

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Engenharia de Produção**

**IMPLANTAÇÃO DO INDICADOR OEE PARA MELHORIA NOS  
PROCESSOS DE PRODUÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA  
REFUSÃO DE ALUMÍNIO**

*Gilsomar Silvestre de Matos Junior*

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Produção

**IMPLANTAÇÃO DO INDICADOR OEE PARA MELHORIA NOS  
PROCESSOS DE PRODUÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA  
REFUSÃO DE ALUMÍNIO**

**Gilsomar Silvestre de Matos Junior**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de  
Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.  
Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Aline Silva Culchesk

**Maringá - Paraná  
2016**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta conquista à minha querida Mãe, Maria Elizia, e à uma pessoa muito especial que não pôde me acompanhar durante esta caminhada, Clóvis Roberto.

*“O verdadeiro Mestre é um eterno aprendiz”.*

Master Yi

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço à minha mãe, Maria Elizia, que sempre foi meu grande amparo durante estes longos anos de caminhada, sempre me apoiou e deu forças para que eu não desistisse nas piores dificuldades.

Ao meu irmão José Luiz, que durante todo este tempo tem sido como um Pai pra mim, me ajudando e apoiando em todos os momentos.

Às minhas irmãs, Rose e Patrícia, por sempre me fortalecerem e ajudarem a realizar esta conquista.

Aos amigos de faculdade, que dividiram momentos especiais ao meu lado, sendo as melhores companhias: Carol, Karine, Jeane, Fernanda, Rafael, André, Matheus Yoneda, Pokevi, Willian e Vinicius.

Aos Demétrios, amigos que conheci durante a faculdade e que levarei pra vida inteira: Matheus, Lucas, Bruno, Murilo, Renato, João, Messi, Gabriel e Amir.

Aos colegas de trabalho, especialmente ao João Paulo e Rodrigo, que foram fundamentais para meu crescimento profissional e pessoal.

Aos professores que me acompanharam durante todos estes anos, especialmente à Aline, que foi minha orientadora para a realização deste trabalho, me guiando da melhor maneira possível.

Agradeço especialmente ao meu padrasto e amigo, Clóvis Roberto, que há muitos anos atrás me ajudou e aconselhou de maneira que nunca esquecerei e, apesar de não estar mais conosco, sem ele eu não conseguiria ter conquistado meu principal objetivo.

## RESUMO

Um ambiente cada vez mais competitivo e afetado pela atual crise financeira nacional, criou nas organizações uma grande necessidade de melhorias nos seus processos, de forma que as linhas de produção sejam mais eficientes e produtivas. Sendo assim, o presente trabalho apresenta a implantação do principal indicador ligado a eficiência produtiva, o *Overall Equipment Effectiveness* (Eficiência Global dos Equipamentos), onde sua correta utilização permitiu identificar processos ineficientes, equipamentos críticos e propor melhorias que auxiliaram no aumento da disponibilidade dos equipamentos e, conseqüentemente, do volume de produção. O trabalho foi desenvolvido no setor de Refusão de alumínio, em uma indústria metal mecânica localizada em Maringá-PR, onde foi possível identificar melhorias e aumentar o índice de Disponibilidade geral do setor, através do Indicador de OEE.

Palavras-chave: Eficiência Global dos Equipamentos; OEE; TPM; Manutenção Planejada.

# SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	i
Lista de Tabelas .....	ii
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	iii
1 Introdução.....	1
1.1 Justificativa .....	2
1.2 Definição e delimitação do problema .....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo geral .....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
2 Revisão da Bibliografia .....	4
2.1 Medida de Desempenho.....	4
2.2 Total Maintenance Productive .....	5
2.2.1 Manutenção Corretiva .....	9
2.2.1.1 Manutenção Corretiva Não Planejada.....	9
2.2.1.2 Manutenção Corretiva Planejada .....	9
2.2.2 Manutenção Preventiva .....	10
2.2.3 Manutenção Preditiva.....	11
2.2.4 Manutenção Autônoma.....	12
2.3 Overall Equipment Effectiveness .....	12
2.4 Indicador de Disponibilidade.....	17
2.5 Indicador de Performance .....	18
2.6 Indicador de Qualidade .....	20
2.7 Ferramentas da Qualidade.....	21
2.7.1 Gráfico de Pareto .....	21
2.7.2 Diagrama de Ishikawa .....	21
2.8 Estudos Correlatos .....	22
2.8.1 OEE – Utilização do Método para Análise da Real Produtividade dos Equipamentos .....	22
2.8.2 Implantação da OEE em uma indústria siderúrgica .....	23
3 Metodologia.....	24
4 Desenvolvimento.....	25
4.1 Caracterização da Empresa .....	25
4.2 Refusão de Alumínio .....	28

4.2.1	Processos Produtivos Refusão .....	28
4.2.1.1	Carregamento do Forno.....	29
4.2.1.2	Fusão do alumínio .....	29
4.2.1.3	Retirada de Escória.....	30
4.2.1.4	Análise de Amostra .....	31
4.2.1.5	Vazamento do Metal .....	32
4.2.1.6	Homogeneização e resfriamento .....	33
4.2.1.7	Corte e armazenamento .....	34
4.3	Coleta e Análise de Dados .....	34
4.3.1	Dados de Disponibilidade.....	35
4.3.2	Dados de Performance.....	37
4.3.3	Dados de Qualidade.....	38
4.3.4	Dados da OEE .....	39
4.4	Proposta de Melhorias .....	40
4.5	Resultados Obtidos .....	47
5	Conclusão .....	52
6	Referências .....	53



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Pilares TPM. ....	8
Figura 2-2: Fórmula da OEE .....	14
Figura 2-3: Gráfico de Pareto .....	21
Figura 2-4: Diagrama de Ishikawa .....	22
Figura 4-1: Vista aérea da Empresa.....	26
Figura 4-2: Organograma .....	27
Figura 4-3: Fluxograma dos Processos.....	29
Figura 4-4: Forno de Fusão .....	30
Figura 4-5: Vazamento de Tarugos de 4 polegadas .....	33
Figura 4-6: Forno de Homogeneização .....	33
Figura 4-7: Relatório de Parada de Máquina da Refusão .....	34
Figura 4-8: Horas Programadas.....	35
Figura 4-9: Indisponibilidade de Manutenção.....	36
Figura 4-10: Indisponibilidade de Processos.....	36
Figura 4-11: Disponibilidade.....	37
Figura 4-12: Performance de Produção .....	38
Figura 4-13: Índice de Qualidade .....	39
Figura 4-14: OEE Refusão .....	40
Figura 4-15: Diagrama Causa e Efeito .....	41
Figura 4-16: Número de Quebras da Refusão .....	43
Figura 4-17: Pareto de Quebras .....	44
Figura 4-18: Formulário de Análise de Causa Raiz .....	46
Figura 4-19: Plano de Ação Inicial.....	47
Figura 4-20: Indisponibilidade de Manutenção.....	48
Figura 4-21: Indisponibilidade de Processos.....	48
Figura 4-22: Disponibilidade.....	49
Figura 4-23: Performance de Produção.....	49
Figura 4-24: Indicador de Qualidade.....	50
Figura 4-25: Indicador de OEE .....	50

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 2-1: Benefícios TPM. ....	7
Tabela 2-2: Seis Grandes Perdas OEE .....	16
Tabela 4-1: Especificação Interna de Composição Química.....	32
Tabela 4-2: Plano de Manutenção Preventiva .....	42
Tabela 4-3: Matriz de Quebra/Falha do Forno de Fusão.....	45
Tabela 4-5: Ganhos levantados .....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

D.C.	<i>Direct Casting</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PCP	Planejamento e Controle da Produção
TEEP	<i>Total Effectiveness Equipment Performance</i>
TPM	<i>Total Productive Manintenance</i>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor de alumínio no Brasil, assim como toda a indústria metal mecânica, têm sofrido com a grande concorrência dos produtos asiáticos, onde, com a abertura do mercado, organizações e empresas que não se adaptem à alta competitividade e melhore seus processos e custos de fabricação irão sucumbir perante a globalização.

Para Hansen (2006), empresas devem concentrar seus esforços para terem preços competitivos, porém, de mesma forma, aumentar a eficiência de seus processos industriais. Desta maneira, é importante que uma organização maximize os mesmos processos a fim de atingir os maiores índices possíveis entre custo, performance e qualidade.

A utilização do indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), em português Eficiência Global dos Equipamentos, tende a auxiliar nas melhorias dos processos de produção, tangendo três dos principais indicadores de produção, nos quais: Índice de Disponibilidade ou Grau de Utilização; Índice de Eficiência ou de Performance e Índice de Qualidade.

Esta abrangência faz com que a utilização do indicador OEE se torne obrigatório em organizações nas quais buscam extrair do seu sistema produtivo tudo o que realmente ele tem a oferecer, ou seja, aumentar sua performance de produção. Assim como produzir com qualidade, evitando ao máximo gerar perdas no processo ou refugos de produtos.

O indicador OEE vem da filosofia TPM, *Total Productive Maintenance*, ou em português Manutenção Produtiva Total, metodologia na qual tem foco principal nas perdas e paradas do equipamento/máquina, gerando ociosidade, custos e diminuindo a produção do setor. Onde, diminuindo índices de paradas de máquina, maior será sua disponibilidade de produção, apesar de não alterar a produtividade do equipamento.

Este trabalho abordou as lacunas e ineficiências produtivas no setor de Refusão de alumínio, em uma Indústria Metal Mecânica, situada em Maringá-PR, na qual a implantação e monitoria do indicador OEE contribuirá para a otimização nos processos de produção do setor.

## 1.1 Justificativa

O cenário atual demanda produtos com ótima qualidade e baixo custo, onde apenas empresas que atendam estes requisitos conseguirão se manter no mercado. A melhora na eficiência produtiva impacta direta e positivamente na redução de custos de produção, onde essa melhoria também deve estar atrelada a uma qualidade maior nos processos. O setor da empresa no qual o trabalho será desenvolvido, apresenta algumas ineficiências e oportunidades de melhoria, tais como poucos indicadores de produção e conhecimento sobre sua real capacidade, gerando assim dificuldades de se analisar as verdadeiras condições de utilização do maquinário e dos recursos produtivos. A implantação, e uma análise semanal e mensal do indicador de OEE, possibilitará os gestores da área a encontrar, e propor melhorias, a possíveis gargalos de produção, ineficiências na qualidade do processo e fluxos produtivos. A empresa onde este trabalho será desenvolvido tem dois processos produtivos distintos: Refusão de alumínio e Extrusão de tarugos de alumínio. O setor de refusão, onde foi implantado o indicador de OEE, é responsável por produzir cerca de 50% do tarugo de alumínio (matéria prima), utilizada no setor de extrusão. A principal justificativa por esta decisão se deve ao fato da produção interna do tarugo de alumínio ter um custo menor, a partir de uma certa produção mensal, do que a compra de matéria prima externa. Para que se torne vantajoso a utilização do tarugo interno, a Refusão deve produzir uma quantidade grande mensalmente, diluindo assim seus custos fixos e tornando o custo de produção menor. A este fato se deve uma necessidade de aumento na produtividade do setor, encontrando ineficiências que prejudiquem uma capacidade maior de produção, sem envolver troca de maquinários ou investimentos maiores que não deem um retorno imediato.

Entretanto, o setor apresenta uma grande deficiência em saber sua real capacidade. Há indicadores de produção, porém irrelevantes para se analisar a eficiência do maquinário. Ou seja, o setor não tem conhecimento sobre: a ineficiência na performance produtiva, os tempos de paradas de máquina por processo ou manutenção, índice de itens com defeito ao final do processo.

Desta maneira, a implantação e uma análise concreta do OEE, no setor de Refusão, será fundamental para saber se o equipamento está operando com sua total capacidade, se há ociosidade de maquinário, gargalos de produção e, a partir disso, propor melhorias e/ou investimentos que sejam significativos na busca por um desempenho superior no setor.

## **1.2 Definição e delimitação do problema**

Apesar de não se tratar do setor que vende o principal produto da empresa, a Refusão se torna altamente vantajosa e de grande importância para a diminuição dos custos de transformação e fabricação do produto final, o que se torna vital para a sobrevivência da empresa. O problema estudado em questão é a falta de Indicadores de Produção, principalmente voltado à eficiência produtiva, nos quais são necessários apontar se processos estão de acordo ou não.

Para a solução do problema, foi decidido entre a coordenação do setor de Refusão e de Manutenção para que fossem criados tais indicadores. O Indicador OEE, gerado através da Performance, Disponibilidade e Qualidade, foi utilizado como medidor da eficiência dos processos de produção, onde o mesmo permitiu uma análise de onde havia oportunidades de melhoria.

## **1.3 Objetivos**

Nos tópicos 1.3.1 e 1.3.2 serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho.

### **1.3.1 Objetivo geral**

Implantar o indicador “*Overall Equipment Effectiveness*” – OEE, no setor de Refusão de Alumínio em uma indústria metal mecânica.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Este trabalho tem como objetivo específicos os seguintes pontos:

- Demonstrar os métodos que foram utilizados para o cálculo do OEE;
- Identificar gargalos produtivos;
- Analisar a capacidade real de produção do setor;
- Propor melhorias no processo;

## 2 REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

Nos tópicos 2.1 a 2.5, serão apresentados os tópicos da literatura utilizada como base para o desenvolvimento do trabalho, desde fatores de medidas de desempenho, metodologia TPM, *Overall Equipment Effectiveness* e seus componentes.

### 2.1 Medida de Desempenho

Para Slack et al (1997), para que se possa idealizar possíveis melhorias nas operações de produção, é necessário saber se o atual desempenho das operações são ou bons ou ruins. Desta forma, todas as operações produtivas devem possuir alguma forma de medida de desempenho, como um pré-requisito para o melhoramento.

Segundo Slack et al (1997), a medida de desempenho é o processo de quantificar a ação, sendo que medida significa o processo de quantificação e o desempenho da produção é presumido como derivado de ações tomadas por sua administração.

Para Goessler (2009), a medida é quantificada, geralmente através de indicadores de desempenho, resultando em diversas medidas individuais. Ao agrupar essas medidas em um conjunto, forma-se um sistema de medição de desempenho, o qual pode possuir diferentes estruturas, o que vai depender da escolha do sistema a ser utilizado pela organização.

Desta maneira, é necessário fazer um julgamento se o desempenho é bom, ruim ou indiferente, onde deverá ser feita uma comparação entre as medidas tomadas com padrões. Segundo Slack et al (1997), há quatro tipos de padrões que são comumente utilizados.

- **Padrões Históricos:** trata-se do processo de comparar o desempenho atual com desempenhos medidos anteriormente. Os padrões de desempenho histórico são efetivos quando julgam se uma operação está melhorando ou piorando com o tempo;
- **Padrões de Desempenho Alvos:** são aqueles estabelecidos de maneira a julgar se algum nível de desempenho é visto como adequado ou razoável;
- **Padrões de Desempenho da Concorrência:** é feita uma comparação entre o desempenho atingido pela produção com aquele que está sendo atingido por um ou

mais concorrentes da organização. A vantagem deste padrão é que eles relacionam o desempenho de uma operação diretamente à habilidade de seus concorrentes de mercado;

- **Padrões de Desempenho absolutos:** este tipo de padrão é tomado de acordo com os limites teóricos, remetendo a possíveis números que talvez não sejam atingíveis na prática, mas que se tratam de um norte para fazer a análise sobre a atual situação dos desempenhos medidos.

Para Slack et al (1997) cada tipo padrão tem características únicas e que se enquadram com a maioria das organizações, podendo ser utilizados em conjunto, porém é ideal que a comparação seja feita com o padrão que reflete as características do processo no qual houve a medida de desempenho.

## **2.2 Total Maintenance Productive**

Segundo Takahashi *et al* (1990), o TPM está entre os métodos mais eficazes para transformar uma fábrica em uma operação com gerenciamento orientado para o equipamento, coerente com as mudanças da sociedade contemporânea. Sendo que a primeira exigência para essa transformação é que todos, desde a alta gerência até o chão-de-fábrica, voltem sua atenção a todos os componentes da fábrica, reconhecendo o valor do gerenciamento orientado para o equipamento.

