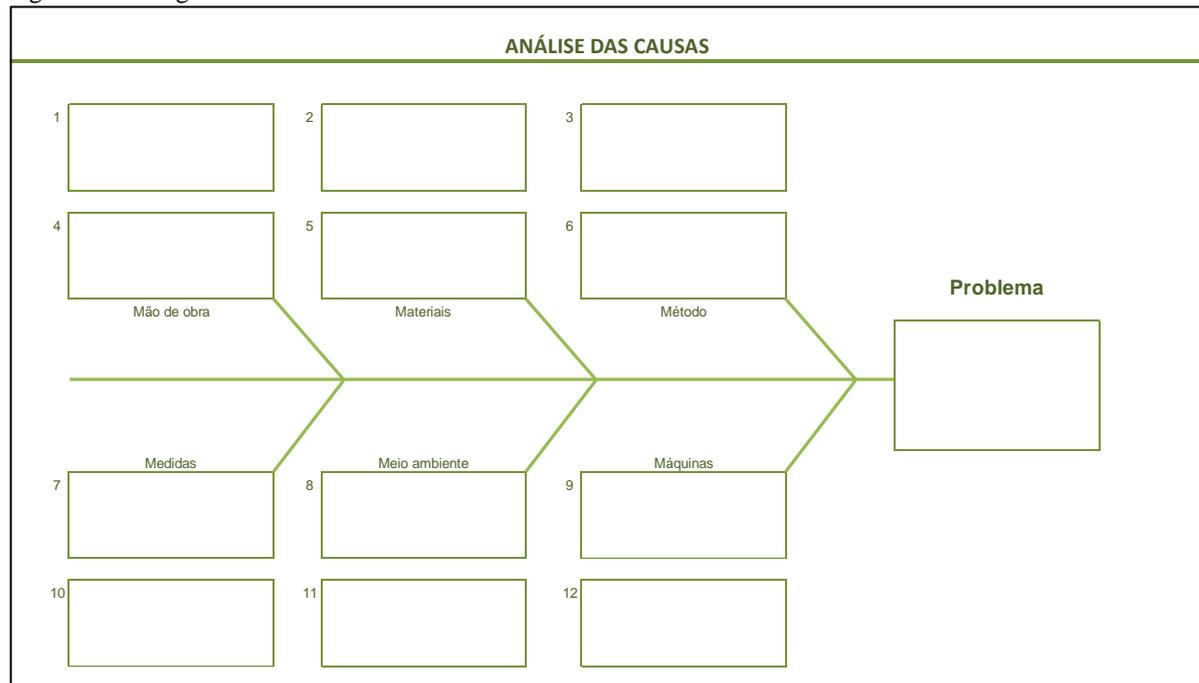
#### 3.3.1 Diagrama de Causa/Efeito

Campos (2004), para o entendimento do controle de processo é necessário diagnosticar a relação existente entre causa e efeito.

Efeito é a ocorrência de algo, oriundo de um processo ou um conjunto de processos, e, para cada ocorrência existe uma ou mais causas. Procurando identificar melhor a relação de causa e efeito, os japoneses criaram o Diagrama de Causa/Efeito também chamado de Diagrama de Ishikawa (CAMPOS, 2004).

O processo foi dividido em famílias de causas, matéria-prima, máquinas, medidas, meio ambiente, mão de obra e método, desta forma, o efeito tem sua origem ligada a uma dessas causas (CAMPOS, 2004).

Figura 04 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: o autor.

### 3.4 Implantação, verificação e monitoramento

Chegando a identificação da causa raiz e após passar por todas as outras etapas, define-se qual o setor responsável pela correção do problema e se estabelece um prazo para o cumprimento da tarefa.

A ferramenta de OEE continua o monitoramento para verificar se o problema foi resolvido e identificar novas falhas provindas do uso contínuo e desgaste do equipamento, estabelecendo assim, um ciclo de PDCA.

#### 3.4.1 Ciclo PDCA

De acordo com Campos (2004) PDCA – *Plan, Do, Check, Action* – é uma ferramenta utilizada para auxiliar no controle do processo. Ele é dividido basicamente em quatro fases, sendo que cada letra representa uma fase.

