

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E DE PRODUÇÃO  
CENTRO DE TREINAMENTO E DESENVOLVIMENTO - CETREDE  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – TURMA VII**

**A EFICIÊNCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTOS (OEE) NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS:  
UM ESTUDO DE CASO NUMA LINHA DE ENVASAMENTO DE CERVEJA – GARRAFA  
RETORNÁVEL**

**GIULIANA MARIA PAMPLONA MARQUES DOS SANTOS**

**FORTALEZA**

**2008**

**GIULIANA MARIA PAMPLONA MARQUES DOS SANTOS**

**A EFICIÊNCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTOS (OEE) NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS:  
UM ESTUDO DE CASO NUMA LINHA DE ENVASAMENTO DE CERVEJA – GARRAFA  
RETORNÁVEL**

Monografia submetida à Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Sérgio José Barbosa Elias, M.Sc

**Fortaleza – CE**

**2008**

GIULIANA MARIA PAMPLONA MARQUES DOS SANTOS

**A EFICIÊNCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTOS (OEE) NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS  
UM ESTUDO DE CASO NUMA LINHA DE ENVASAMENTO DE CERVEJA – GARRAFA  
RETORNÁVEL**

Esta monografia foi julgada adequada como requisito parcial para a obtenção do Título de “Especialista em Engenharia de Produção”, e aprovada em sua forma final pela Coordenação do Curso de Especialização em Engenharia de Produção.

Data da aprovação: 20 / 10 / 08

---

Prof. Sérgio José Barbosa Elias, M. Sc.  
Coordenador do Curso  
Orientador

---

Prof. Marcos Ronaldo Albertin, Dr.  
Examinador

## AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a:

Deus, pelo dom da vida e pela força para nunca fraquejar e sempre seguir em busca de meus objetivos.

Meus pais, André e Helisete, pelo amor incondicional, pelo apoio de sempre e pelo importante papel que representam em minha vida.

Meus irmãos, Pedro César e Paulo André, pelo eterno carinho e cumplicidade.

Prof. Sérgio José Barbosa Elias, pela disponibilidade e preciosa orientação.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS, TABELAS E QUADROS.....	vi
RESUMO.....	vii
1. Introdução.....	1
1.1. Considerações Iniciais.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. <i>Objetivo geral</i> .....	3
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	3
1.3. Justificativa para o tema.....	3
1.4. Método de Pesquisa.....	4
1.5. Estrutura do Trabalho.....	4
2. Revisão Bibliográfica.....	6
2.1. Visão Estratégica de Manutenção.....	6
2.1.1. <i>Regimes de Manutenção</i> .....	6
2.1.2. <i>Indicadores de Manutenção</i> .....	7
2.2. Manutenção Produtiva Total - TPM ( <i>Total Productive Maintenance</i> ).....	8
2.3. Eficiência Global de Equipamentos (OEE).....	13
3. A Indústria de Cerveja.....	18
3.1. História da Cerveja.....	18
3.2. Produção de Cerveja.....	18
3.3. Envasamento de Cerveja.....	20
3.3.1. <i>Despaletização do vasilhame</i> .....	20
3.3.2. <i>Desencaixotamento de garrafas</i> .....	21
3.3.3. <i>Limpeza de garrafas</i> .....	21
3.3.4. <i>Inspeção de garrafas</i> .....	21
3.3.5. <i>Enchimento e arrolhamento</i> .....	22
3.3.6. <i>Pasteurização</i> .....	22
3.3.7. <i>Rotulagem</i> .....	22
3.3.8. <i>Encaixotamento, Paletização e Expedição</i> .....	22
3.3.9. <i>Utilidades e Operações Auxiliares</i> .....	24
4. Estudo de Caso: Cálculo do OEE numa linha de Envase de Cerveja – Garrafa Retornável.....	25
4.1. Perdas no Envasamento.....	25

4.1.1. Paradas Programadas.....	25
4.1.2. CIP.....	25
4.1.3. Setup.....	25
4.1.4. Paradas Externas.....	25
4.1.5. Quebra/Falha.....	26
4.1.6. Pequenas paradas (chokotei).....	26
4.1.7. Perda de velocidade.....	26
4.1.8. Produtos defeituosos.....	26
4.2. Cálculo do OEE.....	26
4.2.1. Índice de Disponibilidade.....	26
4.2.2. Índice de Desempenho.....	26
4.2.3. Índice de Qualidade.....	27
4.2.4. Índice de Eficiência.....	28
4.2.5. Índice de Disponibilidade (TMP).....	28
4.2.6. Indisponibilidade Externa.....	28
4.3. Exemplo de Cálculo do OEE.....	28
4.4. Acompanhamento do OEE.....	29
4.5. Sugestões de Melhorias para Maximizar o OEE.....	33
5. Considerações Finais.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