Xenos (1998), discorre que a manutenção produtiva visa otimizar fatores econômicos da produção, garantindo uma melhor utilização e maior produtividade dos equipamentos com custo mais baixo. A manutenção produtiva abrange todas as etapas do ciclo de vida dos equipamentos, desde a sua especificação até o sucateamento, levando em consideração os custos de manutenção e a produtividade do equipamento ao longo do ciclo de vida.

A manutenção produtiva total atua no comportamento das pessoas e na forma com que resolvem os problemas, não somente relacionado a manutenção, mas todos diretamente ligados ao processo produtivo, tendendo a alcançar o chamado zero falha ou zero quebra. Segundo Kardec (2001), a manutenção de instalações tem por objetivo principal mantê-las operando nas condições para as quais foram projetadas, e fazer com que retornem a tal condição, caso a tenham deixado de desempenhar. Uma instalação mantida, com baixíssimas interrupções, acaba por trazer à empresa uma vantagem competitiva sobre seus concorrentes.



Durante a década de 1970, de acordo com Suzuki (1994), muitas das maiores indústrias japonesas, desde montagem até fabricação, começaram a investir cada vez mais em novos equipamentos e em automação dos processos, visando se tornar mais sofisticadas e modernas. Seguindo esta tendência de automação de processos, notou-se a necessidade de melhorar o sistema de gestão da manutenção, sendo este o ponto marcante para o surgimento da metodologia de manutenção produtiva total. Agregando valor à esta metodologia, a manutenção preventiva estava em ascensão, onde se tinha como objetivo a busca pela redução de perdas e defeitos.

Para a metodologia TPM, são considerados cinco objetivos básicos:

- Maximizar o grau de utilização dos equipamentos;
- Desenvolver um sistema de manutenção produtiva que auxilia no tempo de vida útil do equipamento;
- Diminuir custos de produção;
- Envolver diversos departamentos na implantação do TPM, para que haja uma ligação entre os mesmos;
- Envolver empregados, desde a alta gerência até os operadores de chão-de-fábrica;

Segundo Suzuki (1994), a TPM se desenvolveu e cresceu primeiramente nas indústrias automobilísticas japonesas, se enraizando para clientes e fornecedores e mais a frente se disseminou entre indústrias de diversos seguimentos. Os principais motivos pela rápida disseminação são os grandes resultados dramáticos, visíveis transformações do local de trabalho e nível de conhecimento e habilidades dos empregados de produção e manutenção.

De acordo com Martins e Laugeni (2005), a abordagem de TPM é mais gerencial e comportamental, do que uma mudança nas atividades manutentivas propriamente ditas. Isto quer dizer que a relação da mudança e das melhorias ocasionados pelo TPM vem diretamente do comportamento das pessoas envolvidas, desde o chão-de-fábrica até a alta diretoria, onde todos têm o dever de zelar pelo equipamento, tendo a ciência de que grandes paradas são originadas através de pequenos problemas de fácil resolução.

Na Tabela 2-1, estão descritos alguns dos benefícios que, segundo Suzuki (1994), podem ser gerados com a TPM:

<b>Benefícios Tangíveis</b>
Números de paradas repentinas.
Descrição global da eficiência da planta.
Razão de defeito de processo abaixo de 90%.
Reinvindicações do cliente abaixo de 75%.
Custos de produção abaixo de 30%.
Acidentes 0.
Poluição 0.
<b>Benefícios Intangíveis</b>
Alcançar gerenciamento próprio por completo, onde os próprios operadores fazem parte da manutenção de seus equipamentos.
Eliminar paradas e defeitos, estabelecendo confiança e atitude própria.
Fazer de locais sujos e desorganizados, limpos e organizados.
Dar aos visitantes da fábrica uma melhor imagem, sendo possível alavancar vendas.

**Tabela 2-1: Benefícios TPM**  
Fonte: Adaptado Suzuki, 1994.

De acordo com Nakajima (1989) a TPM é uma metodologia de melhoramento, com um foco à otimização dos equipamentos, eliminando falhas e possíveis causas, promovendo um estilo de manutenção exercida pelos próprios operadores de produção e integradas nas suas atividades diárias, dessa maneira levando à um aumento na produtividade conseguida à custa de uma maior disponibilidade dos equipamentos para os processos de produção.

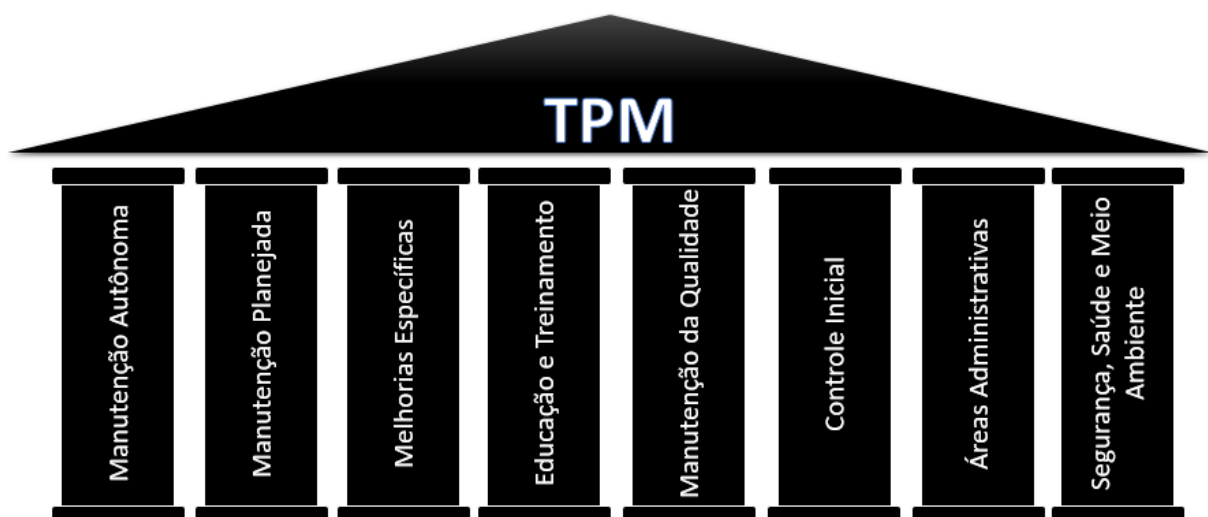
De acordo com Martins e Laugeni (2005), para aumentar a produtividade dos equipamentos, a manutenção produtiva total sugere o ataque às denominadas seis grandes perdas, todas decorridas de problemas relacionados à manutenção:

- Perda 1 – relacionadas às quebras, onde muitos itens deixam de serem produzidos porque a máquina quebrou. Deve ser combatida com uma manutenção preventiva eficaz;
- Perda 2 – *setup*, onde muitos itens deixam de serem produzidos devido à máquina estar sendo preparada ou ajustada para a fabricação de um novo item;

- Perda 3 – pequenas paradas e tempo ocioso, onde a produção é afetada em decorrência de pequenas paradas no processo para pequenos ajustes ou por ociosidade;
- Perda 4 – baixa velocidade, ocorre quando o equipamento está em funcionamento, porém por alguma falha o mesmo não opera dentro de suas normalidades, prejudicando, principalmente, a produtividade do equipamento;
- Perda 5 – qualidade insatisfatória, são os itens considerados como perdidos por qualidade insatisfatória;
- Perda 6 – perdas por *startup*, são os itens considerados como perdidos por qualidade insatisfatória devido ao início da operação do equipamento.

O objetivo principal da manutenção produtiva, não é somente evitar falhas nos equipamentos, mas aplicar a melhor combinação de métodos de manutenção para que a produção não seja prejudicada, obtendo assim um resultado econômico elevado para toda a empresa (XENOS, 1998).

Para Suzuki (1994), o TPM deve ser sustentado por oito princípios básicos, onde cada um destes princípios tem função de sustentação da filosofia. A Figura 2-1 demonstra os oito pilares fundamentais para o TPM:



**Figura 2-1: Pilares TPM**  
Fonte: Adaptado Suzuki, 1994.

### **2.2.1 Manutenção Corretiva**

Todo e qualquer tipo de manutenção tem sua grande importância dentro de um sistema produtivo, e de acordo com Xenos (1998), a utilização de um não implica a não utilização de um outro. Muitas vezes, a manutenção corretiva é julgada como vilã, pois sua atuação, para leigos, é apenas quando algo de ruim aconteceu a um equipamento. Porém, se tratada estrategicamente, ela pode trazer inúmeras vantagens. Neste tipo de manutenção, são tratados apenas os atendimentos de emergência, onde a se espera até a falha se tornar evidente para então atuar e corrigi-la.

Para Kardec (2001), a manutenção corretiva, por tratar de problemas e eventos relacionados à falhas e quebras, ocasiona a paralisação do processo produtivo. Devido a este ponto, ela se torna bastante onerosa ao tratar de aspectos econômicos. Nas indústrias mais modernas, este tipo de manutenção não é a mais adequada, pois não possibilita segurança para o cumprimento de prazos num plano de produção.

#### **2.2.1.1 Manutenção Corretiva Não Planejada**

Se trata da correção da falha de maneira aleatória. A mesma é executada no momento em que o defeito ocorreu, ou em momentos logo em seguida. Implica na paralisação total, ou parcial, do processo, ocasionando perdas de produção, perdas na qualidade e elevação dos custos indiretos de produção. Seu principal objetivo é fazer com que o equipamento volte a trabalhar, em suas condições normais, o mais rápido possível.

#### **2.2.1.2 Manutenção Corretiva Planejada**

Ocorre quando é necessário fazer uma correção do desempenho menor do que o esperado, ou da falha, por decisão gerencial. A manutenção é efetuada em um período programado, com intervenção e acompanhamento do equipamento, desde que o defeito não implique necessariamente na ocorrência de uma falha. Caso a decisão seja deixar o equipamento funcionando até quebrar, é recomendado que se compartilhe com outros defeitos relatados anteriormente e tomar ação preventiva e naturalmente econômica. Este planejamento é fundamental e deve considerar fatores diversos para o não comprometimento do processo produtivo.

### **2.2.2 Manutenção Preventiva**

Para Xenos (1998), a manutenção preventiva, feita periodicamente, deve ser a principal atividade da manutenção em qualquer empresa. Ela envolve algumas tarefas sistemáticas, tais como inspeções, reformas e trocas de peças, principalmente. Uma vez estabelecida, a manutenção preventiva deve ter caráter obrigatório, para que sempre traga os benefícios. Se comparada com a manutenção corretiva, levando em consideração apenas os custos de manutenção, a manutenção preventiva é mais cara, pois as peças devem ser trocadas e os componentes devem ser reformados antes de atingirem seus limites de vida. Em compensação, a frequência da ocorrência das falhas diminui, a disponibilidade dos equipamentos aumenta e também diminuem as interrupções inesperadas da produção. Ou seja, o custo total, em várias situações, acaba sendo mais barato que a manutenção corretiva, pelo fato de se ter o domínio das paradas dos equipamentos, ao invés de se ficar sujeito às paradas inesperadas por falhas nos equipamentos.

Seu principal objetivo, segundo Suzuki (1994), é prolongar a vida útil do equipamento e evitar falhas aleatórias. A manutenção preventiva transforma a manutenção corretiva em manutenção pró ativa, sendo que esta mudança ocasiona redução de custos derivados pelas paradas, ganha na eficiência dos equipamentos, uma vez que os mesmos só irão parar em momentos programados.

Segundo Xenos (1998), muitas empresas acreditam ter um esquema eficiente de manutenção preventiva. Mas, o que realmente acontece, é que o tempo reservado para a realização da manutenção preventiva acaba sendo usado naquelas falhas que surgem no dia a dia da produção. Em geral, os itens de manutenção preventiva ficam de lado e não são cumpridos. Sem uma boa manutenção preventiva, as falhas tendem a aumentar e ocupar todo o tempo do setor de manutenção. Também pode acontecer que, mesmo com o cumprimento sistemático da manutenção preventiva, as falhas não diminuam. A causa deste fenômeno pode estar tanto na falta de padrões e procedimentos de manutenção, quanto no conhecimento e habilidades insuficientes dos técnicos de manutenção e operadores da produção.

Para Kardec (2001), a implementação da manutenção preventiva varia bastante. Alguns programas são extremamente limitados e consistem de lubrificação e ajustes menores. Os programas mais abrangentes de manutenção preventiva programam reparos, lubrificação, ajustes, e recondiçionamentos de máquinas para toda a maquinaria crítica na planta industrial.

O denominador comum para todos estes programas de manutenção preventiva é o planejamento da manutenção x tempo.

### **2.2.3 Manutenção Preditiva**

A manutenção preditiva consiste, principalmente, no monitoramento das condições de operação do equipamento para detectar sinais de desgaste que possam preceder falhas. Para Xenos (1998), o objetivo do programa de manutenção preditiva é realizar um acompanhamento e mapeamento do desgaste dos equipamentos, intervindo antes que o mesmo falhe.

Para Kardec (2001), a premissa comum da manutenção preditiva é que o monitoramento regular da condição mecânica real do equipamento, o rendimento operacional, e outros indicadores da condição operativa da máquina e sistemas do processo. A manutenção preditiva também é um meio de se melhorar a produtividade, a qualidade do produto, o lucro e a eficiência global dos equipamentos. Ela também minimiza o número e os custos gerados por paradas e falhas não programadas.

A técnica de manutenção preditiva tem sido cada vez mais divulgada, como algo avançado e alheio aos outros métodos de manutenção. Devido ao uso de tecnologia avançada, a manutenção preditiva costuma ser tratada de forma diferenciada dentro das empresas, quase como uma ciência avançada demais para ficar na mão de qualquer pessoa. A manutenção preditiva otimiza a troca das peças ou reforma dos componentes e estende o intervalo de manutenção, pois permite prever quando a peça ou componente estarão próximos do seu limite de vida.

Atualmente, existem muitas tecnologias para monitorar os equipamentos e prever possíveis falhas, porém são necessários o conhecimento e a experiência das pessoas para a utilização correta destas ferramentas, tais quais:

- Análise de vibração, onde ocorre a detecção de folgas e desbalanceamentos em partes dos equipamentos;
- Termografia, para detectar anomalias térmicas em partes dos equipamentos;
- Ferrografia, verificação do nível de contaminação do óleo.

Para Suzuki (1994), a manutenção preditiva é a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo parâmetro obedece a uma sistemática, ou seja, tem por objetivo prevenir falhas através de acompanhamento de diversos parâmetros, e tem a vantagem de prever as condições dos equipamentos com estes ainda em movimento contribuindo para o aumento da disponibilidade.

#### **2.2.4 Manutenção Autônoma**

A manutenção autônoma é um dos pilares do processo de TPM. O objetivo da Manutenção Autônoma é a capacitação técnica do time operacional relacionada com o cuidado dos equipamentos treinado nos insumos relacionados ao equipamento e os elementos de máquina que corresponde ao seu equipamento, e, segundo Nakajima (1989), ela tem como base algumas ações principais, como:

- Evitar a deterioração dos equipamentos através da operação correta e de inspeções de pontos mais importantes, identificando assim possíveis anomalias presentes;
- Levar o equipamento ao seu estado inicial através da restauração e gerenciamento do equipamento pelo operador;
- Estabelecer as condições básicas necessárias para a manutenção permanente do bom estado do equipamento.

A manutenção autônoma deve motivar o operador a cuidar da máquina, realizando sua inspeção, lubrificação e limpeza, de modo que esta tarefa não seja apenas do operador mecânico responsável pela máquina. Uma das funções mais importantes é detectar e tratar com prontidão as anomalias do equipamento, que é precisamente um objetivo da boa manutenção.

### **2.3 Overall Equipment Effectiveness**

Com o surgimento no final dos anos 80 e início dos anos 90, a Eficiência Global do Equipamento é uma ferramenta que atua na medição do real desempenho dos processos de produção, por meio de inter-relacionamento de indicadores de disponibilidade, qualidade e desempenho. Tem grande relevância como sendo um agente de mudança para unir a manutenção, as operações humanas e a engenharia, visando obter níveis superiores de desempenho em uma instalação industrial (HANSEN, 2006).

Para *Vorne Industry* (2002), OEE é uma maneira de identificar ineficiências e melhorar os processos de fabricação, desde células de montagens, linhas de produção e etc. O sistema de medição é simples e prático, desde que seja implantado de maneira correta. Leva em consideração os pontos mais importantes relacionados aos indicadores de desempenho no chão de fábrica.