Planejamento (*Plan*) consiste em estabelecer metas, método para atingir as metas propostas sobre os itens de controle.

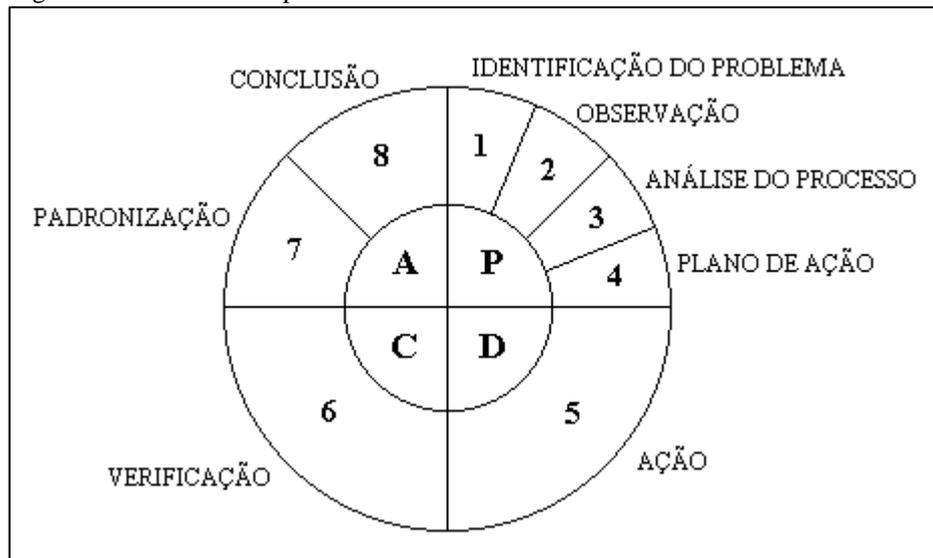
Execução (*Do*), nesta fase se executa as tarefas definidas na fase anterior exatamente como pré-estabelecida.

Verificação (*Check*) checa-se os dados apontados antes da execução com os dados obtidos após a mesma.

Atuação Corretiva (*Action*), nesta etapa são detectadas as falhas ou desvios não previstos, são realizadas correções de modo que essas falhas não voltem a ocorrer.

O ciclo PDCA utilizado na melhoria do nível de controle, não é repetitivo e consiste em atingir uma meta definida, esta meta se torna o novo nível de controle (CAMPOS, 2004).

Figura 05 – Ciclo PDCA para melhorias



Fonte: (CAMPOS, 2004, p.42).

## 4 RESULTADOS

Após a implantação e o monitoramento do indicador de OEE, iniciado em outubro de 2012 pela engenharia de manufatura, foi possível identificar oportunidades de melhorias na “Linha Alfa”. O objetivo inicial era aumentar a produção buscando atender a demanda necessária, e obter como meta de 70% do indicador de OEE.