## LISTA DE FIGURAS, TABELAS E QUADROS

Figura 1 – Consumo <i>per capita</i> de cerveja no mundo.....	2
Figura 2 – Consumo <i>per capita</i> de cerveja no Brasil.....	2
Figura 3 – Produção de cerveja no Brasil.....	3
Figura 4 – Manutenção Preventiva <i>versus</i> TPM.....	9
Figura 5 – Histórico do TPM.....	10
Figura 6 – Pilares do TPM.....	13
Figura 7 – Perdas crônicas e esporádicas.....	14
Figura 8 – Perdas x OEE.....	16
Figura 9 – Processo de fabricação da cerveja.....	19
Figura 10 – Fluxograma de envasamento de cerveja – garrafa retornável.....	21
Figura 11 – Linha de envase de cerveja – garrafa retornável.....	23
Figura 12 – Esquema de envasamento de cerveja – garrafa retornável.....	23
Figura 13 – OEE no Envasamento de Cerveja.....	27
Figura 14 – Acompanhamento do OEE.....	30
Figura 15 – Eficiência x Disponibilidade x Indisponibilidade Externa.....	30
Figura 16 – Gráfico de Pareto – Tipos de Paradas.....	31
Figura 17 – Gráfico de Pareto – Paradas Programadas.....	31
Figura 18 – Gráfico de Pareto – Paradas Mecânicas.....	32
Quadro 1 – Etapas do TPM.....	12
Quadro 2 – Objetivos dos Pilares do TPM.....	12
Quadro 3 – Resultados com TPM.....	13

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo descrever a Eficiência Global de Equipamentos (OEE – *Overall Equipment Efficiency*) – indicador utilizado como parâmetro de melhorias na linha de produção e como comparativo de rendimento entre as áreas da fábrica. Para tanto, fez-se necessária uma revisão bibliográfica contemplando os conceitos de TPM – *Total Productive Maintenance*, metodologia japonesa que deu origem ao OEE, e o cálculo do indicador. A fim de ilustrar sua utilização, tem-se um estudo de caso numa indústria de bebidas, abordando todas as perdas envolvidas na disponibilidade, desempenho (*performance*) e qualidade dos equipamentos. Como preparação para o estudo de caso, elaborou-se um capítulo sobre a indústria de cerveja, com ênfase nas etapas de uma linha de envase de cerveja em garrafa retornável. Percebe-se que o OEE traz à discussão todos os problemas envolvidos numa baixa eficiência de produção, impulsionando a indústria a buscar sempre melhorias.

Palavras-chave: Eficiência Global, OEE – *Overall Equipment Efficiency*, Disponibilidade, Desempenho, *Performance*, Qualidade.



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Considerações Iniciais

Corrêa (2008) mostra que vários são os motivos para que a avaliação de desempenho tenha ganhado tanto interesse no mundo dos negócios:

- mudanças na natureza dos negócios;
- competitividade acirrada;
- inovações buscando melhorias em operações.

As empresas têm buscado diferenciais em termos de qualidade, serviço, flexibilidade, inovação e velocidade, pois têm que competir não apenas por preço, mas principalmente por valor.

Para competir em aspectos incomensuráveis, é necessário ter informações de desempenho. Assim, as medidas de desempenho passaram a ser alinhadas às estratégias competitivas.

Medição de desempenho é o processo de quantificar ação, em que medição é o processo de quantificação da ação que leva ao desempenho. De acordo com uma visão mais mercadológica, e numa lógica competitiva, as organizações, para atingir seus objetivos, buscam satisfazer a seus clientes (e outros grupos de interesse) de forma mais eficiente e eficaz que seus concorrentes. (CORRÊA & CORRÊA, 2008, p. 159).

O mercado de bebidas no Brasil, por sua ascensão e relevante concorrência, tem buscado diferenciar-se, principalmente com novos produtos e melhoria de *performance*.

Esse mercado é de considerável importância para a economia nacional, em virtude não apenas do valor da produção, como também em função do elevado dinamismo que tem apresentado recentemente.

Tomando como base apenas o mercado de cervejas, o Brasil, atualmente, está entre os quatro maiores fabricantes do mundo, com um volume de produção de cerca de 10,34 bilhões de litros e faturamento aproximado de R\$25,8 bilhões em 2007 conforme dados do Sindicerv (Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja). O país só perde, em volume, para a China (35 bilhões de litros/ano), Estados Unidos (23,6 bilhões de litro/ano) e Alemanha (10,7 bilhões de litros/ano).

A figura 1, baseada em dados das associações de indústrias cervejeiras na Europa e na América Latina, mostra o consumo *per capita* de cerveja, em litros por habitante, nos principais países produtores da bebida, nos anos de 2002 e 2003.

O Brasil que, por sua vez, apresentou um consumo *per capita* de 46,8 L/habitante, em 2003, está abaixo de países como República Tcheca (maior consumidor de cerveja do mundo), Alemanha, Estados Unidos (maior consumidor de cerveja das Américas), Japão e México.