Segundo Slack et al (1997), o OEE é um método que vem se tornando popular, objetivando medir a eficácia dos maquinários e equipamentos alocados nas operações produtivas. Ele baseia o desempenho em três aspectos:

- Desempenho – Produtividade do equipamento dentro das suas possibilidades;
- Qualidade – Quantidade total de peças boas produzidas, sobre o total de peças produzidas;
- Disponibilidade – Tempo total produzindo, sobre o total no qual foi programado.

Para Hansen (2006), para que as empresas brasileiras se tornem competitivas no mercado internacional, desenvolvendo sistemas de produção eficazes, capazes de enfrentar as necessidades impostas pelo agressivo mercado externo, é essencial que se tenha conhecimento da sua real capacidade de produção, fato que torne o OEE um importante indicador na busca de melhorias.

Segundo Jonsson e Lesshmmar (1999), o OEE permite indicar áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias bem como pode ser utilizado como *benchmark*, permitindo quantificar as melhorias desenvolvidas nos equipamentos, células ou linhas de produção ao longo do tempo. A análise do OEE e *output* de um grupo de máquinas de uma linha de produção ou de uma célula de manufatura permite identificar o recurso com menor eficiência, possibilitando, desta forma, focalizar esforços nesses recursos.

O OEE primeiro deve ser aplicado nos gargalos produtivos, ou seja, nas operações onde há restrição da produção e falta de capacidade de produção, nos quais afetam o ganho de produtividade em uma linha de manufatura. O OEE beneficia todas as etapas do processo produtivo, porém, as etapas não-gargalos devem ser subordinadas às etapas gargalo (HANSEN, 2006).

Para Nakajima (1989), o OEE é mensurado a partir das seis grandes perdas, sendo calculado através do produto dos índices de disponibilidade, performance e qualidade. Onde, um resultado de 85% deve ser buscado como meta ideal para os equipamentos de empresas com



um processo consolidado. Organizações que superem este valor recebem um prêmio *TPM Award*. Para chegar a este resultado, os índices de disponibilidade, performance e qualidade devem ser, respectivamente: 90%, 95% e 99%.

O OEE é medido através de um produto entre Disponibilidade x Performance x Qualidade, como mostra a Figura 2-2:

		Tempo Total					
OEE = Disponibilidade * Performance * Qualidade	Disponibilidade = B / A	A	Tempo Programado		Horário não planejado	Horário não alocado	
		B	Tempo Produzindo	Perdas de Disponibilidade: -Quebra de Máquina -Ociosidade -Setup	Horário de não responsabilidade da equipe de produção	Horário em que fábrica está com as portas fechadas	
	Performance = D / C	C	Produção Teórica				
		D	Produção Real	Perdas de Performance: -Velocidade reduzida -Pequenas paradas	Perdas Totais	Horário de não responsabilidade da equipe de produção	Horário em que fábrica está com as portas fechadas
	Qualidade = F / E	E	Boas + Ruins				
		F	Boas	Perdas de Qualidade: -Refugos de Partida -Refugos de Produção			

**Figura 2-2: Fórmula da OEE**  
Fonte: Adaptado Nakajima, 1989.

De acordo com Hansen (2006), com a expansão do *lean manufacturing*, o índice OEE tornou-se largamente utilizado pelas empresas que adotaram este tipo de filosofia e, até mesmo, por empresas que ainda não adotaram a produção enxuta. Uma das principais razões pela ampla utilização da OEE se deve a sua forma simples e direta de medir a eficiência de equipamentos relacionados aos processos produtivos.

O indicador OEE permite verificar o quanto a empresa está utilizando os recursos disponíveis presentes em sua instalação, tais como máquinas, mão-de-obra e materiais. Uma das suas principais vantagens é pelo fato de desmembrar a eficiência de modo que seja possível identificar o processo que esteja travando a produção.

Segundo Chand (2000), para servir como *benchmarking* mundial, foi criado o *World Class OEE*, no qual foram computados dados referentes a eficiência média de plantas industriais. Este índice foi criado pelo JIPM – *Japan Institute of Plant Maintenance*, e é utilizado como

base para as grandes corporações analisarem e buscarem melhorias nos seus indicadores de OEE. Através deste *benchmark*, foram definidos quatro níveis de eficiência produtiva para servirem como base de análise mundial. De acordo com Chand (2000), os níveis são os seguintes:

- 100% de eficiência – Perfeita;
- 85% de eficiência – *World Class*;
- 60% de eficiência – Em média;
- 40% de eficiência – Baixa.

Para *Vorne Industry* (2002), o conceito de máquina perfeita, medido pelo índice de OEE, se torna somente possível quando não há mais perdas de nenhum tipo, de modo que a máquina esteja sempre apta a operar 100% do tempo, produzindo sem defeitos e com a velocidade máxima definida pelo fabricante. O OEE é considerado um indicador tridimensional, pois reflete as principais perdas relacionadas com o equipamento e que sejam possíveis de serem quantificadas, de modo que seja possível verificar o quanto eficaz o equipamento se tornou dentro de um processo macro ou micro.

Para que tenha uma efetividade maior, o índice de OEE deve ser aplicado, primeiramente, nos gargalos que afetam claramente o desempenho ou quaisquer outras áreas críticas e dispendiosas de uma linha. Essas áreas, tão vitais para a eficiência da planta, podem fazer uma significativa diferença para a empresa quando conduzidas com sucesso. O indicador é benéfico para cada passo do processo, no entanto, os passos sem gargalos devem ser subordinados às etapas com gargalos (HANSEN, 2006).

A ferramenta do cálculo do OEE tem um papel fundamental na obtenção da maximização da eficiência dos equipamentos, pois seu objetivo final não é somente gerar o resultado da eficiência, mas também permitir análises mais detalhadas das perdas a partir do desdobramento do cálculo.

De acordo com Bamber *et al* (2003), a função do OEE não é somente relacionada ao monitoramento e controle da produção, mas sim dar apoio aos programas de melhorias nos processos, de modo que previne a subutilização dos equipamentos, fornece dados de processos ineficientes, estabelece alvos de produção e incorpora práticas de ferramentas de gerenciamento da produção e tecnologia para balancear a disponibilidade, qualidade e disponibilidade.

O índice OEE pode, e deve, ser usado em diferentes níveis na produção. Pode ser usado como *benchmarking* para gerar padrões e métricas de desempenho. Comparar performances de diferentes células de produção dentro de uma mesma fábrica e instalação industrial, de modo que se identifiquem baixos desempenhos. Avaliar individualmente os equipamentos de um processo produtivo, disponibilizando informações diárias a respeito de perdas nos processos de produção.

Para *Vorne Industry* (2002), a chamada *Six Big Losses* (Seis grandes perdas), são descritas a partir da Tabela 2-2 a seguir:

Seis Grandes Perdas	Categoria de Perda - OEE	Exemplo de eventos
Falhas	Perda de Disponibilidade	Falhas na Ferramenta
		Manutenção Não Planejada
		Avarias Gerais
		Falha no Equipamento
Set Up e Ajustes	Perda de Disponibilidade	Escassez de Material
		Escassez de Operadores
		Ajustes Principais
		Sobreaquecimento
Pequenas Paradas	Perda de Desempenho	Sensores Bloqueados
		Limpezas
		Verificação
		Entrega bloqueada
Redução de Velocidade	Perda de Desempenho	Desgaste do equipamento
		Ineficiência do operador
		Subcapacidade do processo
Rejeição de <i>Start Up</i>	Perda por Qualidade	Sucata
		Retrabalho
		Danos por Processo
		Montagem incorreta
Rejeição de Produção	Perda por Qualidade	Produto fora da especificação
		Acabamento ruim
		Avarias no produto
		Defeitos gerais

**Tabela 2-2: Seis Grandes Perdas OEE**  
 Fonte: Adaptado *Vorne Industry*, 2002.

A ferramenta OEE pode ser utilizada para medir as melhorias implementadas pela metodologia TPM. Assim como proposto pela metodologia TPM, a utilização do OEE

permite que as empresas analisem as reais condições da utilização das suas máquinas e processos. Tais análises, ocorrem a partir da identificação das perdas existentes no ambiente fabril, envolvendo a tríade de índices extremamente importantes para o conjunto de técnicas analíticas: índice de indisponibilidade, índice de performance e índice de qualidade.

## 2.4 Indicador de Disponibilidade

Segundo *Vorne Industry* (2002), para a definição do Indicador de Disponibilidade, utilizado para o cálculo do OEE, são medidas as perdas operacionais caracterizados pelas grandes paradas. Estas paradas são os eventos que param a produção por um tempo considerável e possível de ser medido. Podem ser paradas por processo ou manutenção. Como por exemplo: falhas de equipamento, falta de materiais, tempos de trocas de produção e etc.

Os *sets up's*, ou tempos de trocas, são absorvidos pelo grau de utilização, pois também é uma forma de medir o tempo no qual a máquina está parada, impedida de produzir. Os tempos de *set up* não podem ser eliminados, contudo podem ser diminuídos. O tempo programado diminuído das perdas operacionais tem como resultado o denominado tempo de operação.

Para Nakajima (1989), a razão entre o tempo de operação e o tempo programado resultará no primeiro fator do OEE, a disponibilidade. Como descrito na Equação 2-1:

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{Tempo programado} - \text{indisponibilidade (manutenção + processos)}}{\text{Tempo Programado}} \times 100\%$$

**Equação 2-1: Fórmula do Grau de Utilização em %**

Segundo Nakajima (1989), o índice de disponibilidade evidencia os eventos que paralisam a linha de produção e seus processos, impactando diretamente no tempo total disponível na qual uma máquina ou equipamento pode trabalhar. Na maioria dos casos, os eventos estão relacionados às grandes perdas do TPM, como quebra, tempo de *setup* das máquinas, falta de materiais, grandes falhas e paradas aleatórias. Os tempos de parada, devido a tais ocorrências, são chamados de *downtime*, e o tempo que sobra para a execução do trabalho é chamado de tempo operacional. Os tempos de parada programada e manutenções preventivas não são contabilizados para efeitos do indicador.

De acordo com o *World Class*, as empresas que seguem os padrões apresentam um tempo médio de disponibilidade de 90%. Para alcançar este valor, como por exemplo, uma linha e

produção que segue o modelo de três turnos, disponibilizando 24 horas diárias, deve ter um tempo máximo de 02h24min por dia, independentemente do tipo de ocorrência que originou a parada.

Para *Vorne Industry* (2002), os tempos de paradas podem ser classificados em:

- Paradas Planejadas – aquelas que ocorreram de modo que a gerência previa, como paradas para almoço, manutenção preventiva, feriados e finais de semana;
- Paradas Não Planejadas – ocorrem sem aviso prévio, causando paradas indevidas, como quebras nas máquinas, falta de matéria prima e falta de operador.

As paradas planejadas não influenciam no indicador de disponibilidade, compondo um outro indicador, que também não influencia no OEE: TEEP - *Total Effectiveness Equipment Performance*.

A disponibilidade leva em conta a perda de tempo por inatividade, que inclui todos os eventos que interrompem a produção planejada por um período de tempo apreciável, geralmente vários minutos, tempo suficiente para registrar como um evento rastreável. Exemplos incluem falhas de equipamento, escassez de material e falhas operacionais. O tempo de *set up* é incluído na análise OEE, uma vez que é uma forma de tempo de inatividade. Embora não seja possível eliminar o tempo de transição, na maioria dos casos pode ser reduzido. O tempo restante disponível é chamado Tempo de Operação (*VORNE INDUSTRY*, 2002).

## **2.5 Indicador de Performance**

Para *Vorne Industry* (2002), a performance, ou desempenho, é o fator responsável por medir as perdas de processos decorrentes de perdas de velocidades. É caracterizado pelas pequenas perdas por processo, sem ocasionar paradas que sejam agregadas à disponibilidade. Dessa maneira, toda e qualquer ocorrência que faça o equipamento operar com velocidade abaixo de sua capacidade serão classificadas como perdas de velocidade.

Para Nakajima (1989), este fator de performance é calculado pela razão entre o tempo operacional líquido e o tempo de operação.

A Equação 2-2 descreve o método de cálculo do indicador de Performance:

$$\text{Desempenho (\%)} = \frac{\text{Tempo de processamento real}}{\text{Tempo operacional}} \times 100\%$$

**Equação 2-2: Fórmula de Performance em %**

Sendo assim, o indicador de performance mede a eficiência da máquina/setor de acordo com seu volume de produção disponível dentro do G.U, sendo que este não interfere, diretamente, no indicador de performance.

O índice de performance, segundo Nakajima (1989), é a relação entre a velocidade real que o equipamento operou com velocidade padrão que ele deveria operar. A perda de performance é o tempo em que a máquina ficou trabalhando abaixo da velocidade, ou ritmo, estipulado pelos fabricantes dos equipamentos ou as metas traçadas pela gerência. Estas perdas de performance podem ocorrer por diversos motivos, os mais comuns são perdas por pequenas paradas e perdas por queda de velocidade.

A maioria das perdas causadas pela performance são difíceis de serem observadas visualmente ou manualmente, devido aos tempos e ciclo muito curtos e pequenas variações no processo. Para Nakajima (1989), grande parte das empresas não conseguem calcular corretamente essa perda e fazem o cálculo da perda de maneira aproximada. Porém, o conhecimento dessa perda é de extrema importância, pois grande parte das empresas utiliza o tempo padrão para cálculo do custo da peça e para cálculo da ocupação da planta mediante o plano de produção.

Toda e qualquer linha de produção tem uma capacidade máxima, sendo que ela está relacionada com o tempo que é disponibilizado para produção. O índice de performance representa a porcentagem da velocidade de produção com relação a velocidade nominal, sendo esta a velocidade de produção atual em relação a velocidade com que o equipamento produziu e foi projetado para tal. Outros fatores que influenciam negativamente neste indicador são: ineficiência dos operadores, materiais fora da especificação e falta de treinamento dos funcionários.

Segundo Hansen (2006), para o cálculo da performance de produção, não são considerados as peças produzidas com algum tipo de defeito. O tempo considerado para o mesmo cálculo é o tempo operacional, sendo desconsideradas todas as paradas da máquina.

O desempenho leva em consideração a Perda de Velocidade, que inclui todos os fatores que fazem com que o processo opere a uma velocidade menor que a máxima possível, quando em execução. Exemplos incluem desgaste da máquina, materiais de qualidade inferior, alimentação incorreta e ineficiência do operador (*VORNE INDUSTRY*, 2002).

## 2.6 Indicador de Qualidade

Segundo *Vorne Industry* (2002), o fator qualidade é caracterizado pelas perdas ocorridas por qualidade refugos e etc. Onde houve um tempo de produção determinado para produzir o produto, porém o mesmo foi refugado por não atender os padrões de qualidade determinados, incluindo peças que exigiram retrabalho.

O fator de qualidade pode ser calculado utilizando a Equação 2-3:

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Unidades boas produzidas}}{\text{Total de unidades produzidas}} \times 100\%$$

**Equação 2-3: Fórmula de Qualidade em %**

O indicador de Qualidade interfere diretamente no indicador de Performance, pois quanto maior o refugo e peças ruins geradas, menor será a performance da máquina.

Para Hansen (2006), o indicador de qualidade representa a relação entre tempo total de produção pelo tempo perdido com a fabricação de peças defeituosas, sendo que estas peças são consideradas refugos e retrabalhos. Para a produção de qualquer tipo de produto, são definidos padrões e parâmetros para o mesmo, de acordo com a especificação pela empresa. Para que empresas gerem lucro, espera-se que seus processos produzam o maior número possível de produtos de acordo com as normas e especificações, pois os que estão fora são considerados refugos e geram despesas e prejuízos.

Indicador de qualidade considera as perdas ocasionados por refugos, que responde por peças produzidas que não atendem aos padrões de qualidade, incluindo peças que exigem retrabalho (*VORNE INDUSTRY*, 2002).