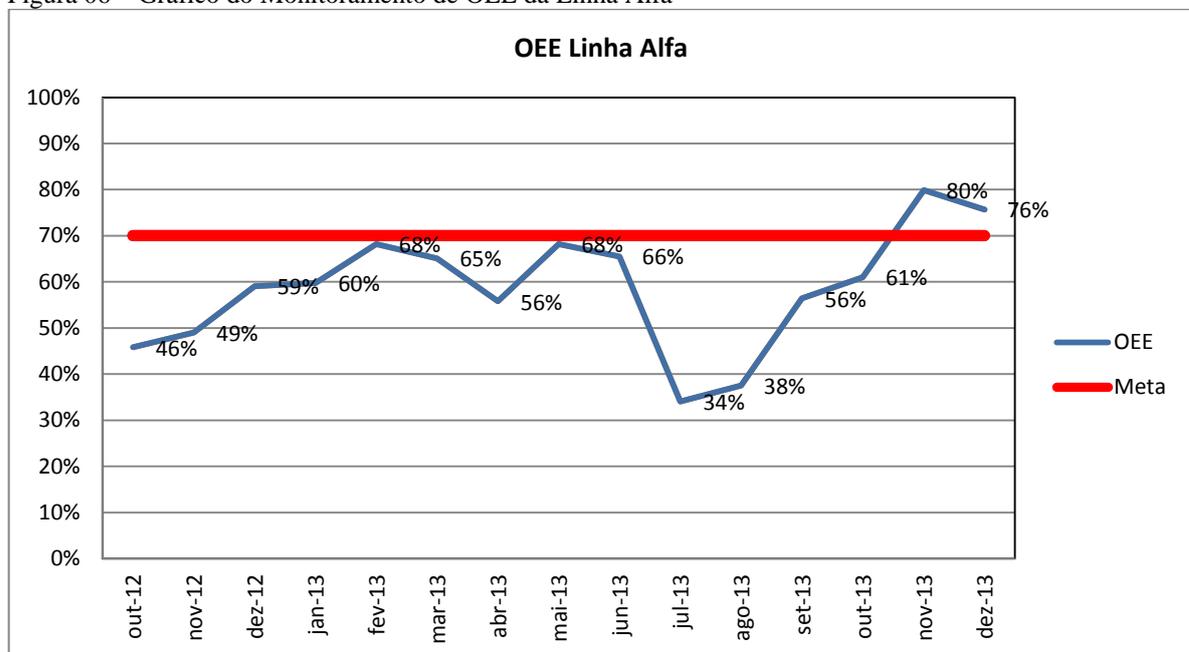
O indicador possibilitou diagnosticar quais as necessidades de cada máquina, direcionando os esforços e recursos objetivamente.

### 4.1 Resultados do Indicador OEE

Ao analisar o gráfico da figura 06, pode-se perceber o aumento da eficiência de 46% para 76% no período de um ano. Também é possível visualizar que não houve uma estabilidade do indicador, oscilando entre os meses de junho a outubro.

Monitorando a linha Alfa foi possível identificar algumas perdas durante o processo e algumas oportunidades de melhoria.

Figura 06 – Gráfico do Monitoramento de OEE da Linha Alfa



Fonte: o autor.

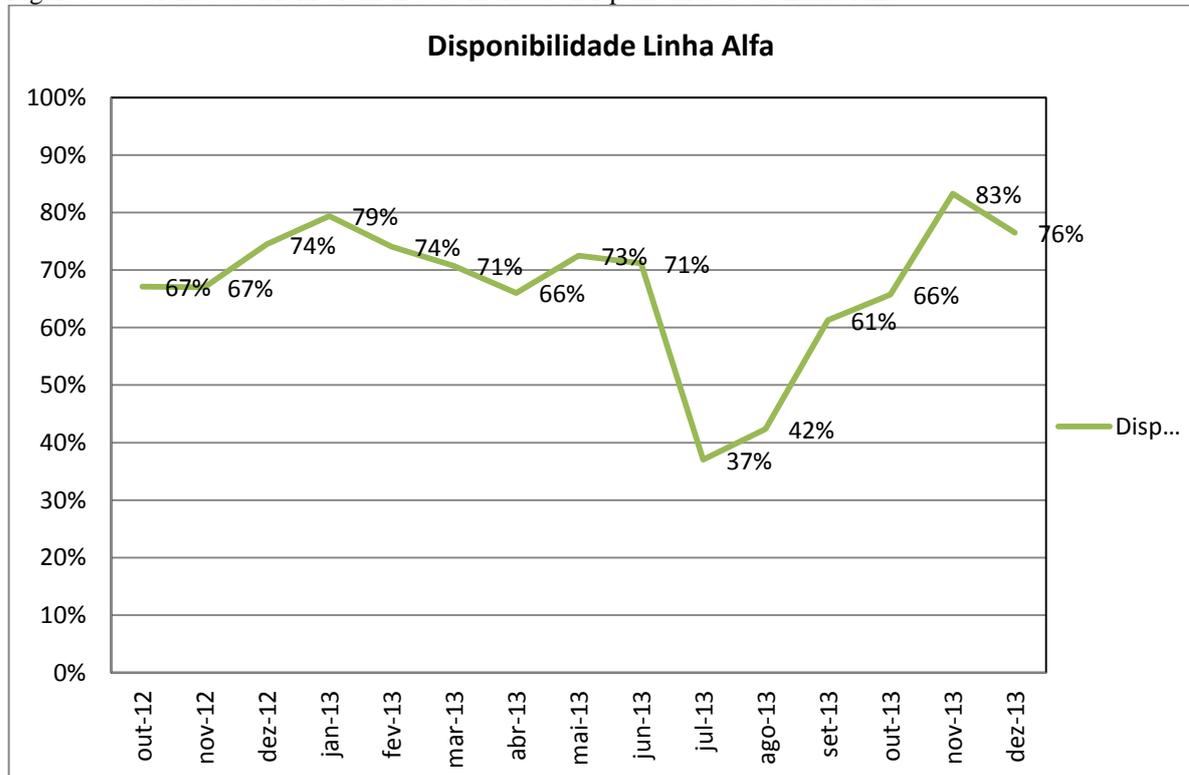
Com monitoramento dos dados através do ano de 2013 foi aplicado o *benchmark*, comparando a situação inicial do indicador com a atual, deste modo foi determinada uma nova meta para o ano de 2014, estabilidade do indicador e alcançar os 80% de OEE.