CONSUMO PER CAPITA ( litros/habitante )	
Rep. Checa	158
Alemanha	117,7
Reino Unido	101,5
Austrália	92
Estados Unidos	84
Espanha	78,3
Japão	56
México	50
Brasil	47
França	35,5
Argentina	34
China	18

Fonte: Brewers of Europe, Alaface e Sindicerv (2002-2003)

Figura 1 – Consumo *per capita* de cerveja no mundo  
 Fonte: <<http://www.sindicerv.com.br/mercado.php>>

A figura 2 mostra o consumo *per capita* de cerveja no Brasil, no período de 1994 a 2004, o qual, segundo dados do Sindicerv (Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja), sofreu um incremento nos primeiros anos de implantação do Plano Real (1994/1995), quando saltou de 38 litros/habitante para 50 litros/habitante, e tem-se mantido estável desde então, com uma média anual de aproximadamente 48 litros/habitante.



Figura 2 – Consumo *per capita* de cerveja no Brasil  
 Fonte: <<http://www.sindicerv.com.br/mercado.php>>

Já a figura 3 mostra a evolução da produção de cerveja no Brasil, que teve um salto nos anos 1994 e 1995 a fim de acompanhar o incremento de consumo nesses anos e tem-se mantido estável. Isso também se deve a pesados investimentos que o setor tem recebido nos últimos cinco anos, contando com a inauguração de 10 novas plantas e modernização e ampliação de tantas outras.



Figura 3 – Produção de cerveja no Brasil  
Fonte: <<http://www.sindicerv.com.br/mercado.php>>

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é analisar o índice de Eficiência Global de Equipamentos (OEE – *Overall Equipment Efficiency*), o qual é a métrica da metodologia japonesa TPM (*Total Productive Maintenance*), aplicado à indústria de bebidas, com ênfase numa linha de envase de cerveja em garrafa retornável (600mL).

### 1.2.2. Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo principal, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar a indústria cervejeira;
- Identificar os processos de uma cervejaria, desde o recebimento da matéria-prima até o envase da cerveja;
- Descrever as perdas, sejam relativas aos equipamentos ou administrativas, que influenciam no cálculo do OEE;
- Coletar dados para ilustrar num estudo de caso o cálculo do OEE;
- Identificar oportunidades de melhoria da eficiência global do equipamento.

## 1.3. Justificativa para o Tema

A principal justificativa para o tema apóia-se na importância de indicadores de desempenho para a estratégia competitiva das empresas.

Buscando-se sempre maximizar a utilização dos ativos empresariais, o uso do indicador OEE, proposto na metodologia TPM, permite que as empresas identifiquem as reais condições de seus equipamentos, mão-de-obra, materiais e métodos. Isso é possível através da identificação das perdas, envolvendo os índices de disponibilidade, desempenho e qualidade.

O cálculo do OEE também permite identificar alguns problemas ocultos, que, de tão rotineiros, acabam sendo considerados normais, porém escondem, muitas vezes, custos que corresponde a uma outra fábrica.

OEE pode ser aplicado nos mais diferentes níveis em uma indústria. Pode ser tido como “benchmark” para medir a *performance* total da fábrica, que, ao comparar com valores futuros, indica o nível de melhoria realizada; assim como parâmetro para comparar a *performance* das linhas, possibilitando destacar a linha de mais baixo rendimento.

#### **1.4. Método de Pesquisa**

O desenvolvimento desse trabalho foi feito em 4 etapas. A primeira consiste em uma revisão bibliográfica sobre Gestão Estratégica de Manutenção, Manutenção Produtiva Total (TPM) e Eficiência Global de Equipamentos.

A segunda etapa caracteriza a indústria de cerveja, mostrando o histórico, as etapas de produção da bebida e seu envasamento em garrafa retornável, descrevendo todos os processos envolvidos.

A terceira etapa, por sua vez, compreende um estudo de caso de aplicação da Eficiência Global de Equipamentos em uma linha de envase de cerveja em garrafa retornável.

Para tanto foi necessária uma pesquisa *in loco*, por cerca de três meses, a fim de conhecer as particularidades do processo e coletar dados para uma análise crítica. Na oportunidade, estudou-se detalhadamente todas as perdas que influenciam na eficiência dos equipamentos.

Por fim, a última etapa aborda sugestões de melhorias para maximizar a eficiência dos equipamentos com base na metodologia TPM.

#### **1.5. Estrutura do Trabalho**

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se o tema da monografia, bem como a justificativa, mostrando a eficiência global como indicador de melhoria na gestão de perdas de equipamentos. Esse fragmento também aborda os objetivos e a estrutura do trabalho desenvolvido.

No segundo capítulo faz-se uma revisão bibliográfica a fim de fundamentar a teoria a ser aplicada no estudo de caso. Apresenta-se a metodologia TPM (*Total Productive Maintenance*), da qual originou o OEE, e o cálculo do OEE, detalhando os três índices que o compõe – disponibilidade, desempenho e qualidade.