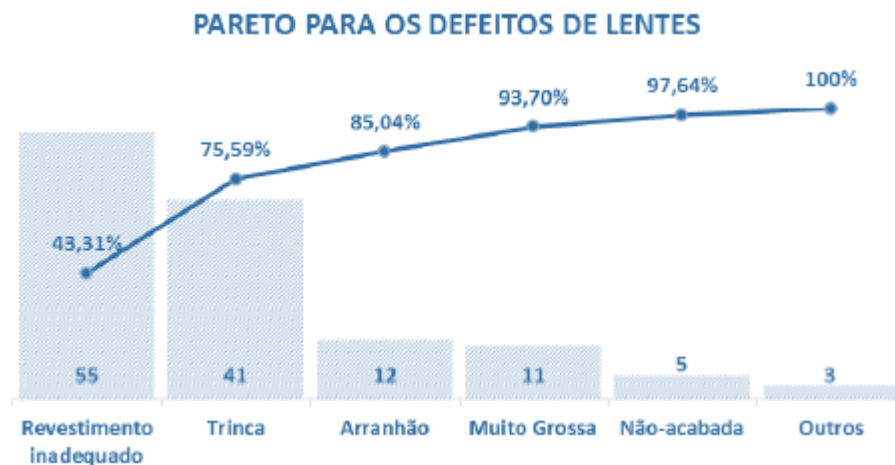
## 2.7 Ferramentas da Qualidade

Nos tópicos 2.7.1 e 2.7.2 serão abordadas as ferramentas da qualidade que foram utilizadas para a melhoria dos processos de produção.

### 2.7.1 Gráfico de Pareto

Para Werkema (1995), o princípio de Pareto foi estabelecido por J. Juran, adaptando a teoria do economista Vilfredo Pareto para a qualidade. Pareto demonstrou, por meio de um gráfico a desigualdade de renda da população, onde 80% da renda está concentrada em 20% da população. Juran foi pioneiro em demonstrar e aplicar o gráfico para controle de qualidade, utilizando da mesma ideia: 80% dos defeitos estão concentrados em 20% das causas.

A Figura 2-3 demonstra um exemplo de gráfico de Pareto:



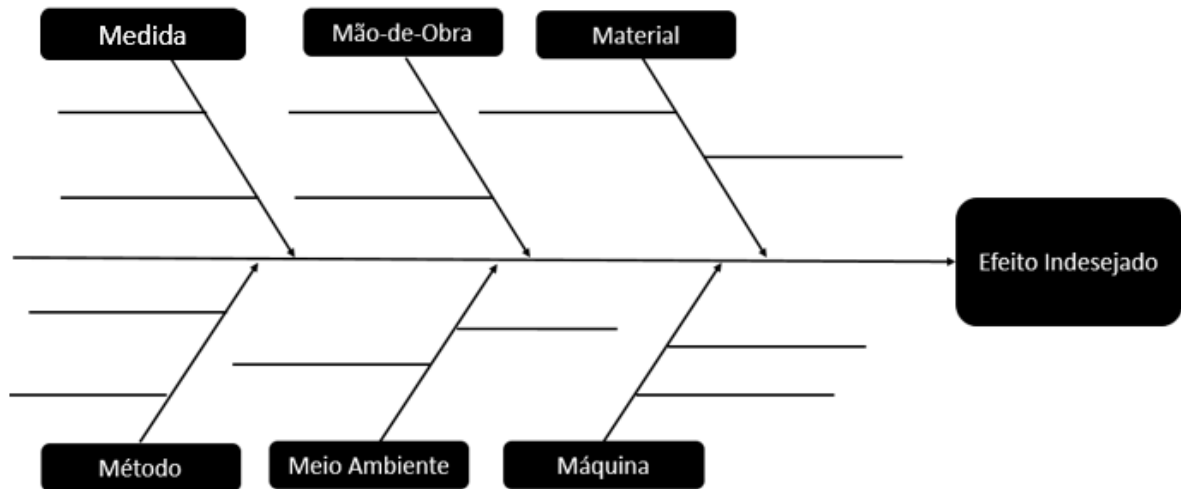
**Figura 2-3: Gráfico de Pareto**  
Fonte: Adaptado Werkema, 1995.

### 2.7.2 Diagrama de Ishikawa

Para Werkema (1995), o Diagrama de Ishikawa, popularmente conhecido como Espinha de Peixe ou Causa Efeito, é uma ferramenta utilizada para realizar o gerenciamento e controle de qualidade em uma infinidade de processos. A ferramenta permite identificar as relações entre causas e efeitos que interferem em algum processo. O Diagrama de Causa e Efeito é utilizado para apresentar a relação existente entre o resultado de um processo e os seus fatores, nos quais podem afetar o resultado esperado.



A Figura 2-4 exemplifica um Diagrama de Ishikawa:



**Figura 2-4: Diagrama de Ishikawa**  
Fonte: Adaptado Werkema, 1995.

O principal fator positivo do Diagrama de Ishikawa é poder envolver o chão-de-fábrica na resolução de problemas simples e complexos.

## 2.8 Estudos Correlatos

Nos tópicos 2.8.1 e 2.8.2, serão apresentados dois estudos em artigos referentes a OEE, identificando a apresentação, objetivos, métodos e resultados atingidos.

### 2.8.1 OEE – Utilização do Método para Análise da Real Produtividade dos Equipamentos

O Trabalho de Conclusão de Curso realizado por Isaías Costa Beber, apresenta um estudo realizado em uma empresa do setor metalmeccânico, onde o autor realiza a implantação dos indicadores componentes do OEE, com os objetivos de identificar a real produtividade dos equipamentos, gargalos produtivos e avaliar os índices calculados.

O autor utilizou da filosofia dos Sistema Toyota de Produção, *Just-In-Time*, *Kanban*, *Poka-Yoke* e *5s*, em uma tentativa de identificar possíveis maquinários críticos e com taxas de altos desperdícios.

Após a implantação da OEE e identificação de alguns processos gargalos, notou-se o aumento dos indicadores de qualidade de 97% para 98%, de grau de utilização de 48% para 82% e o de

produtividade se manteve em 85%. Realizando a multiplicação dos fatores, o índice de OEE saltou de 40% para 68%. Um resultado julgado satisfatório pelo autor do artigo.

### **2.8.2 Implantação da OEE em uma indústria siderúrgica**

O Trabalho de Conclusão da Especialização em Gestão da Produção, de autoria de Tiago Somolanji Trevisani, apresenta a implantação do Índice de Eficiência Global em uma indústria siderúrgica, onde o autor apresenta a filosofia TPM com enfoque na manutenção autônoma, objetivando aumentar o índice de disponibilidade das máquinas para a produção.

A metodologia utilizada foi o estudo dos Gráficos de Pareto, identificando os principais motivos de paradas de máquinas. Após isso, foi utilizado de *brainstorming*, Diagramas de Causa e Efeito e 5W2H para tratar das principais causas.

O autor considerou o resultado satisfatório, onde o mesmo conseguiu aumentar o grau de disponibilidade dos equipamentos.

### 3 METODOLOGIA

Segundo Gil (2007), um trabalho é definido como pesquisa exploratória que consiste em critérios, estudo da natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, em sua maioria contemporâneo, dentro de um contexto real de vida.

O estudo de caso foi realizado por meio de implementação novos indicadores, tais como OEE, Performance, Qualidade e Disponibilidade no Setor de Refusão de uma indústria metal mecânica na cidade de Maringá-PR. A princípio, não se colocaram metas sobre cada um dos indicadores. O objetivo, ao implementar o OEE, é identificar gargalos produtivos, ineficiências no processo, melhoria no fluxo e aumento na produtividade.

Para este estudo, foram utilizados os seguintes procedimentos:

- Revisões bibliográficas sobre a Eficiência Global da Máquina;
- Implantar indicadores que são necessários para o cálculo do OEE;
- Implantar relatórios, no setor produtivo, para medir as paradas de máquina ocasionadas dentro do setor;
- Localizar, através do OEE, onde há oportunidades de melhorias;
- Propor e implementar as melhorias.

## **4 DESENVOLVIMENTO**

Nos tópicos 4.1 à 4.6 será apresentado como se desenvolveu o trabalho, desde a caracterização da empresa aos métodos utilizados para alcançar os objetivos propostos anteriormente.

### **4.1 Caracterização da Empresa**

Este trabalho foi desenvolvido em uma empresa do ramo metalomecânico, setor de alumínio, situada em Maringá, Paraná. A empresa atua com produção de tarugos e perfis de alumínios, sendo que o primeiro é para consumo interno, como matéria-prima, e o segundo para venda para o mercado nacional.

A empresa foi fundada no ano de 1990, com o propósito de suprir a necessidade de matéria-prima de outra empresa do grupo, onde havia uma alta demanda de tubos de alumínio trefilado, utilizado para a produção de antenas de alumínio. Contudo, devido às necessidades do mercado, a empresa expande sua variedade de produtos, e começa a atender o mercado nacional, produzindo uma variedade maior de perfis de alumínio a partir do ano de 2000. Nesse mesmo período, surge outra necessidade: suprir a demanda de matéria-prima interna, assim a empresa investe na Refusão de alumínio, produzindo tarugos de qualidade para utilização interna na extrusão, se tornando ainda mais competitiva no mercado.

Desde o ano de 2009, todos os setores da empresa são certificados pela ISO 9001, onde seus processos são padronizados e controlados, visando atender todas as expectativas dos clientes e fornecendo produtos de qualidade diferenciada.

Assim como em todo o mercado nacional, a crise política e financeira, que assola o Brasil desde meados de 2014, chegou à organização. Desde então, o setor de Refusão tem se tornado ainda mais importante para a empresa, visto que sua produção tem como principal objetivo garantir matéria-prima de qualidade e baixo custo à extrusão, fazendo com que os perfis de alumínio que são comercializados pela empresa tenham preço competitivo.

A Figura 4-1, traz a vista aérea da empresa, com sua atual estrutura fabril:



**Figura 4-1: Vista aérea da Empresa**  
Fonte: Material Interno da Empresa

**VISÃO:** Ser até 2020 uma empresa referência em soluções de alumínio, estar entre as 100 melhores empresas para se trabalhar no mercado nacional, contribuir com a comunidade local e garantir a lucratividade para o acionista.

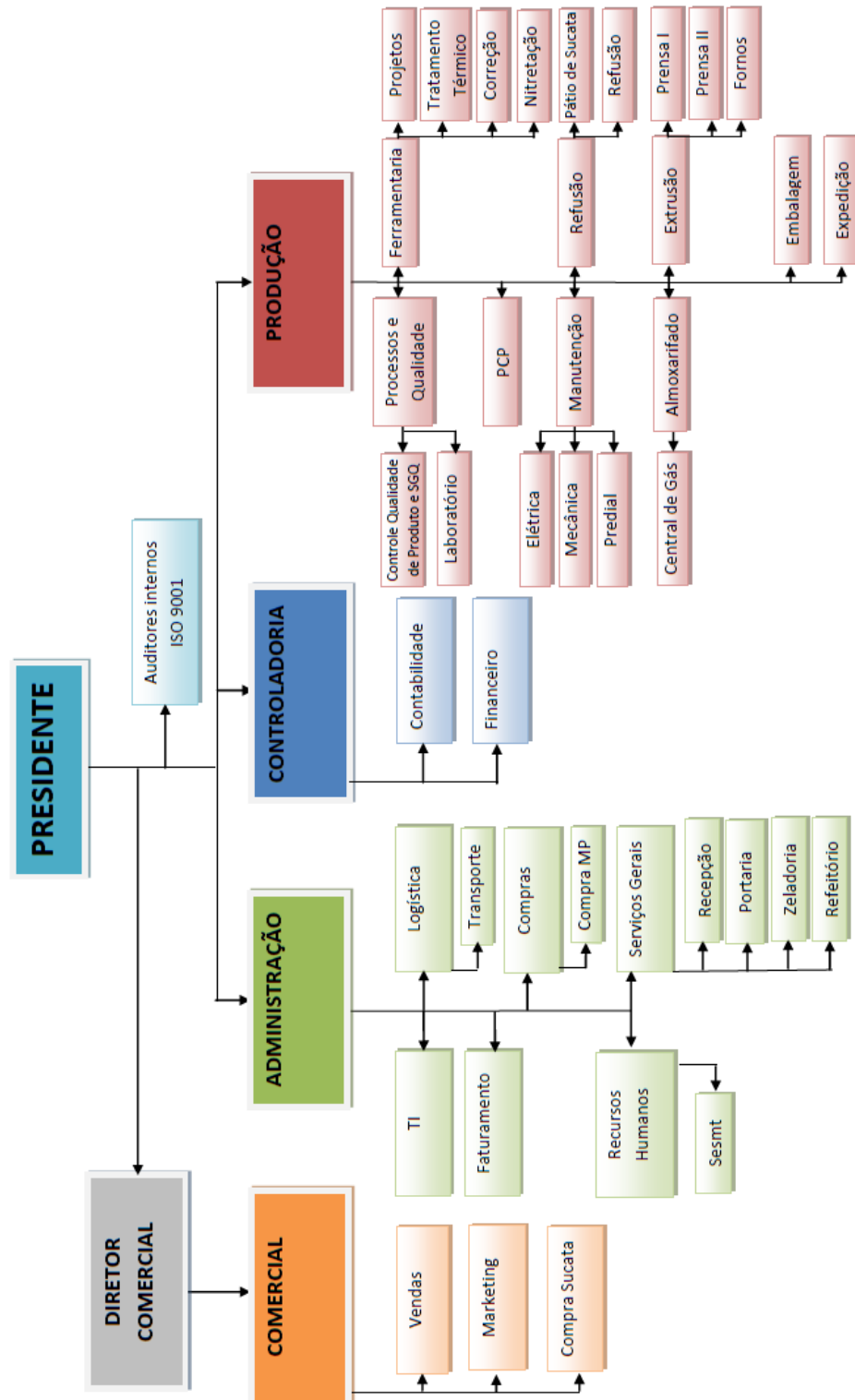
**MISSÃO:** Garantir a satisfação dos clientes, entregando soluções em alumínio com qualidade, baixo custo e de forma sustentável.

**VALORES:** A empresa acredita e busca resultados pautados na honestidade, respeito, responsabilidade, sustentabilidade, inovação e flexibilidade.

**POLÍTICA DE QUALIDADE:** Atuar no mercado de produtos de refusão e extrusão, com vistas a atender as exigências do cliente, por meio da:

- Melhoria contínua da eficácia do Sistema de Gestão da Qualidade;
- Garantia do atendimento aos requisitos legais vigentes;
- Agilidade no atendimento e suporte para satisfação dos nossos clientes.

A Figura 4-2 apresenta a estrutura organizacional da empresa, dividido entre seus setores, desde administrativo, comercial, financeiro e industrial:



**Figura 4-2: Organograma**  
(Fonte: Material Interno da Empresa, 2016)

## **4.2 Refusão de Alumínio**

O setor onde foi desenvolvido o trabalho é responsável pela transformação da sucata bruta de alumínio, principal matéria-prima, em tarugos de alumínio, de variadas ligas e composições químicas, que serão fornecidos à extrusão, onde serão transformados em perfis de alumínio. Além de atender a demanda interna, o setor de Refusão também produz tarugos para o mercado nacional, de acordo com necessidade e decisões comerciais.

O processo de refusão da empresa é padronizado e controlado, sendo que o setor responsável detém o certificado ISO 9001 desde 2009, quando foi implantado na empresa.