Durante todo o processo, cada índice de OEE, disponibilidade, performance e qualidade, foi monitorado de forma individual. O monitoramento de cada índice foi capaz de proporcionar um melhor resultado, vista que o aumento de cada um irá refletir no resultado da OEE.

#### 4.2 Resultados do Índice de Disponibilidade

O índice de disponibilidade é o fator restritivo do indicador de OEE na Linha Alfa, ao se comparar o gráfico da figura 06 com o gráfico da figura 07 pode-se notar que a queda do indicador está diretamente ligada com a queda da disponibilidade. Tratando-se de um processo complexo, pesado, onde à exigência do equipamento é muito grande e a utilização do mesmo é praticamente contínua, desprogramada somente aos domingos, as causas de falhas gerando manutenção e reparos são diversos, podendo necessitar de muito tempo para solucionar.

Figura 07 – Gráfico do Monitoramento do Índice de Disponibilidade da Linha Alfa

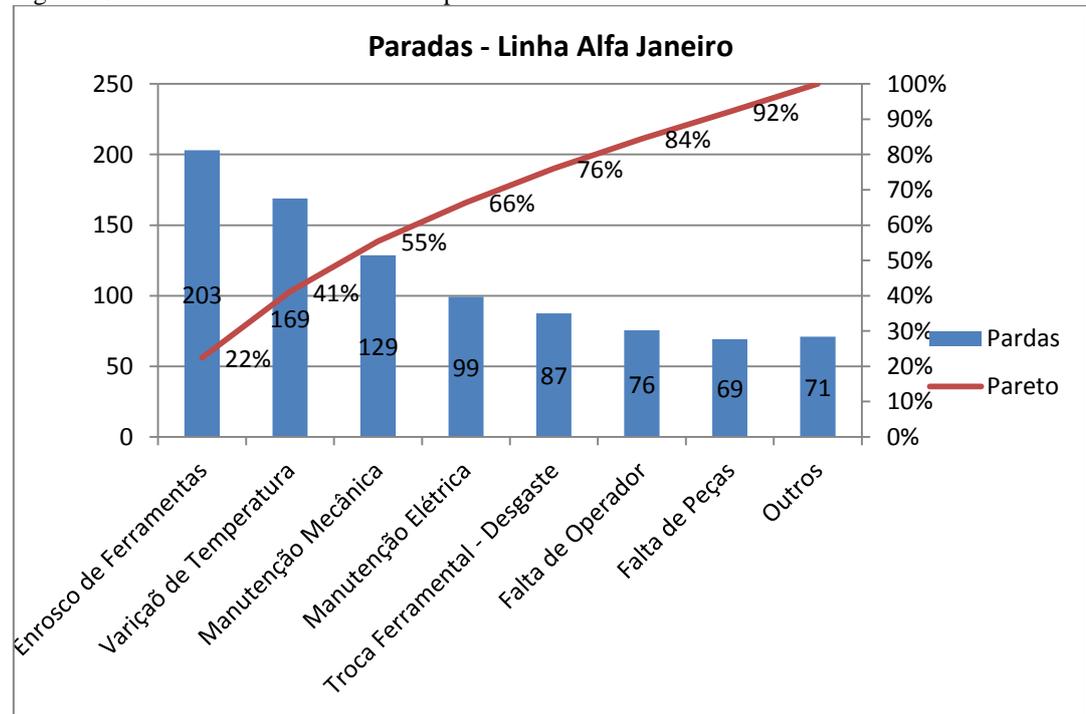


Fonte: o autor.

Durante os meses de julho e agosto a disponibilidade teve uma baixa devido à quebra de um dispositivo não comercial, foi necessário desenvolver um fornecedor para fabricação da mesma.

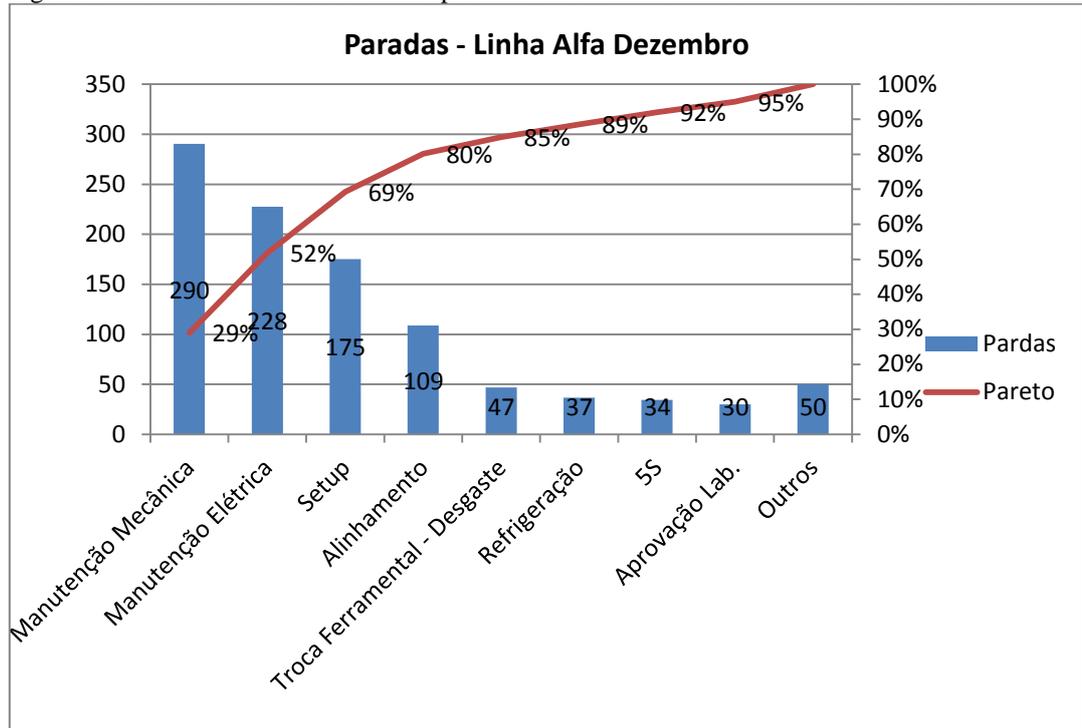
Para solucionar os problemas de disponibilidade é utilizado o Gráfico de Pareto direcionando os recursos e a metodologia do PDCA para execução e verificação da solução da causa raiz. Na figura 08 exemplos de paradas apontadas em janeiro de 2013, na figura 09 exemplos de paradas apontadas em dezembro de 2013.

Figura 08 – Gráfico de Pareto das Principais Paradas da Linha Alfa em Janeiro de 2013



Fonte: o autor.

Figura 09 – Gráfico de Pareto das Principais Paradas da Linha Alfa em Dezembro de 2013



Fonte: o autor.