O terceiro capítulo aborda a empresa na qual está baseado o estudo de caso – uma cervejaria. É dada ênfase à linha de envasamento de cerveja em garrafa retornável

(600mL). Busca-se detalhar as etapas de fabricação e as possíveis fontes de perdas, que influenciam no OEE.

O quarto capítulo apresenta o cálculo do OEE numa linha de envase de cerveja, mostrando todas as perdas envolvidas no cálculo de disponibilidade, desempenho e qualidade, usando um exemplo real. Contudo, buscando um trabalho pautado na ética, os números apresentados foram modificados.

O quinto e último capítulo são as considerações finais do trabalho.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Visão Estratégica da Manutenção

Segundo a NBR 5462-1994, manutenção é definida como “a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”, ou seja, as atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos a fim de assegurar que ele continue desempenhando as funções para as quais foi projetado e no nível exigido.

A depreciação dos equipamentos pode ser natural ou forçada, se manifestando de diversas formas: aparência ruim (vazamentos, ruídos, corrosão), perdas de desempenho, paradas de produção, fabricação de itens defeituosos e poluição ambiental. Isso influencia bastante na qualidade e na produtividade e evidencia o papel fundamental e estratégico da manutenção para, muitas vezes, garantir a sobrevivência das empresas.

Normalmente é considerada manutenção apenas os consertos após a quebra dos equipamentos em busca somente do retorno às condições básicas. Contudo, numa visão estratégica, as atividades de manutenção devem também envolver modificações das condições de projeto dos equipamentos através de melhorias para inibir a reincidência de falhas, reduzir os custos e aumentar a produtividade.

As atividades de manutenção devem ser muito mais abrangentes do que simplesmente manter as condições originais dos equipamentos. Muitas vezes, somente manter essas condições é insuficiente a introdução de melhorias que visam a aumentar a produtividade também deve fazer parte do trabalho dos departamentos de manutenção. Assim, as atividades de manutenção de equipamentos em qualquer empresa podem ser divididas em dois tipos: atividades de manutenção e atividades de melhoria. (XENOS, H. G., 1998, p.19)

Nas atividades de manutenção, assume-se que qualquer serviço será apenas para restabelecer o equipamento às condições originais de desempenho e confiabilidade intrínseca.

Já as atividades de melhoria visam a melhorar suas condições originais de operação, desempenho e confiabilidade intrínseca através de modificações no projeto ou configuração original, tendo por objetivo maximizar a produtividade do equipamento.

#### 2.1.1. Regimes de Manutenção

Nessa seção são apresentados os diversos regimes de manutenção.

A manutenção corretiva é aquela realizada após a quebra do equipamento (manutenção pós-quebra). Geralmente é a de menor custo, porém pode causar grandes perdas devido à parada de produção.

Esse regime de manutenção é adequado para partes menos críticas dos equipamentos e quando as ações preventivas são economicamente inviáveis.

Já a manutenção preventiva deve ser o principal método em qualquer empresa já que busca prevenir quebras inesperadas. Envolve tarefas como inspeções, lubrificação, reformas e trocas de peças. Esse regime é dividido em manutenção baseada no tempo (MBT) e manutenção baseada na condição (MBC).

A manutenção baseada no tempo consiste na limpeza e inspeção periódicas do equipamento, em consertos e na substituição de peças antes de atingirem seus limites de tempo de vida útil.

A manutenção baseada na condição (preditiva) permite otimizar a troca de componentes e estender o tempo de manutenção através de análises, por exemplo, de vibração, análise de lubrificantes e termografia.

Um terceiro regime de manutenção é a manutenção por melhoria, que busca melhorar continuamente os equipamentos, não se atendo somente a retornar o equipamento a sua condição básica e sim. Nesse caso, o importante é investigar profundamente a causa-raiz das falhas.

Há também a prevenção de manutenção, que consiste em agir junto ao fornecedor, desde a fase de projeto do equipamento, visando à prevenção de falhas e ao aumento da manutenibilidade.

### 2.1.2. Indicadores de Manutenção

Dentre os vários indicadores de manutenção, aqui será dada ênfase em disponibilidade, confiabilidade, tempo médio entre falhas (MTBF), tempo médio de reparo (MTTR), custo de manutenção e manutenibilidade.

A disponibilidade indica o tempo de um dado equipamento estar disponível. Representa a capacidade de cumprir o planejamento de produção e garantir o atingimento das metas.

A confiabilidade pode ser definida como a probabilidade de um componente ou máquina funcionar corretamente, com base nos padrões estabelecidos, durante um determinado intervalo de tempo.

O tempo médio entre falhas (MTBF – *Mean Time Between Failures*) representa o tempo médio entre a ocorrência de uma falha e a próxima. Indica também o tempo de funcionamento do equipamento diante das necessidades da produção até a próxima falha. Pode ser calculado pela razão entre o tempo de funcionamento e o número de falhas nesse intervalo.