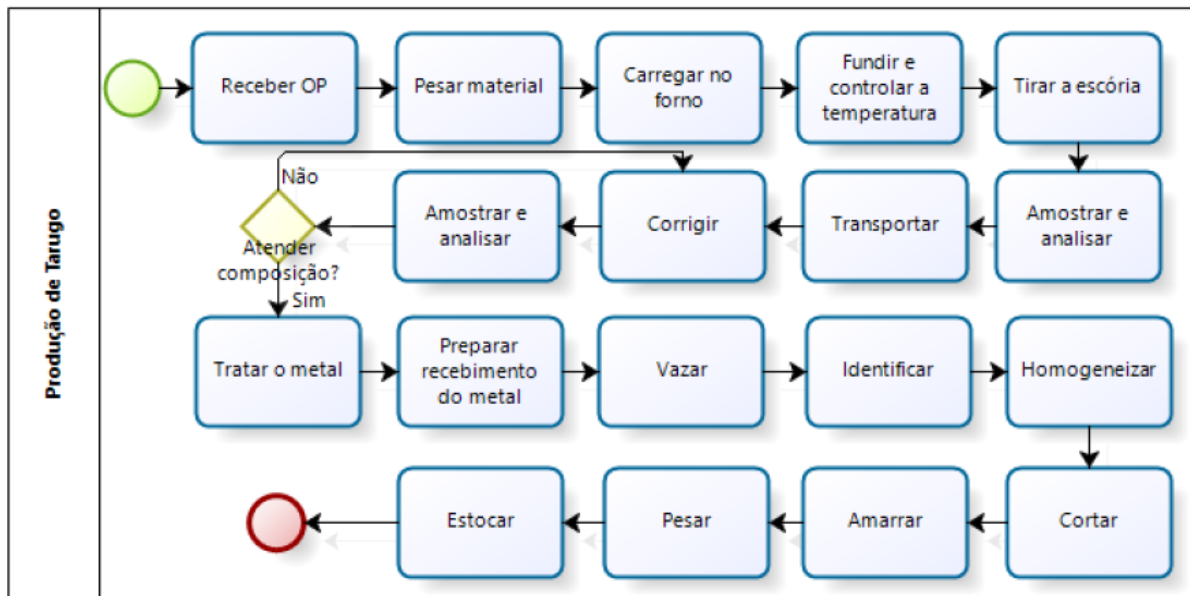
### **4.2.1 Processos Produtivos Refusão**

O processo de refusão de alumínio inicia-se na área de sucatas, onde os materiais são selecionados para alimentarem os carros de abastecimento, que irão abastecer os fornos de fusão. Operando em temperaturas elevadas e acima de 660°C, no qual é temperatura de fusão do alumínio, o forno irá realizar o processo de transformar o alumínio do estado sólido para líquido. Dentro do próprio forno, é separado, através da decantação, as impurezas provenientes da sucata, sendo que a partir desta etapa o material líquido será corrigido e filtrado, conforme a liga especificada.

Durante esta etapa, são adicionados os elementos químicos da liga metálica do tarugo que será produzido e realizados testes de análises de composição química do material, realizados em laboratório próprio da empresa, por aparelhos e equipamentos específicos. Após o alumínio líquido estar de acordo com a liga escolhida, o material será resfriado, passando para o estado sólido na forma de tarugos de alumínio, de acordo com o diâmetro do molde que foi escolhido.

Em uma próxima etapa, os tarugos sólidos são levados para o forno de homogeneização, local onde serão aquecidos por determinado tempo e temperatura, variando de acordo com o diâmetro e a liga especificada e em seguida serão resfriados em uma câmara de ar, em uma taxa de resfriamento contínua. Estas últimas etapas são necessárias para garantir as propriedades mecânicas desejadas, no qual a microestrutura do material irá se reorganizar, melhorando as características metalúrgicas e deixando o produto pronto para ser utilizado.

O Fluxograma dos processos de produção de tarugos é descrito na Figura 4-3, abaixo:



**Figura 4-3: Fluxograma dos Processos**  
 Fonte: (Material Interno da Empresa, 2016)

#### 4.2.1.1 Carregamento do Forno

De acordo com a ordem de produção, vinda do setor de P.C.P., é iniciado o processo de carregamento dos fornos de fusão, onde a temperatura interna do forno varia entre 750°C e 800°C. São pesados os materiais que serão utilizados, de acordo com a liga que será produzida, visando atender a composição específica.

Os materiais carregados são de tipos variados, mas sempre seguindo a receita necessária, onde os materiais mais leves são carregados por baixo e acima dele são carregados os materiais mais pesados, este processo melhora a taxa de fusão, beneficiando a produtividade do equipamento.

#### 4.2.1.2 Fusão do alumínio

Os fornos de fusão têm capacidade de carga de 4,5 ton. de alumínio, sendo que esta quantia pode variar até 500kg, de acordo com o tipo de material, quanto mais denso, maior será a capacidade de carga. Após a etapa de carregamento se completar e o forno estiver cheio, os queimadores dos fornos são ligados em potência máxima, visando fundir o material sólido.



A taxa de fusão do forno varia de acordo com o material, assim como a capacidade de carga. Os queimadores têm potência para fundir até 1.500 kg de alumínio por hora, porém em fornos com capacidades superiores.

A Figura 4-4 apresenta o Forno de Fusão, responsável por fundir todo o alumínio:



**Figura 4-4: Forno de Fusão**  
Fonte: Autor, 2016.

#### **4.2.1.3 Retirada de Escória**

Durante o processo de refusão, são gerados resíduos de alumínio provenientes da queima da sucata e seus componentes. A densidade desses resíduos é menor que a densidade do alumínio líquido, desta forma estes mesmos resíduos são segregados na parte superior do material líquido através da decantação. Operadores de produção são encarregados de retirar estes resíduos com auxílio de rodos e, após toda a retirada, o material residual é separado.

#### **4.2.1.4 Análise de Amostra**

Após o forno conter apenas material líquido, são feitas análises químicas referentes aos componentes do forno de fusão, para que o material esteja de acordo com a liga necessária. Para que este teste seja feito, é necessário agitar o material líquido para que o mesmo seja misturado e se torne homogêneo. É inserido um termopar, termômetro para altas temperaturas, dentro do forno para que seja medida a temperatura real do material, onde este deve estar entre 680°C e 720°C.

Estando dentro destas especificações, é retirada uma pequena amostra deste material, a mesma é resfriada e torneada, de maneira que sua superfície esteja lisa e livre de oxidação, podendo ser analisada pelo aparelho espectrômetro, onde espectros óticos farão uma leitura de todos os componentes químicos presentes naquela amostra.

A especificação da análise química deve obedecer a ABNT, podendo variar os valores de acordo com o a mesma tabela. Caso os valores encontrados forem inferiores ao necessário, deve-se alimentar o forno de fusão com o componente químico que está abaixo da especificação e, caso os valores sejam superiores, deve-se se jogar lingote, alumínio primário e sem composto químico, para que os valores encontrados abaxem.

As análises devem obedecer às taxas descritas na Tabela 4-1, abaixo:

Especificação interna de composição química										
Liga	Limite	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Referência para cálculo do peso linear (em kg/m)
3003	Max	0,22	0,67	0,10	1,13	0,03				4* = 0,0219
	Min	0,12	0,52		1,03					5* = 0,0342
	Média	0,18	0,62		1,08					6* = 0,0494
6060	Max	0,55	0,30	0,10	0,10	0,45	0,03	0,10	0,05	7* = 0,0676
	Min	0,42	0,13		0,010	0,36				8* = 0,0886
	Média	0,46	0,21		0,035	0,39				
6063	Max	0,55	0,35	0,09	0,10	0,54	0,03	0,10	0,05	
	Min	0,42	0,20		0,010	0,48				
	Média	0,46	0,24		0,035	0,51				
6351 DURO	Max	1,05	0,45	0,10	0,55	0,78	0,03	0,20	0,05	
	Min	0,80	0,25		0,45	0,68				
	Média	1,00	0,35		0,50	0,72				
6061	Max	0,80	0,40	0,30	0,15	1,00	0,30	0,25	0,05	
	Min	0,70	0,20	0,20		0,85	0,10			
	Média	0,75	0,30	0,25		0,90	0,15			
6005	Max	0,84	0,35	0,10	0,10	0,58	0,10	0,10	0,05	
	Min	0,65	0,20			0,45				
	Média	0,70	0,25			0,48				
6463	Max	0,50	0,14	0,20	0,05	0,42	0,03	0,05	0,03	
	Min	0,42	0,08	0,18	0,02	0,36				
	Média	0,46	0,12	0,19	0,04	0,39				

Tabela 4-1: Especificação Interna de Composição Química  
Fonte: Material Interno da Empresa, 2016.

#### 4.2.1.5 Vazamento do Metal

O material líquido deve ser vazado através de moldes de alumínio, a fim de que se transforme em tarugos de alumínio. Este processo é realizado através de uma mesa de vazamento, composta por 16 moldes metálicos, e um pistão pneumático com capacidade de 4,8 ton.

O forno de fusão é basculhado em um ângulo de até 45°, para que o material líquido seja escoado por uma calha e chegue nos moldes à uma temperatura de no mínimo 670° C, sem que perca a qualidade do processo. Neste processo, são produzidos 16 tarugos de alumínio de até 4.200cm cada, onde este lote de tarugos tem pesos variando de 1400kg até 3700kg, de acordo com a bitola dos tarugos.

A Figura 4-5 apresenta o vazamento de tarugos de 4 polegadas:



**Figura 4-5: Vazamento de Tarugos de 4 polegadas**  
Fonte: Autor, 2016.

#### 4.2.1.6 Homogeneização e resfriamento

Os tarugos são separados em células de carga, através de seus lotes de produção, para que sejam direcionados ao forno de homogeneização de tarugos, onde os mesmos serão submetidos à uma temperatura de 440° C, inferior à temperatura de fusão, por um período de 12 horas ininterruptas. Após esta etapa, em no máximo 20 minutos, o mesmo lote deve ser levado à câmara de resfriamento, onde será submetido à uma perda de calor com taxa fixa durante 4 horas, para que sua estrutura mecânica continue homogeneizada e garantindo a qualidade do produto.

Abaixo, está ilustrada a Figura 4-6, representando o Forno de Homogeneização, responsável pelo processo:



**Figura 4-6: Forno de Homogeneização**  
Fonte: Autor, 2016.

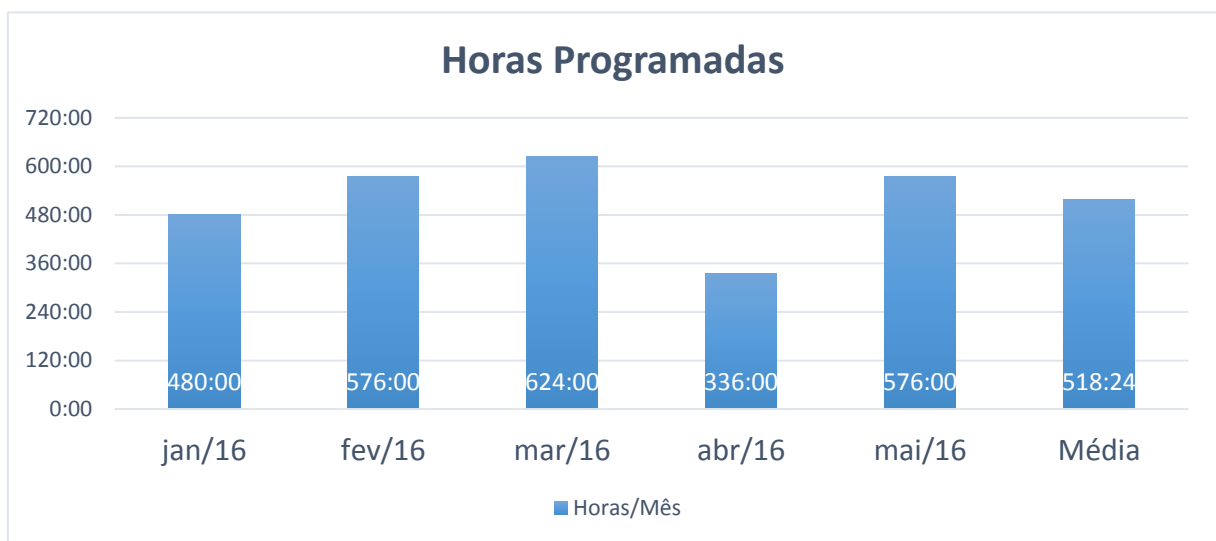


### 4.3.1 Dados de Disponibilidade

A Refusão trabalha em um sistema de 24 horas por dia, seis dias por semana e em três turnos. Cada turno tem um líder, sendo que este mesmo foi treinado e se tornou responsável pelo preenchimento das paradas de produção. As paradas referentes à manutenção devem ser aprovadas e assinadas pelo mecânico ou eletricista responsável pela resolução do problema, desta maneira o banco de dados será mais efetivo, não gerando dúvidas entre as partes envolvidas.

Todos os dados de paradas foram compilados durante cinco meses, de modo que se tenha uma base interessante para poder analisar e avaliar de maneira efetiva. O relatório de parada é preenchido no próprio chão-de-fábrica, enquanto o lançamento do mesmo no sistema ERP é feito pelo Analista de Produção da Refusão.

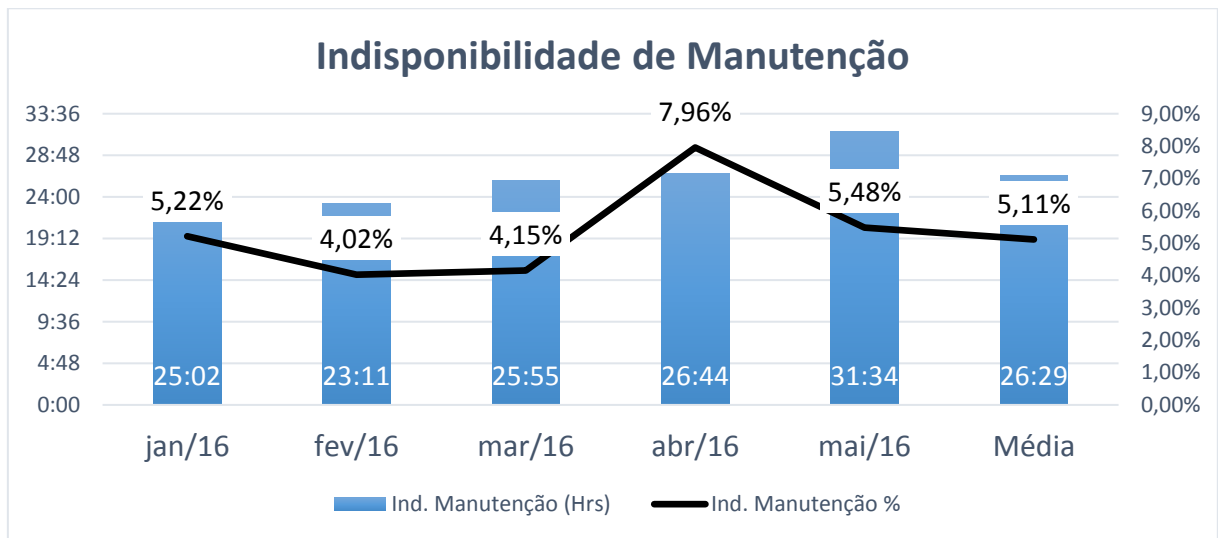
A primeira tabela compilada se refere ao total de horas programadas para produção, de acordo com o Plano Mestre enviado pelo PCP. A Figura 4-8 mostra as horas programadas:



**Figura 4-8: Horas Programadas**

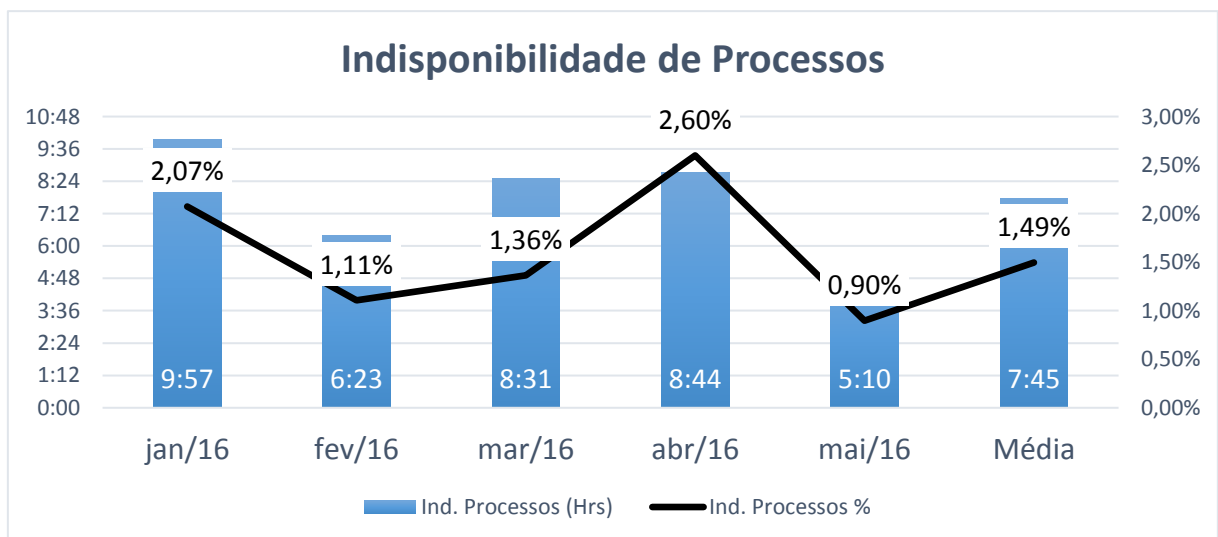
Fonte: Autor, 2016.