Pode-se notar que as perdas: enrosco de ferramental, variação de temperatura, falta de peças e falta de operador não voltaram a se repetir.

A parada por enrosco de ferramental e variação de temperatura tinha como causa raiz a instabilidade do regulador de temperatura. Com o regulador oscilando a temperatura, as peças não atingiam a temperatura ideal, com as peças abaixo da temperatura ideal ocasionava o enrosco das ferramentas durante as operações, após ser solucionado este problema suas perdas zeraram ou se tornaram insignificantes.

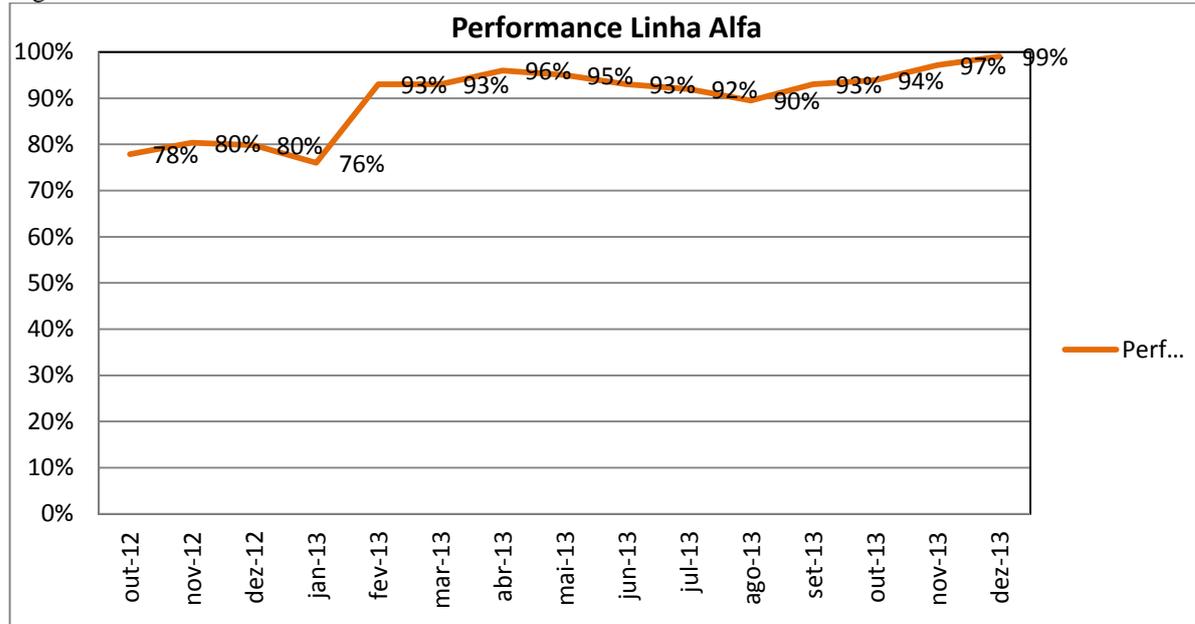
As paradas originárias pela falta de peças foram solucionadas pela logística e produção através da reprogramação da linha e trabalho de reposição de matéria-prima.

Em dezembro de 2013 as falhas ocasionadas por manutenção elétrica e mecânica, e troca de ferramental por desgaste continuaram a se repetir, neste caso o indicador de OEE possibilitou diagnosticar que para solucionar estes problemas necessitaria da aprovação de utilização de mais recursos para o ano de 2014. Também para o ano de 2014 foi criado um plano de ação para a redução das perdas por *setup*.

### 4.3 Resultados do Índice de Performance

O índice de performance obteve resultados melhores que o de disponibilidade, com valores iniciais de 78% e um aumento de 21% alcançou a marca de 99% de eficiência, a figura 10 demonstra o crescimento do índice.

Figura 10 – Gráfico do Monitoramento do Índice de Performance da Linha Alfa



Fonte: o autor.

A crescente do índice de performance se deve principalmente pela tomada de duas ações: solucionar a falta de mão de obra e melhorias nos ciclos das máquinas.