Já o tempo médio de reparo (MTTR – *Mean Time to Repair*) está relacionado ao tempo que a equipe de manutenção gasta para reparar e disponibilizar a máquina para o

sistema produtivo. Inclui todas as ações envolvidas no reparo (tempo para compra de componentes, tempo de espera).

O custo de manutenção é considerado o principal indicador dessa atividade. É composto pelos custos de intervenção (recursos e mão-de-obra), podendo também incluir os custos de perda de produção e de perda de oportunidade (pela falta de produto para abastecer o mercado).

Por fim, a manutenibilidade ou manutenibilidade é a probabilidade de restabelecer a condição básica de um item avariado e colocá-lo em funcionamento novamente.

## **2.2. Manutenção Produtiva Total - TPM (*Total Productive Maintenance*)**

A Manutenção Produtiva Total é um método de gestão industrial que busca identificar as perdas existentes no processo e eliminá-las, visando à máxima utilização do ativo industrial e à garantia de produtos de qualidade e com preços competitivos.

Foi mundialmente disseminada por Seiichi Nakajima através da publicação, pelo *Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM)*, dos livros “TPM Tenkai” (1982) e “TPM Nyumon” (1984) abordando o processo de implementação da metodologia.

Segundo Chiaradia (2004), no decorrer das décadas de 1950 e 60, as indústrias japonesas, buscando melhorar a qualidade de seus produtos e se tornarem competitivas, se espelharam nos Estados Unidos e na Europa e passaram a utilizar métodos de gerenciamento de fábricas e técnicas de manufatura, dentre elas: manutenção pós-quebra (*Breakdown Maintenance – BM*) manutenção preventiva (*Preventive Maintenance - PM*), manutenção por melhoria (*Corrective Maintenance – CM*) e prevenção de manutenção (*Maintenance Prevention – MP*).

As técnicas de manutenção americanas citadas foram adaptadas a fim de se ajustarem à cultura das empresas japonesas, originando, em 1971, a TPM (*Total Productive Maintenance*) (CHIARADIA, 2004). Com essa adaptação, a divisão taylorista das tarefas entre manutenção e operação pregada pela Manutenção Preventiva deixa de existir e a TPM passa a ser implementada por todos os colaboradores.

Na figura 4 apresenta-se um paralelo entre as características da Manutenção Preventiva no estilo americano e a TPM. Conforme Shirose (2000) *apud* Chiaradia (2004), com TPM as áreas de manutenção passam a ser alimentadas de informações por parte dos operadores no que se refere a anomalias ou sintomas estranhos apresentados por seus equipamentos, permitindo que intervenções sejam executadas para prevenir a quebra ou falha das máquinas.



Enquanto a Manutenção Preventiva era centrada nos especialistas (manutentores), ficando os operadores dedicados à operação, com TPM os operadores passam a executar determinadas rotinas de manutenção, buscando maximizar a eficiência global de produção.

Nº	TPM	Manutenção Preventiva
1	O TPM é designado para maximizar a eficiência global dos sistemas de produção pela melhoria dos métodos de manufatura, usinagem e preservação do equipamento.	Centrada nos especialistas em equipamentos. Mesmo buscando maximizar a eficiência dos equipamentos, não atenta para a melhoria da eficiência global de produção considerando métodos eficientes de utilização dos equipamentos.
2	Os operadores devem preservar e manter seus próprios equipamentos ("Jishu-Hozen" - manutenção autônoma - limpeza, inspeção, lubrificação), ficando a cargo da manutenção os diagnósticos e reparos.	Os operadores são dedicados à operação, enquanto todas as rotinas de manutenção são de responsabilidade do staff de manutenção (mecânicos, eletricitas, instrumentistas).
3	Descreve a atividade de pequenos grupos, nos quais todos os membros participam ("grupos sobrepostos")	Não existe a implementação de atividades em pequenos grupos com a participação de todos.

Figura 4 – Manutenção Preventiva versus TPM

Fonte: Adaptado de Chiaradia, 2004.

O TPM se instalou primeiramente na indústria automobilística e rapidamente se tornou parte da cultura de companhias como Toyota, Mazda e Nissan, bem como em seus fornecedores e afiliados. Também foi introduzido por outras indústrias de eletrodomésticos, microeletrônicas, ferramentas de máquinas, plásticos e filmes (SUZUKI, 1995).

Com a introdução da manutenção preventiva, as indústrias de processo começaram a implementar TPM, que, nos últimos anos, tem sido introduzido em indústrias alimentícias, borracha, refinamento de óleos, produtos químicos, farmacêuticos, gás, cimento, fabricação de papel, ferro e aço (SUZUKI, 1995).

No Brasil, segundo IMC Internacional (2008); o TPM foi introduzido em 1986 através de inúmeras palestras do Prof. Seiichi Nakajima, vice-presidente do JIPM. Desde então, empresas como a Copene – Petroquímica do Nordeste S/A, Votocel Filmes Flexíveis Ltda, Eletronorte, Unilever, Tetra Pak Ltda, Yamaha Motor Brasil e Pirelli tem o TPM implantado e já receberam a premiação *TPM Award* do JIPM.