O banco de dados referente à parada de manutenção é mostrado na Figura 4-9:



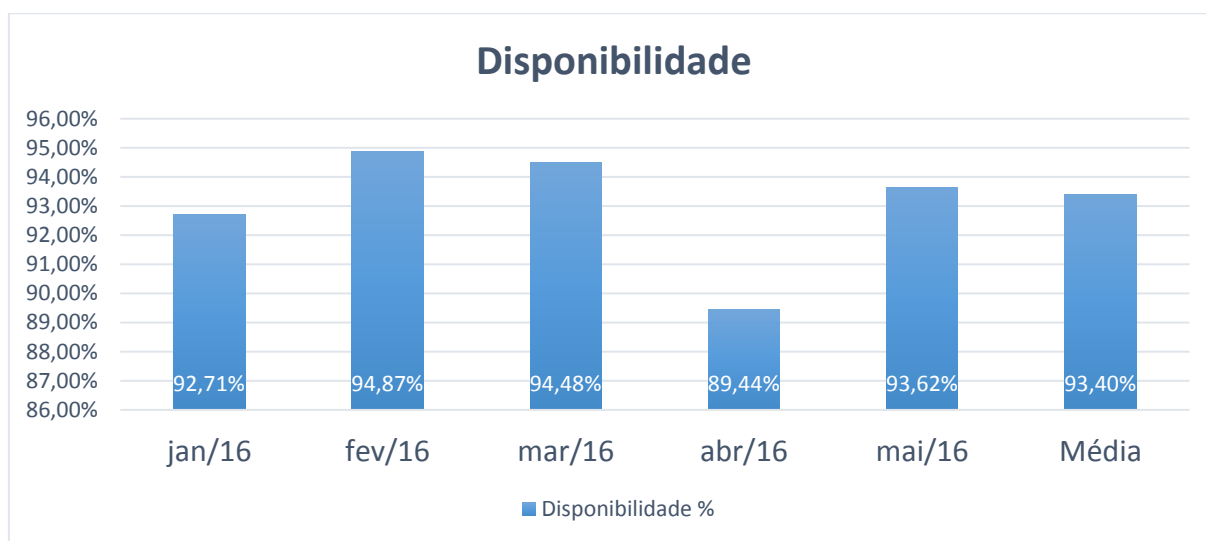
**Figura 4-9: Indisponibilidade de Manutenção**  
Fonte: Autor, 2016.

Também com o mesmo relatório, foi possível medir a quantidade de horas indisponíveis, e sua respectiva porcentagem, por processos, como mostra na Figura 4-10, de Indisponibilidade de Processos:



**Figura 4-10: Indisponibilidade de Processos**  
Fonte: Autor, 2016.

A Figura 4- 11 traz os dados referentes ao Grau de Utilização, ou Disponibilidade, de acordo com as paradas anotadas e lançadas no sistema:



**Figura 4-11: Disponibilidade**

Fonte: Autor, 2016.

Apenas com as tabelas 4-4 e 4-5, percebe-se que o grande problema constatado é relacionado à manutenção, sendo que as paradas por processos são muito pequenas e influenciam muito pouco no grau de utilização geral da Refusão.

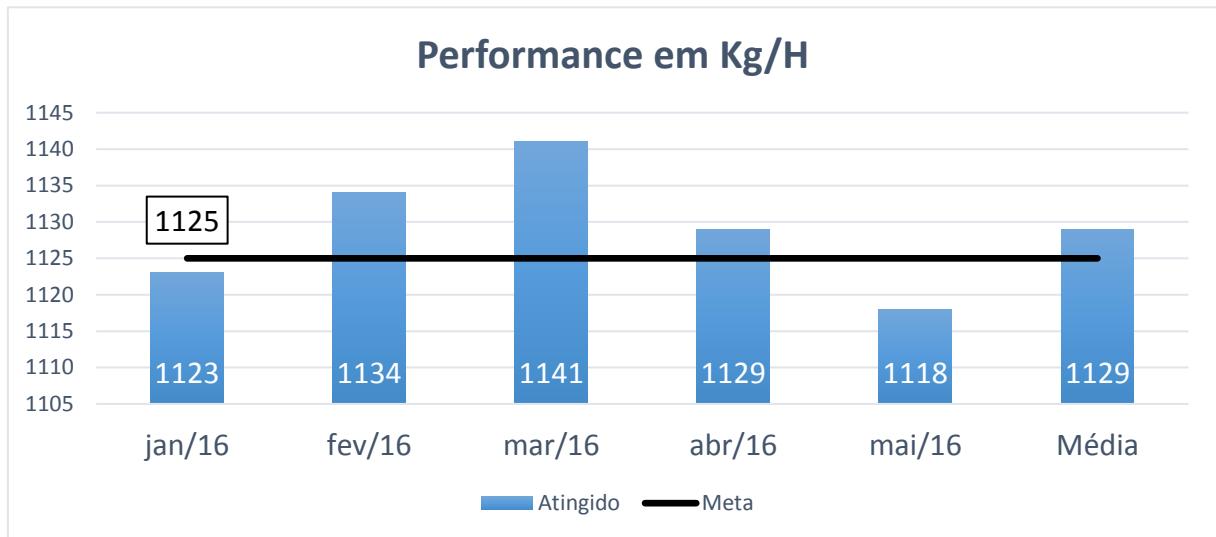
Desta maneira, o indicador de manutenção passou a ser o principal a ser atacado, visto que suas paradas estavam prejudicando o índice de indisponibilidade.

#### 4.3.2 Dados de Performance

Os dados referentes à performance do setor são possíveis devido à implantação do grau de utilização, haja visto que o mesmo é medido pela quantidade produzida dividida pelo número de horas disponíveis, chegando assim a um índice de quilogramas de tarugos produzidos por hora (Kg/H). Para chegar a meta de Kg/H a ser utilizada, considerou-se a meta de produção diária, no qual é de 27.000 Kg e dividiu-se por 24 horas, que são o total de horas programadas por dia, chegando assim a um valor de 1.125 Kg/H de produção.



Utilizando esta meta como base, a Figura 4-12 traz os dados referente à performance de produção:



**Figura 4-12: Performance de Produção**  
Fonte: Autor, 2016.

Desta maneira, foi possível verificar que a performance do setor estava coerente e que, neste ponto, não era um problema com necessidade de ser tratado.

### 4.3.3 Dados de Qualidade

Diferentemente do usual, onde o método de analisar o índice de qualidade do setor ou maquinário, deve pela divisão entre peças boas por peças totais saídas da máquina, no setor de Refusão o meio no qual se encontrou para ser analisado a qualidade do produto se deve pela razão descrita na Equação 4-1:

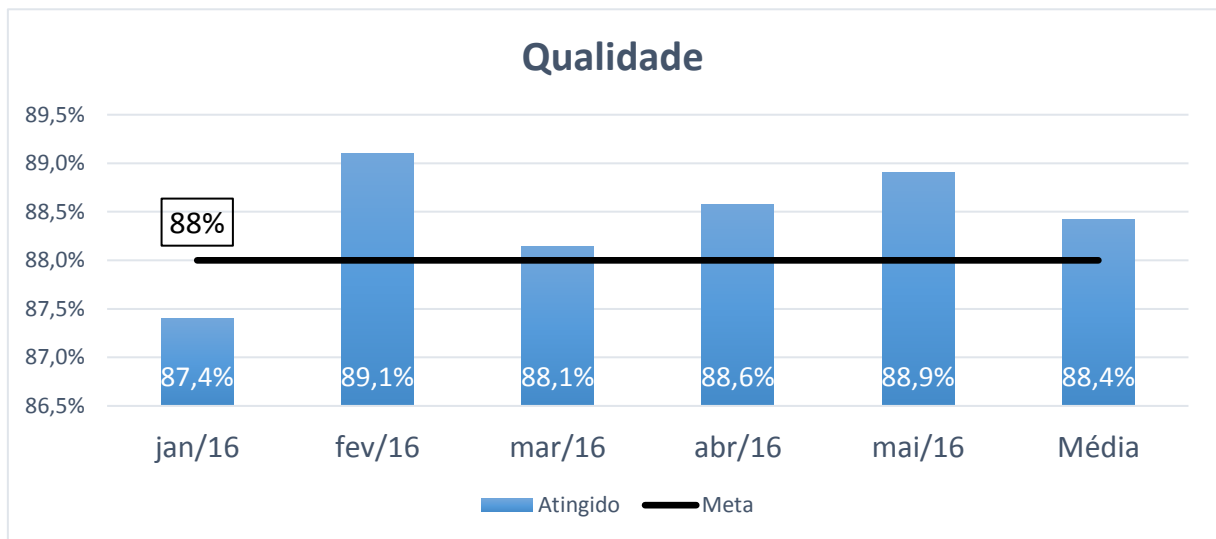
$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Quantidade em Kg de Tarugos Produzidos}}{\text{Quantidade total em Kg de material alimentado no forno}} \times 100\%$$

**Equação 4-1: Cálculo da Qualidade**

O número sempre foi medido no setor, porém com outro nome, onde usualmente se chama de Rendimento Metálico. A quantidade total em Kg de material alimentado no forno é calculada por um formulário de produção, onde o líder do turno recebe os dados dos seus operadores.

A meta do Indicador é de 88%, a mesma foi traçada através de um *benchmarking* com empresas do mesmo seguimento e é medida desde o ano de 2012.

A Figura 4-13 traz o Índice de Qualidade de tarugos produzidos no setor, durante o período analisado:



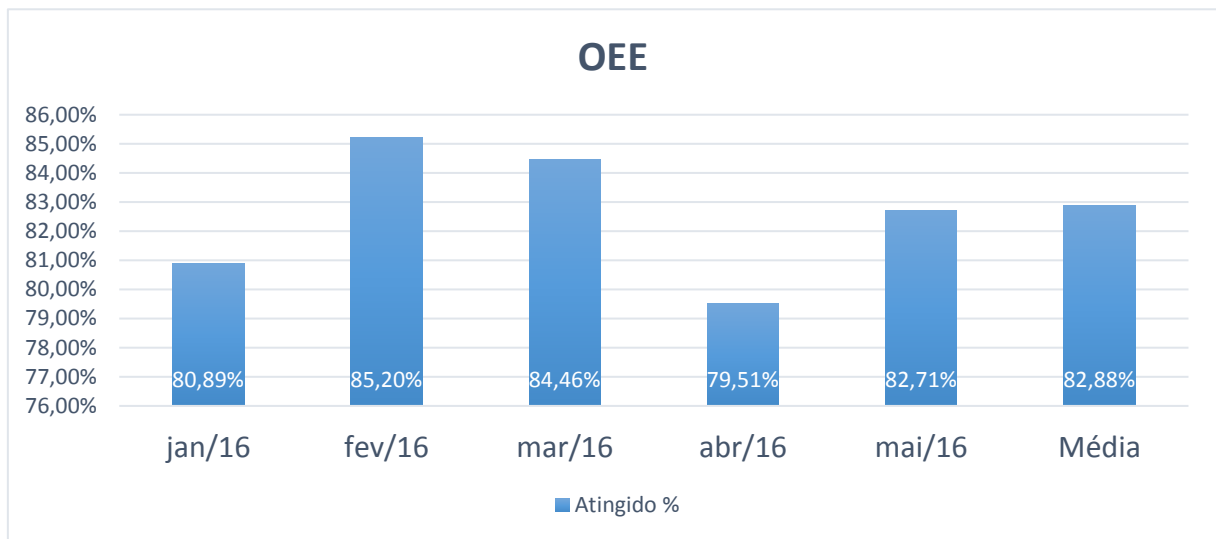
**Figura 4-13: Índice de Qualidade**  
Fonte: Autor, 2016.

Assim como o Indicador de Performance, o Índice de Qualidade não tem se mostrado um problema, sendo que saiu da meta em apenas um mês.

#### 4.3.4 Dados da OEE

Como explicado no tópico 2.3, o índice de OEE é calculado através de uma simples multiplicação entre os três índices: Disponibilidade, Performance e Qualidade.

Desta maneira, foi possível chegar ao Índice de OEE nos meses citados anteriormente. A Figura 4-14 traz os valores obtidos:



**Figura 4-14: OEE Refusão**  
Fonte: Autor, 2016.

Através de uma análise comparativa, entre os valores atingidos pelo setor e o *World Class* de OEE, nota-se que tem-se um grau de eficiência que está um pouco acima da média mundial, porém sabe-se que há possibilidades de melhoria, principalmente em relação ao indicador de parada por manutenção.

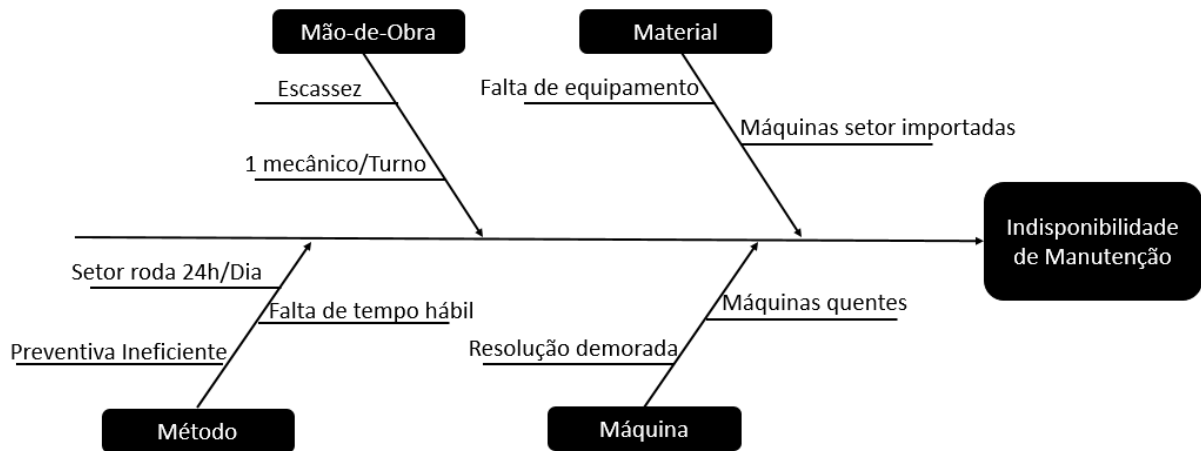
#### 4.4 Proposta de Melhorias

Ao serem analisados os dados, ficou nítido a necessidade de buscar melhorias para o indicador de manutenção. Após análise dos resultados, foi marcado uma reunião entre o setor de manutenção, envolvendo desde o coordenador até os manutentores e a Refusão.

A decisão tomada foi de analisar mais a fundo o número de quebras e motivos de quebras, onde o objetivo era fazer identificar a máquina e o motivo no qual mais atingiam para o resultado ruim de indisponibilidade por manutenção.

Para isto, foi desenvolvido um Diagrama de Causa e Efeito, onde buscava aprofundar as possibilidades e, após isso, desenvolver um plano de melhoria.

A Figura 4-15 traz os resultados colhidos após a reunião entre Refusão e Manutenção:



**Figura 4-15: Diagrama Causa e Efeito**  
Fonte: Autor, 2016.

No Diagrama de Causa e Efeito foram considerados apenas os fatores que realmente pudessem contribuir com as paradas por manutenção, deixando assim Meio Ambiente e Medida de fora da análise. O resultado da análise do Diagrama de Causa e Efeito remete a algumas causas nas quais as tratativas dificilmente serão efetivas ou compensatórias.

Para a tratativa do método, foi desenvolvido um plano de Manutenção Preventiva diferenciado, onde foi feito a escala de trabalho dos mecânicos e eletricitas da Refusão para que pudessem trabalhar aos domingos, realizando o plano de preventiva. Anteriormente, as Preventivas eram feitas de forma aleatória, pelo fato do setor trabalhar 24 horas por dia, de Segunda-Feira a sábado.

Este novo plano de manutenção preventiva está ligado aos principais maquinários da Refusão, envolvendo Forno de Fusão, Forno de Homogeneização, Poço D.C., Serra de Tarugos, nos quais são equipamento primordiais e que, caso eles parem, a o processo também para.