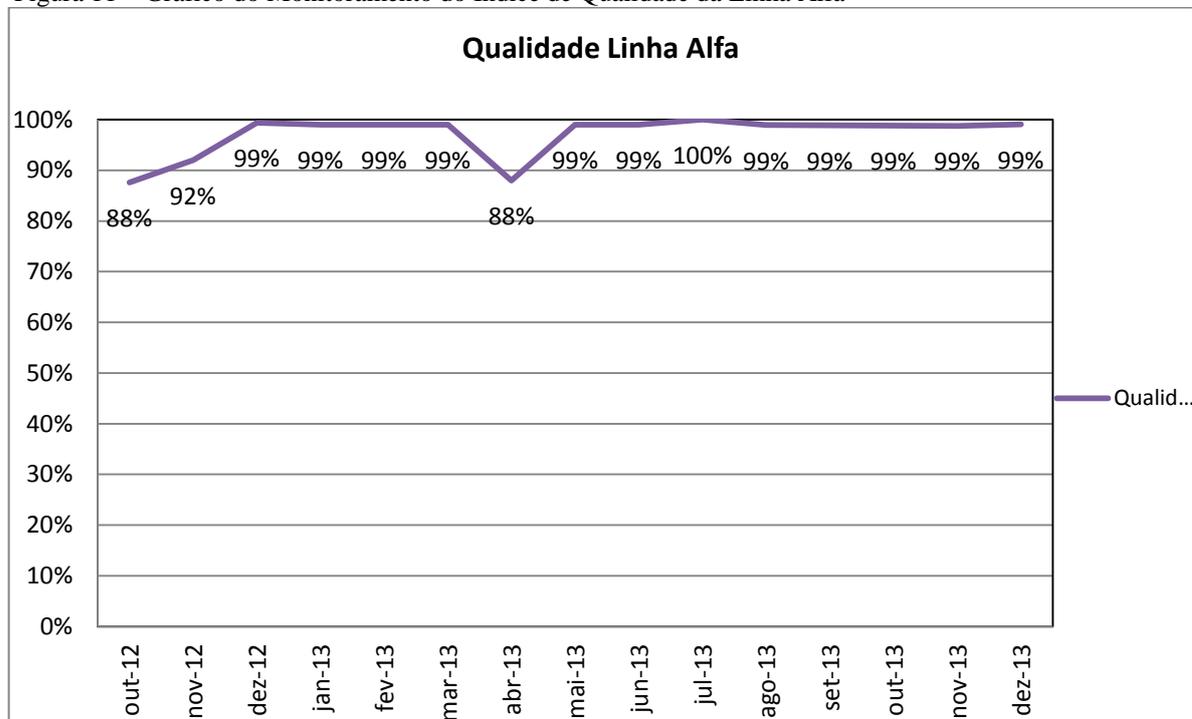
Ao resolver o problema de falta de mão de obra foi possível a elaboração de um treinamento operacional, efetuando o nivelamento de todos os funcionários responsáveis por operarem as máquinas.

A obtenção da diminuição do tempo gasto para a produção de uma peça, melhoria do ciclo, foi efetuada pela manutenção em duas etapas. Na primeira etapa foi realizada uma melhoria na alimentação da máquina, a segunda etapa foi a alteração de velocidade de recuo e avanço do ferramental.

#### 4.4 Resultados do Índice de Qualidade

Ao observar a figura 11, nota-se que o índice de qualidade foi o que obteve menor ganho de percentual, se mantendo mais estável que os índices de performance e disponibilidade, este fato ocorreu porque a empresa sempre priorizou a qualidade, buscando manter o mais baixo possível seus índices de refugos e retrabalhos. Uma fábrica com alto índice de refugo tende ao fracasso, pois esta estaria utilizando-se de mais recursos que o necessário para a produção.

Figura 11 – Gráfico do Monitoramento do Índice de Qualidade da Linha Alfa



Fonte: o autor.

Em abril de 2013 houve uma queda de 11% na qualidade, isso se deve a falha do ferramental utilizado no processo de produção.