A figura 5 mostra o histórico do TPM, conforme as datas de implementação no Japão, desde o surgimento das técnicas de manutenção nos Estados Unidos na década de 1950 até hoje.

Quando a metodologia TPM foi originalmente definida pelo JIPM em 1971, as atividades eram limitadas aos departamentos diretamente envolvidos com a produção (operação e manutenção) e tinha, conforme Suzuki (1995), os seguintes objetivos estratégicos:

- Maximizar a eficiência global dos equipamentos (OEE);

- Estabelecer um sistema de manutenção produtiva que abrangesse a vida do equipamento;
- Envolver todos os departamentos que planejam, projetam, operam e mantêm os equipamentos;
- Envolver todos os funcionários, desde a alta gerência até os colaboradores de chão de fábrica;
- Promover a manutenção produtiva através de gerenciamento motivacional com pequenos grupos de atividades autônomas.

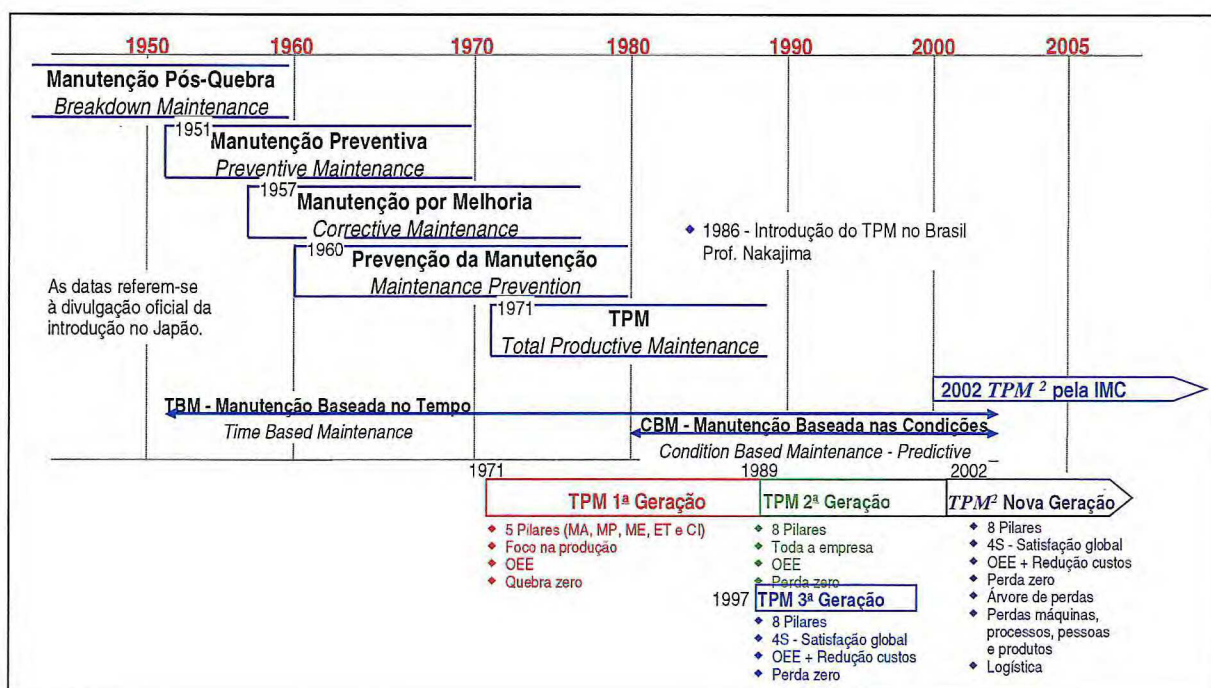


Figura 5 – Histórico do TPM  
Fonte: IM&C Internacional (2008)

Nessa época, originou-se o TPM 1ª. Geração que, segundo IM&C (2008), estava embasado em cinco pilares - Manutenção Autônoma (MA), Manutenção Planejada (MP), Melhoria Específica (ME), Educação e Treinamento (ET) e Controle Inicial (CI) -, o foco era a produção (tendo como indicador o OEE – eficiência global de equipamento) e buscava quebra zero dos equipamentos.

Em 1989, uma nova definição de TPM foi estabelecida pelo JIPM visando a abranger a empresa como um todo, incluindo, além dos departamentos de operação, as áreas de pré-produção, desenvolvimento de produto, administrativas e vendas, cujas características, segundo Shirose (2000 *apud* Chiaradia, 2004), eram:

- Criar um sistema corporativo para maximizar a eficácia do sistema de produção (*overall efficiency improvement*);

- Criar um sistema para prevenir todo tipo de perda, assegurando “zero quebra, zero defeito e zero acidente” no sistema de produção;
- Aplicar TPM em todos os departamentos da empresa, incluindo produção, desenvolvimento e áreas administrativas;
- Envolver todos os funcionários, desde a alta gerência até os colaboradores de chão de fábrica;
- Atingir a perda zero através de atividades em pequenos grupos autônomos.