A Figura 4-16 mostra o número de quebras entre os meses de janeiro e maio de 2016:

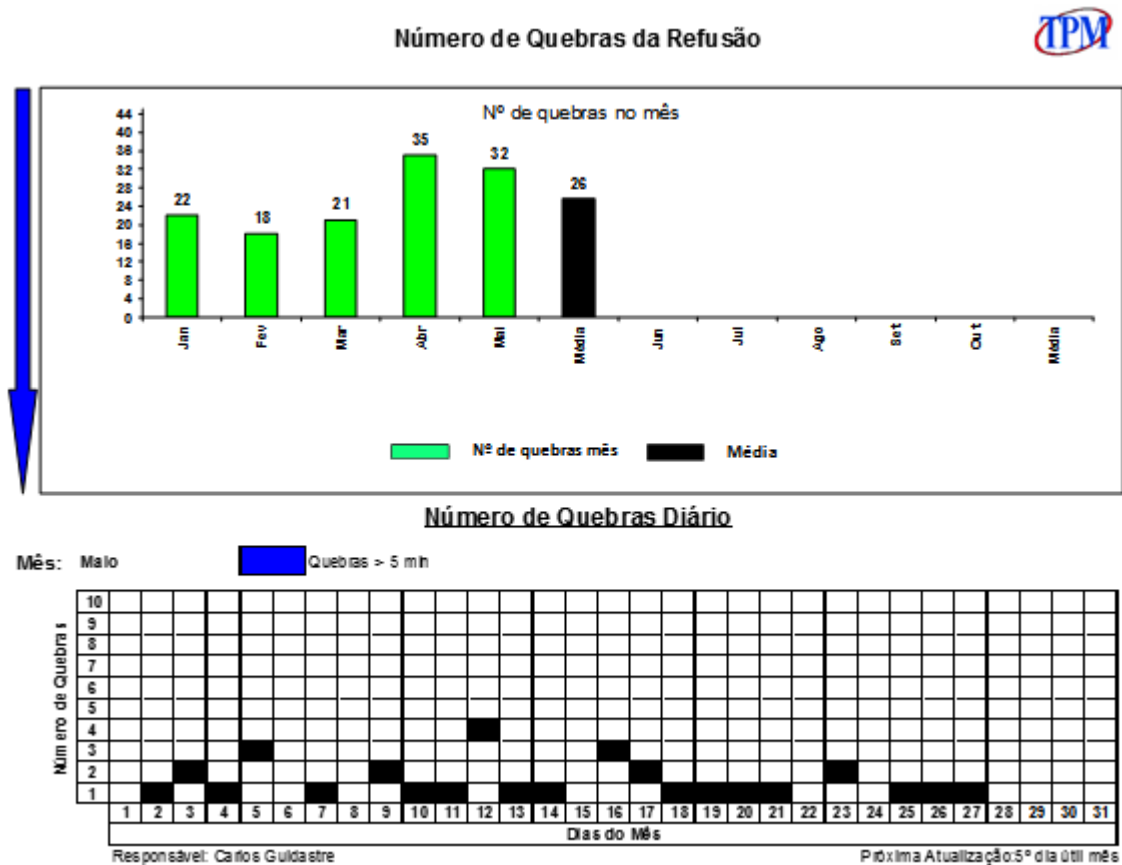


Figura 4-16: Número de Quebras da Refusão

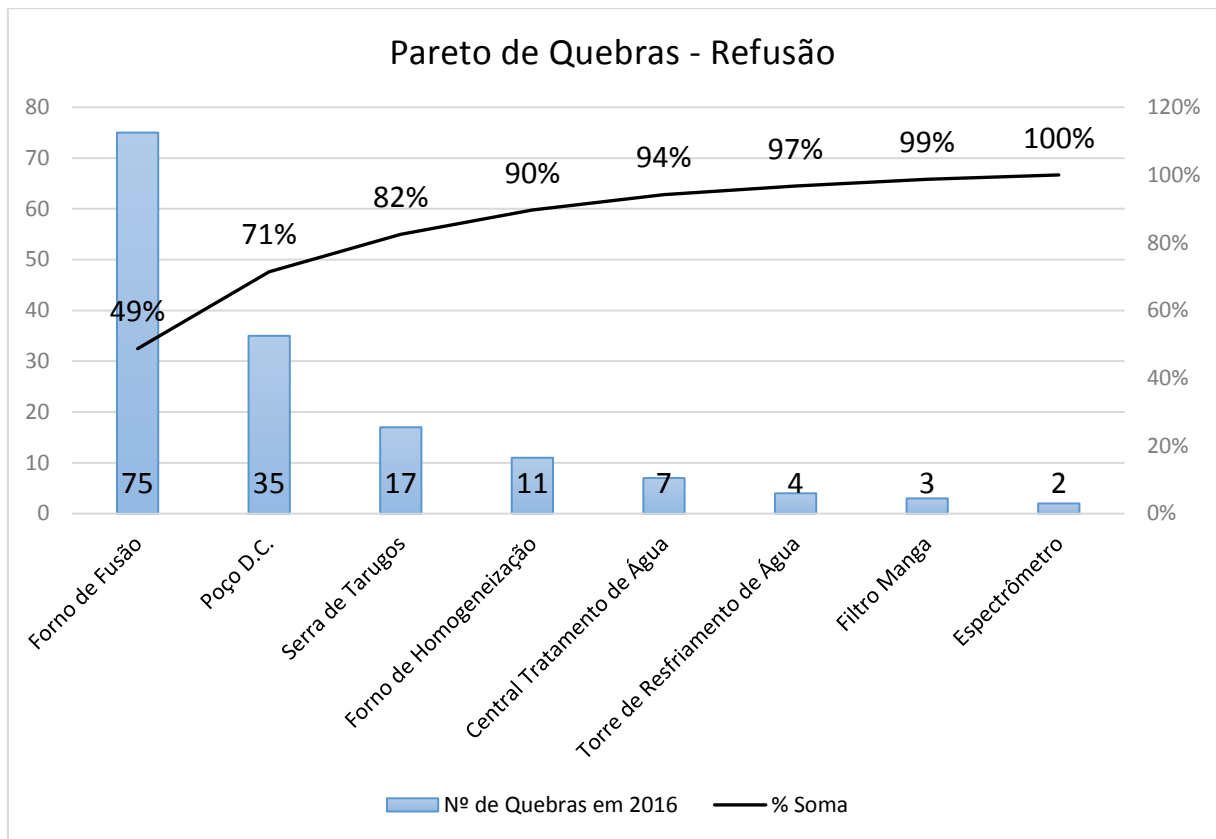
Fonte: PCM, 2016

Apesar de ser um número extremamente importante, uma análise apenas do número de quebras gerais do setor é ineficiente, sendo necessário uma avaliação mais detalhada.

Desta maneira, viu-se necessário a utilização da ferramenta Matriz de Quebra/Falha, pertencente ao método TPM. A ferramenta é extremamente precisa, ela cruza informações de componente x tipo de quebra/falha de alguma máquina ou equipamento. A matriz gera um gráfico com o total de quebras sofridas por algum destes componentes.

Através desta Matriz, foi possível construir um Gráfico de Pareto com os equipamentos mais críticos da Refusão. Tal fato possibilita a manutenção a agir de maneira mais efetiva, diminuindo desperdícios financeiros e, possivelmente, aumentando a Disponibilidade do equipamento.

A Figura 4-17 mostra o Gráfico de Pareto com os equipamentos com maior número de quebras acumuladas, durante o ano de 2016:



**Figura 4-17: Pareto de Quebras**

Fonte: Autor, 2016.

O Pareto de Quebras foi construído com base nos dados colhidos pelo relatório apresentado na Figura 4-16, nos meses de janeiro a maio de 2016. Uma análise inicial aponta a necessidade de tratativas referentes ao Forno de Fusão. Este equipamento, além de ser o transformador da matéria-prima, se mostrou como o mais crítico de todo o setor, onde cerca de 49% de todas as quebras ocasionadas no ano de 2016 são relacionadas à ele.

A matriz de falhas foi desenvolvida para todos os equipamentos da Refusão, porém, com o resultado referente ao Gráfico de Pareto, a atenção se dará primeiramente ao Forno de Fusão e ao Poço D.C., equipamentos que correspondem a maior parte de todas as quebras e paradas no setor.

A Tabela 4-5 traz a Matriz de Quebra/Falha, com todos os dados referentes ao início do ano de 2016, do equipamento mais crítico da Refusão:

Matriz de Quebra / Falha por Componente																										
Refusão																										
Área / Equipamento: Forno de Fusão Refusão																										
Refusão	2016																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14												
Modo de Quebra/Falha																										
Quebras > 5 min.																										
Mês: Maio / 2016	Cilindro Etroder	Má Fixação	Quebrion	Etápiti	Desamoi	Cilind	Que Inoi	Raagor	Dar fito	Tavo	Falha Cel	Estro	Mantimento	Ortos	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Componentes do Equipamento																										
Queimador	3		1			1									3	2	2	6	5							
Porta									1	3					2	2	3	3	4							
Termopar							3								1	1	3	2	3							
Chaminé			2												1		2	2	2							
Turbina de Ar				1								1			2	1	1	2	2							
Manguera de Gás								1							1	1	2	1	1							
Panel Elétrico	1					1										2		2	2							
Pistão Hidráulico				1	1										1				2							
Bomba Hidráulica					1															1						
Manguera Hidráulica					1										1				1							
JAN	5		1	1	1	3				1																
FEV	3		1		2	2		0				1														
MAR	5	1		1	2				1		1															2
ABR	3	2	1	2	2	1	1	1		2	1	1	1													
MAI	4	2	3	2	1	2	3	1	1	3	1															
JUN																										
JUL																										
AGO																										
SET																										
OUT																										
NOV																										
DEZ																										

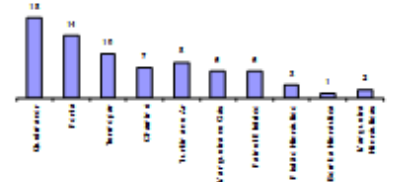


Tabela 4-3: Matriz de Quebra/Falha do Forno de Fusão  
Fonte: PCM, 2016.

A matriz se mostrou extremamente eficiente em seu propósito: guiar a manutenção para o maior causador de problemas.

Outra ferramenta do TPM que foi colocada em prática, a chamada Análise de Causa Raiz, onde a mesma engloba:

- Descrição do Problema;
- Diagrama de Ishikawa;
- 5 porquês (5W);
- Plano de Ação.

A união das cinco ferramentas acima citadas auxilia de maneira muito efetiva na resolução do problema, determinação das principais causas, o que fazer e na tomada de decisão.



Abaixo, na Figura 4-18, o formulário utilizado pela equipe de manutenção para a análise de causa raiz:


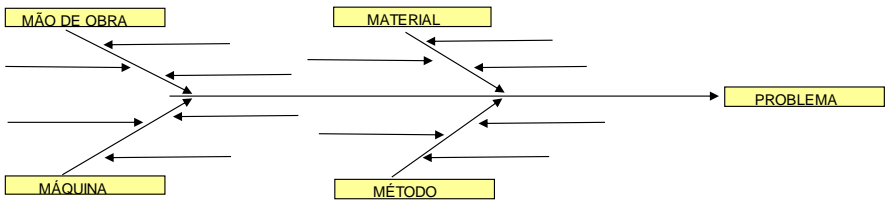










		Área: REFUSÃO <b>ANÁLISE DE CAUSA RAIZ</b>				Data: / / ACR nº					
Princípio de Funcionamento: (Vide verso da folha)											
<b>1. Descrição do Problema ( 6 - 1 - 2 - 3 - 5 - 4 )</b>											
Qual o número de ocorrências?		OTM's relacionadas		Quais as consequências do problema?							
<b>2. ANÁLISE DA FALHA (4M)</b>											
											
<b>3. ANÁLISE DOS 5 PORQUÊS (PORQUE O PROBLEMA ACONTECEU ?)</b>											
Pergunta	1º Round	Por quê?	2º Round	Por quê?	3º Round	Por quê?	4º Round	Por quê?	5º Round	Por quê?	Análise de Causa Raiz
Hipótese nº1											
Hipótese nº2											
Hipótese nº3											
Hipótese nº4											
Hipótese nº5											
<b>4. PLANO DE AÇÃO PARA ELIMINAÇÃO DA CAUSA RAIZ DO PROBLEMA</b>											
Ação				Responsável		Prazo		Status			
											
											
											
											
											
Elaborado por:		Verificado por:		Aprovado por:		Finalizada em:					

Figura 4-18: Formulário de Análise de Causa Raiz  
 Fonte: PCM, 2016.

As ferramentas utilizadas, tanto do TPM quanto da Qualidade, foram eficientes em apontar e auxiliar na resolução dos problemas. Através das análises dos dados e das ferramentas, foi possível montar um plano de ação inicial, visando reduzir a indisponibilidade de manutenção. A Figura 4-19 demonstra o Plano de Ação:

PLANO DE AÇÃO - Melhoria da Indisponibilidade de Manutenção			
Ação	Responsável	Prazo	Status
Troca do Queimador do Forno de Fusão	Coord. Manutenção	01/06/2016	
Troca do Incoder da conexão Hidráulica da Porta do Forno de Fusão	Coord. Manutenção	01/06/2016	
Readequação da Chaminé, utilizando concreto refratário	Coord. Refusão	01/07/2016	
Troca de Fornecedor das mangueiras hidráulicas do Forno e do Poço D.C.	Comprador Técnico	01/07/2016	
Treinamento para Menores Aprendizizes - Usinagem de Pistão Hdráulico	Coord. Manutenção	01/08/2016	

**Figura 4-19: Plano de Ação Inicial**

Fonte: PCM, 2016.

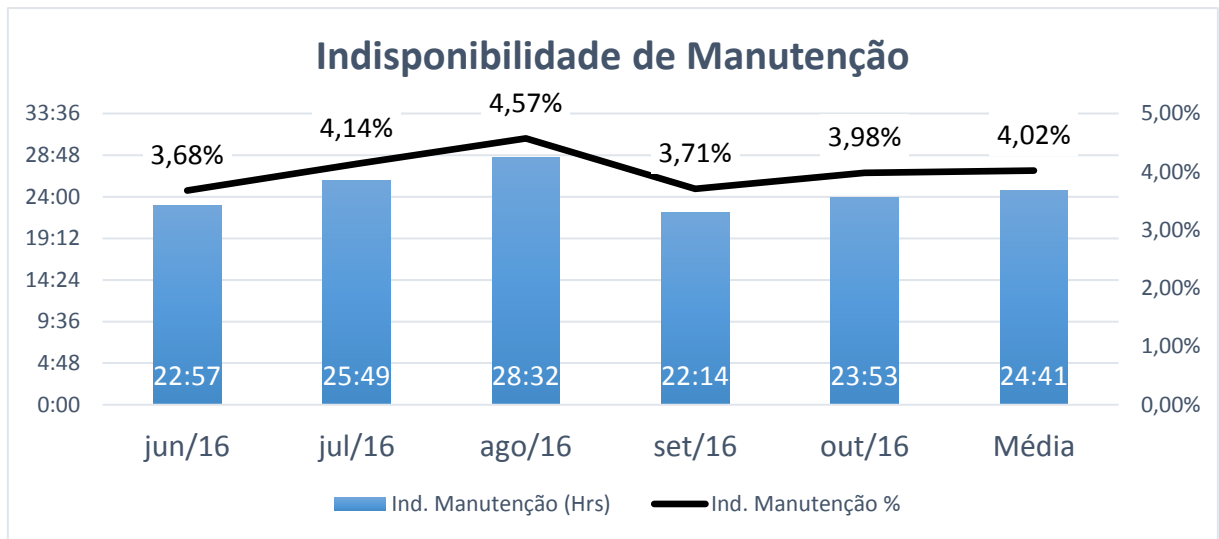
Todos as ações foram cumpridas dentro do prazo. O tópico seguinte irá mostrar os resultados iniciais.

#### 4.5 Resultados Obtidos

Após toda a implantação do plano de ação, os dados de paradas continuaram a ser compilados. Todos os dados foram obtidos e lançados da mesma maneira dos anteriores, para que não houvesse nenhuma discrepância entre eles.