Os ferramentais utilizados para a fabricação das peças não tinham confiabilidade e precisão de dimensional durante todo processo, a quantidade de peças que o ferramental estava suportando era menor que o limite mínimo que o mesmo deveria suportar de acordo com procedimento operacional, conseqüentemente as peças não mantinham suas geometrias dentro especificado. Após a verificação desta falha o procedimento operacional foi alterado, onde o operador deve verificar a geometria das peças a cada quantidade específica de produção. A qualidade do processo estabilizou, e a meta adotada atualmente é de 99%.

## 5 CONCLUSÃO

Com a necessidade de melhorar o processo de produção, reduzindo custos e eliminando os desperdícios, com o objetivo de manter-se competitiva e atuante no mercado, a Toyota, administrada por Ohno implantou o sistema *Justin-in-time*, que viria mais tarde, a ser utilizado por diversas empresas dos mais variados seguimentos possíveis.

No sistema Toyota pode-se destacar a criação do *Kanban*, responsável por manter a controle do fluxo de peças dentro do *Just-in-time*, *Jidoka* e Autonomia, possibilitando o aumento da eficiência de produção, TPM criada por Nakajima, permitindo através do OEE o monitoramento do desempenho das máquinas, conseqüentemente aumentando a confiabilidade e o tempo disponível de cada máquina para produzir.

O monitoramento através da Eficiência Global dos Equipamentos, OEE, possibilita de forma evidente diagnosticar qual ou quais as falhas antes imperceptíveis, estão ocorrendo com as máquinas no processo de produção. Com o acompanhamento de seus índices, disponibilidade, performance e qualidade a identificação da causa raiz se torna mais clara, possibilitando que as aplicações de recursos obtenham melhores retornos.

A implantação e o monitoramento da ferramenta de OEE na empresa de produção de válvulas automotivas para motores a combustão interna, foi determinante para a identificação de perdas e identificação de oportunidade de melhorias.

Monitorando cada índice de OEE individualmente, foi possível identificar a causa raiz dos problemas. As melhorias obtidas em um índice refletem no resultado final do indicador. No estudo de caso pode-se observar que o índice de disponibilidade é o mais crítico, sendo este o responsável por restringir os resultados finais de OEE. Ao resolver os problemas de manutenção apresentados provavelmente à meta estipulada para o ano de 2014 seja alcançada.

O nivelamento e a criação de um procedimento operacional permitiu que o índice de performance apresentasse uma tendência crescente durante os meses, estabilizando-se acima de 93% a partir de setembro.

O monitoramento da qualidade permitiu que este índice alcançasse os valores de 99%, mesmo sendo o índice que obteve o melhor resultado final, foi o de menor crescimento, pois o mesmo era monitorado antes da implantação da ferramenta de OEE. O crescimento de 11% em qualidade esta relacionado com as melhorias obtidas nos outros índices, pois operadores nivelados e máquinas adequadas para produção, diminuem o refugo e aumentam a produção de peças de boa qualidade.

Através da ferramenta OEE a empresa conseguiu melhorias significativas em seu processo, identificando as causas raízes e corrigindo-as, buscando a melhoria contínua. O acréscimo da eficiência do indicador em 30%, tendo como números iniciais 46% e finais de 76%, com a média de 60% possibilitou a verificação de seus objetivos em aumento de produção e cumprimento da demanda de vendas necessária.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.T. de; SOUZA, F. C. **Gestão da Manutenção**. Na direção da competitividade. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2001.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total no estilo japonês**. 2. ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Justin-in-time** autonomia e zero defeitos. Caxias do Sul: Educs, 1996.

GIL, A. C. **Como elabora projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991

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

MOURA, R. A. **Kanban: a simplicidade do controle de produção** 5. ed. São Paulo: IMAM, 1999.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM**. São Paulo: IMC, 1989

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

PALADINI, E. P. **Qualidade Total na Prática – implantação e Avaliação de Sistemas de Qualidade Total**. São Paulo: Atlas, 1997.

SCHONBERGER, R. J. **Técnicas industriais japonesas: nove lições ocultas sobre a simplicidade**. 4. ed. São Paulo: Pioneira, 1993.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: IMAM, 1993.