Essa nova definição ficou conhecida como TPM 2ª. Geração (IM&C, 2008), tendo, além das características acima citadas, oito pilares: Manutenção Autônoma (MA), Manutenção Planejada (MP), Melhoria Específica (ME), Educação e Treinamento (ET), Controle Inicial (CI), Manutenção da Qualidade (MQ), Áreas Administrativas (TPM Office) e Segurança, Saúde e Meio-ambiente (SHE).

Já em 1997, lança-se o TPM 3ª. Geração (IM&C, 2008), tendo como características os oito pilares, já conhecidos desde a 2ª. geração, a eficiência global de equipamento relacionada à redução de custos (perda zero) e a satisfação global.

Atualmente as empresas adotam o TPM<sup>2</sup> (Nova Geração), lançado em 2002 pela IM&C Internacional, que, sustentado pelos oito pilares (MA, MP, ME, ET, MQ, CI, OFFICE e SHE), busca satisfação global, bem como redução de custos através do mapeamento das perdas (máquinas, mão-de-obra, processos e produtos), que são divulgadas pela Árvore de Perdas (IM&C, 2008).

Segundo Suzuki (1995), a metodologia TPM é implementada na organização em 4 fases, as quais se dividem em 12 etapas como está descrito no Quadro 1.

A fase de Preparação, composta por 5 etapas (Declaração Formal, Educação Introdutória, Estrutura de TPM, Políticas e Metas e *Master Plan*) é de importância vital para que o programa TPM seja bem planejado e implantado.

Com o plano-mestre (*master plan*) preparado e aprovado, iniciam-se as atividades de TPM. Nesse momento, a alta gerência retifica seu interesse em implantar o projeto (etapa 6 – *Kick-off*).

Na etapa de Implantação, as atividades do plano-mestre são colocadas em prática, aplicando-se os oito princípios (pilares) do desenvolvimento do TPM.

Por fim, a fase de Consolidação encerra o primeiro estágio do TPM na companhia com a inscrição no Prêmio PM (JIPM). Entretanto as atividades de TPM não se encerram, devem estar incorporadas à cultura da empresa.

**Quadro 1: Etapas do TPM**

<b>Fase</b>	<b>Etapa</b>	<b>Comentário</b>
Preparação	1. Declaração da implantação do TPM pela alta direção	Alta Direção faz declaração formal da implantação do projeto para toda a empresa em reunião interna, jornal da empresa, cartazes.
	2. Educação introdutória e campanha para TPM	Reunir diretores, gerentes e lideranças em seminários. Sensibilizar todos os funcionários com apresentações.
	3. Criar estrutura para promover o TPM	Formar Comitê Estratégico, Sub-comitês dos pilares e Secretaria de TPM.
	4. Estabelecer políticas e metas do TPM	Estabelecer objetivos e metas e prever efeitos.
	5. Criação de um plano mestre ( <i>Master Plan</i> )	Preparar planos detalhados da implantação do TPM desde a fase de preparação até o prêmio.
Início	6. <i>Kick-off</i> do TPM	Início das atividades de TPM com participação de clientes, fornecedores e afiliados.
Implantação	7. Estabelecimento de sistemas para aperfeiçoamento da eficiência produtiva	Buscar a máxima eficiência de produção.
	7.1. Desenvolver programa de Manutenção Autônoma	Restaurar os equipamentos em 7 etapas.
	7.2. Desenvolver programa de Manutenção Planejada	Promover atividades de Manutenção por melhorias, Preventiva e Preditiva.
	7.3. Desenvolver programa de Melhoria Específica	Eliminar as grandes perdas (maximizar o <i>OEE</i> ).
	7.4. Desenvolver programa de Educação e Treinamento	Capacitar os colaboradores através de treinamentos.
	8. Construir um sistema de Controle Inicial para novos produtos e equipamentos	Desenvolvimento de produtos e equipamentos fáceis de usar.
	9. Construir um Sistema de Manutenção da Qualidade	Estabelecer, manter e controlar as condições para zero defeito nos produtos.
	10. Construir um sistema eficaz de administração e apoio	Apoio à produção, aumentando a eficiência dos equipamentos e das funções administrativas.
	11. Desenvolver um sistema para gerenciar Saúde, Segurança e Meio Ambiente	Assegurar ambientes sem acidentes e sem poluição.
	Conso- lidação	12. Manter uma completa aplicação do TPM e elevar os respectivos níveis

Fonte: Adaptado de Suzuki, 1995.