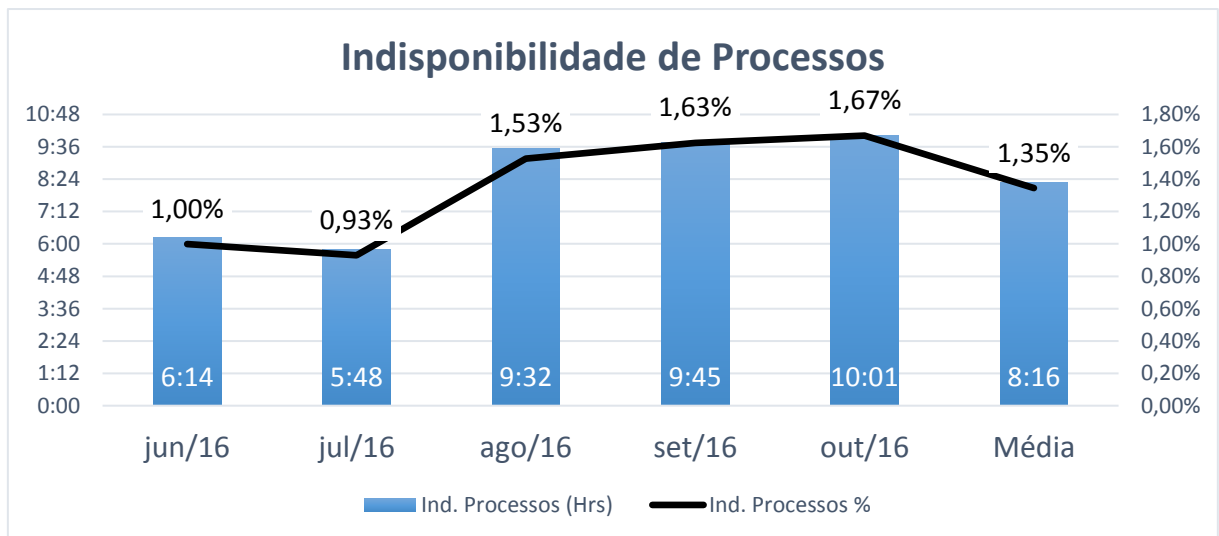
Uma análise do resultado possibilitará verificar se houve ganhos, de quanto foram estes ganhos ou, se, a situação se manteve.

A Figura 4-20 traz a indisponibilidade de manutenção:



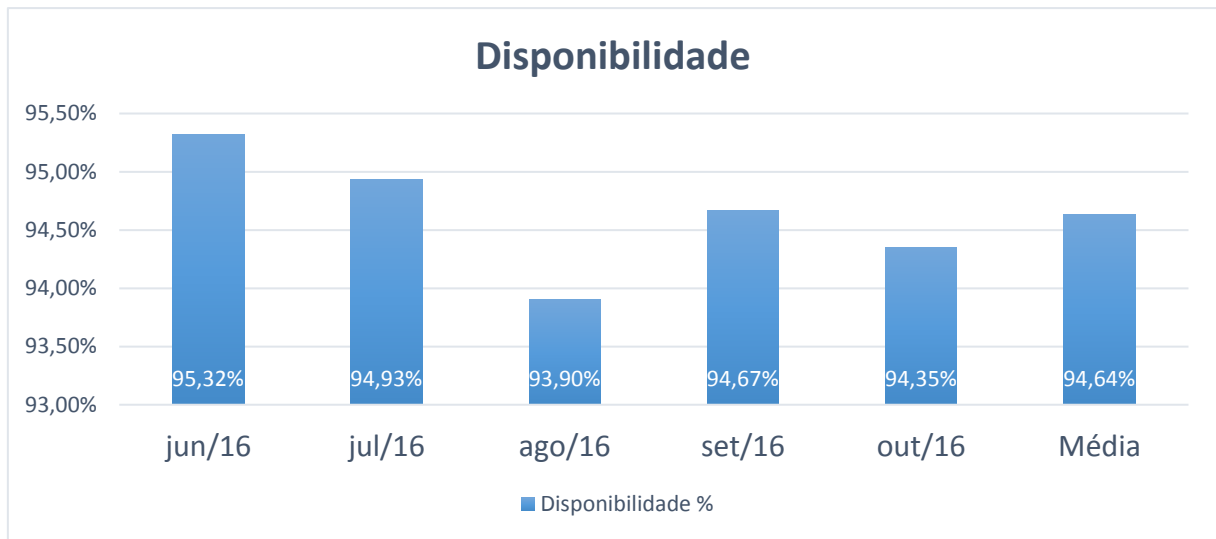
**Figura 4-20: Indisponibilidade de Manutenção**  
Fonte: Autor, 2016.

Figura 4-21, Indisponibilidade de processos:



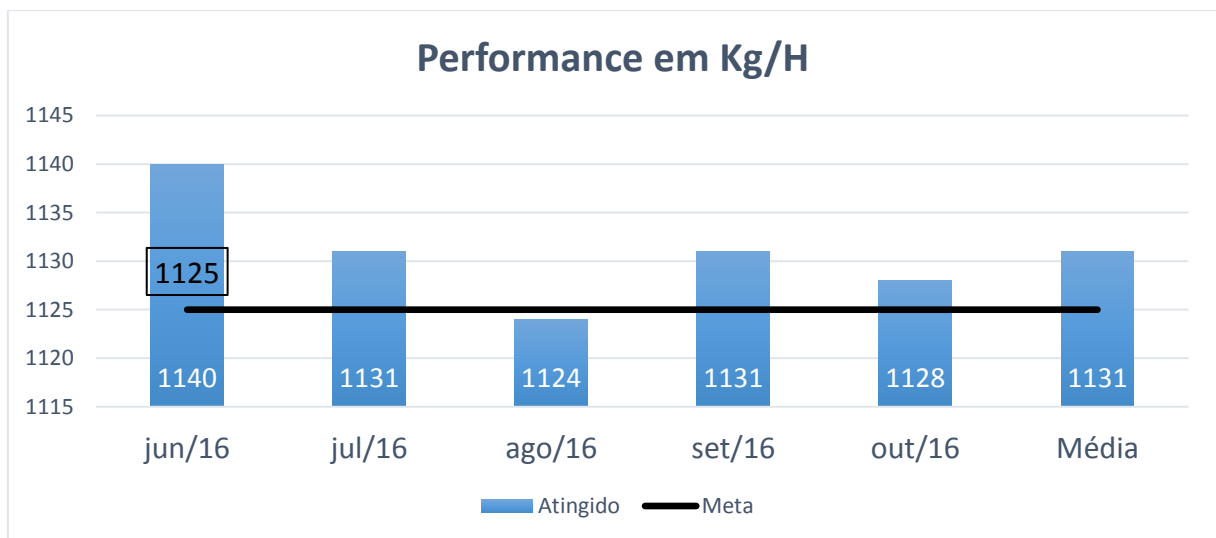
**Figura 4-21: Indisponibilidade de Processos**  
Fonte: Autor, 2016.

Figura 4-22, Disponibilidade para Produção:



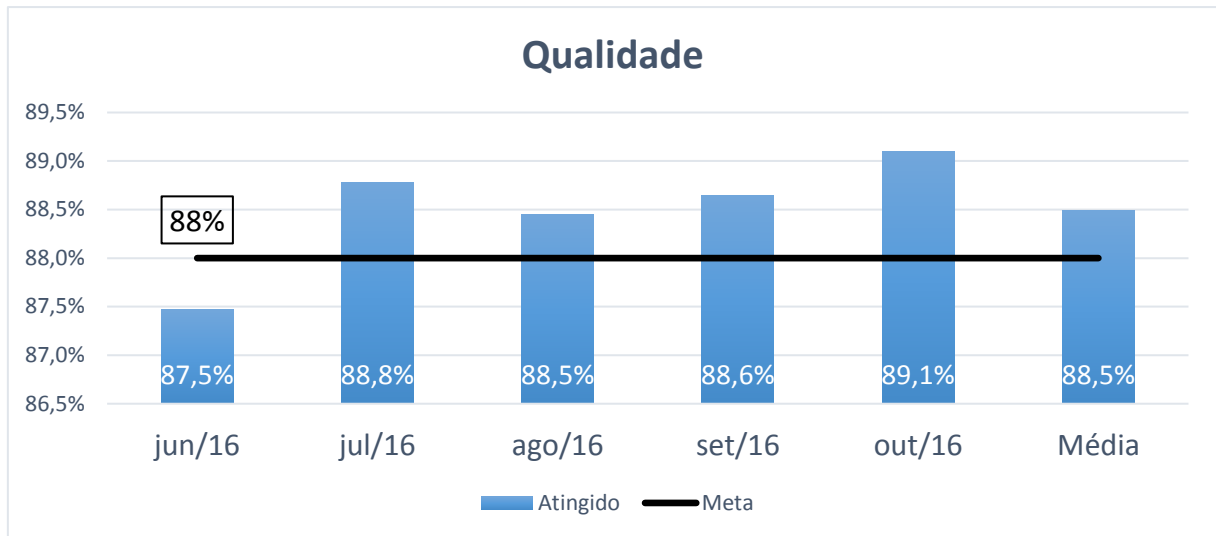
**Figura 4-22: Disponibilidade**  
Fonte: Autor, 2016.

Figura 4-23, performance de produção, como era esperado, não sofreu alterações:



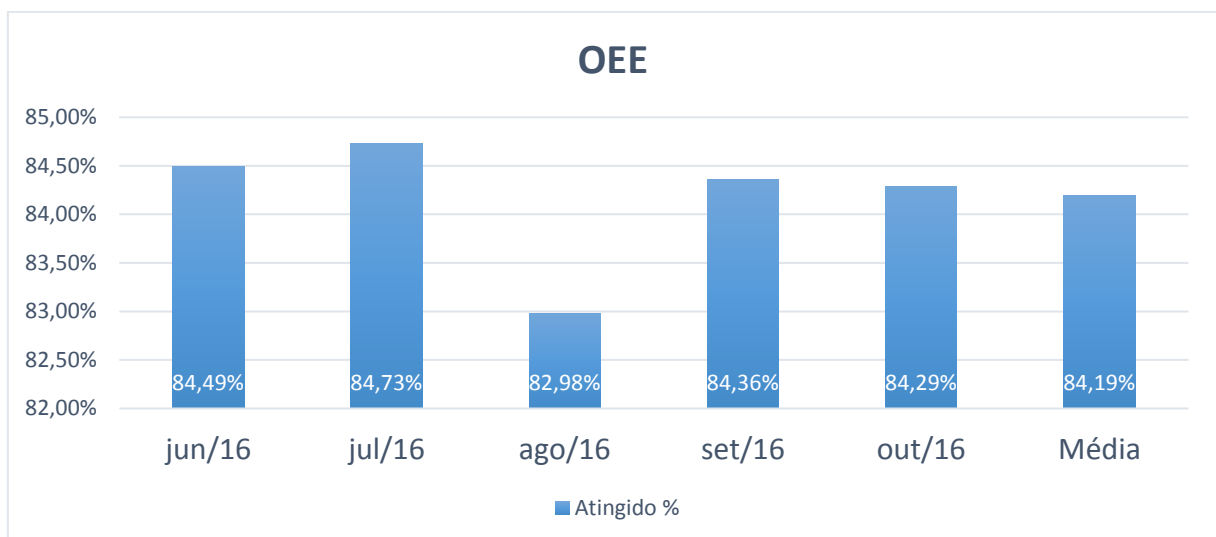
**Figura 4-23: Performance de Produção**  
Fonte: Autor, 2016.

Figura 4-24, indicador de qualidade:

**Figura 4-24: Indicador de Qualidade**

Fonte: Autor, 2016.

Figura 4-25, Indicador de OEE:

**Figura 4-25: Indicador de OEE**

Fonte: Autor, 2016.

De maneira resumida, a Tabela 4-5 traz as médias dos indicadores, antes e depois da aplicação das melhorias, objetivando confrontá-los:

<b>Indicador</b>	<b>Média anterior</b>	<b>Média atual</b>	<b>Ganho</b>	<b>Melhor</b>
Indisponibilidade de Manutenção	5,69%	4,02%	-1,67%	↓
Indisponibilidade de Processos	1,49%	1,35%	-0,14%	↓
Disponibilidade	92,82%	94,64%	1,82%	↑
Performance	100,1%	101,0%	0,90%	↑
Qualidade	88,40%	88,50%	0,10%	↑
OEE	82,36%	84,19%	1,83%	↑

**Tabela 4-4: Ganhos levantados**

Fonte: Autor, 2016.

É possível verificar um ganho em todos os indicadores, mesmo aqueles que não eram o alvo dos projetos de melhoria. Porém, os indicadores com maiores variações foram aqueles nos quais eram considerados chaves para a melhoria dos processos.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho tinha como principal objetivo implantar o indicador OEE no setor de Refusão e, através dele, identificar gargalos no processo de produção, propor melhorias no processo e aumentar o volume de produção.

A implantação do indicador OEE possibilitou analisar de forma mais objetiva e efetiva as principais informações dos processos de produção, verificando através dos indicadores de Disponibilidade, Performance e Qualidade, qual era o processo que impossibilitava a produção de ser mais eficiente. O gargalo tratava-se da Indisponibilidade de Manutenção, onde através da aplicação de Ferramentas do TPM e da Qualidade, foi possível diminuí-lo em 1,67%, mantendo sua performance e, com isso, aumentar o OEE de 82,36% para 84,19%, como mostra na Tabela 4-5.

De modo simples e eficaz, a OEE possibilitou uma redução de 1,67% da indisponibilidade de manutenção, aumentando a disponibilidade média do mês em 9h42min, onde o volume de produção foi elevado em 11 ton/mês.

O indicador mostrou uma efetividade gigantesca em seu propósito, onde não somente apontou processos ineficientes, mas também possibilitou utilizar ferramentas que agora serão base de todas as melhorias que serão necessárias.

O resultado atual do OEE é bem próximo do chamado *World Class* de OEE, um resultado bastante significativo, visto a dificuldade do processo.

Comparando os resultados deste trabalho com os dois estudos correlatos, apresentados no tópico 2.8, é possível identificar que as ferramentas aplicadas nos trabalhos surtiram o efeito esperado, onde nos três casos houve aumento no índice de OEE.

As maiores dificuldades encontradas durante a realização do trabalho foram de inserir no dia-a-dia do setor os relatórios de produção necessário, visto que os operadores não estavam acostumados a preenche-los.

Após o fim da implantação, o indicador passou a ser medido diariamente, contando com metas e inclusive fazendo parte do plano de PLR (participação dos lucros e resultados) do setor de Refusão.

Desta forma, é possível afirmar que o trabalho alcançou seus objetivos de maneira satisfatória.

## 6 REFERÊNCIAS

BAMBER, C.J. et al. **Cross-functional team working for overall equipment effectiveness.** Journal of Quality in Maintenance, 2003.

CHAND, G.; SHIRVANI, B. **Implementation of TPM in cellular manufacture.** Journal of Materials Processing Technology, 2000.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.  
GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007. 175p.

TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. **TPM, total productive maintenance.** *Quality Resources*, 1990.

GOESSLER, L. G. M. **Uso de sistemas de medição de desempenho para melhoria contínua:** um estudo da influência do estilo de gestão. 2009. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção – PPEP, Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR, São Carlos, 2009.

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

JONSSON, Patrik, and Magnus Lesshammar. **"Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems-the role of OEE."** *International Journal of Operations & Production Management* (1999).

KARDEC, Allan; NASCIF, Júlio. **Manutenção-função estratégica.** Qualitymark Editora Ltda, 2001.

LAUGENI, Fernando P.; MARTINS, Petrônio G. **Administração da produção.** São Paulo: Saraiva, 2005.

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

OEE, Fórmula da Efetividade Global do Equipamento. Disponível em:  
< <http://www.oe.com.br/formula-oe/>> Acesso em: Maio de 2016.

SUZUKI, Tokutaro. **TPM in process industries.** Tradução *Productivity Press*. 2nd. ed. : *New York: Productivity Press*, 1994.

VORNE INDUSTRY. *The fast guide to OEE* 2002. Disponível em:  
<<https://www.vorne.com/pdf/fast-guide-to-oe.pdf>> Acesso em: Maio de 2016



XENOS, Harilaus Georgius d'Philippus. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte. Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

GELATTI, Isaías Costa Beber. **OEE - Eficiência global dos equipamentos: utilização do método para análise da real produtividade de equipamentos**. 2012.

TREVISANI, Tiago Somolanji. **Implantação da OEE em uma indústria siderúrgica**. 2008.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Departamento de Engenharia de Produção**  
**Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900**  
**Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196**