**Quadro 2: Objetivo dos pilares do TPM**

<b>Pilar</b>	<b>Objetivos</b>
Manutenção Autônoma (MA)	Capacitação da mão-de-obra
Manutenção Planejada (MP)	Aumentar eficiência e eficácia dos equipamentos (quebra zero)
Melhoria Específica (ME)	Elencar as grandes perdas da organização e elaborar a árvore de perdas
Educação e Treinamento (E&T)	Elevar o nível de capacitação da mão-de-obra
Controle Inicial (CI)	Reduzir o tempo de introdução de produto e processo
Manutenção da Qualidade (MQ)	Zero defeito no produto
TPM nas Áreas Administrativas	Reduzir as perdas administrativas (escritório de alta eficiência)
Segurança, Saúde e Meio Ambiente	Zero acidente

Fonte: Adaptado de IM&C Internacional (2008).

A figura 6 ilustra os oito pilares do TPM, cujos objetivos, já descritos no Quadro 2, almejam zero quebra de equipamentos, zero defeito de produtos e zero acidente.

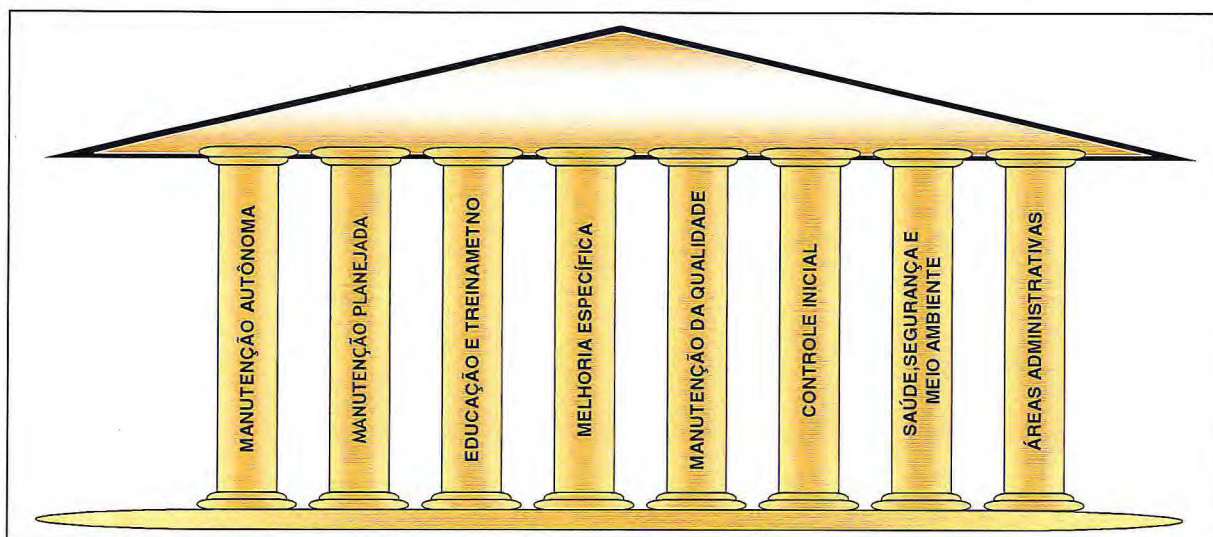


Figura 6 – Pilares do TPM  
Fonte: Adaptado de IM&C (2008)

Os resultados esperados com a aplicação da metodologia TPM são obtidos, segundo Nakajima, após cerca de três anos, tempo necessário para a implementação das 12 etapas.

Na avaliação dos resultados, são utilizados indicadores divididos em seis categorias: Produtividade (P), Qualidade (Q), Custo (C), Entrega (D), Saúde/Segurança/Meio Ambiente (S) e Moral (M), os quais são as saídas do sistema e são maximizados pela otimização total do uso dos ativos empresariais – 4 M's (mão-de-obra, máquina, método e material).

Para ilustrar os resultados obtidos com a aplicação de TPM, tem-se o Quadro 3.

**Quadro 3: Resultados com TPM**

	<b>Indicador</b>	<b>Resultado</b>
<b>P</b>	Produtividade	Aumento da produtividade – 1,5 a 2 vezes
<b>Q</b>	Qualidade	Redução de defeitos – 90%
<b>C</b>	Custo de transformação	Custo de transformação abaixo de 30%
<b>D</b>	Entrega	Redução de inventário geral – 50%
<b>S</b>	Segurança/Saúde/Meio Ambiente	Acidente zero/poluição zero
<b>M</b>	Moral	Aumento no número de sugestões – 5 a 10 vezes

Fonte: SUZUKI, 1995.

### 2.3. Eficiência Global de Equipamentos (OEE)

A Manutenção Produtiva Total (TPM) tem como objetivo fundamental a maximização da eficiência dos recursos. Nesse contexto, o índice de Eficiência Global de Equipamentos

(OEE – *Overall Equipment Efficiency*) é a métrica mais adequada para indicar a evolução do programa, já que combina operação, manutenção e gestão de recursos e equipamentos.

Para aumentar a eficiência de um equipamento ou linha de produção é necessário minimizar tudo que tende a baixá-la, sendo, portanto, de vital importância entender e mensurar as anomalias do processo.

Johnson e Lesshammar (1999 *apud* Dal, Tugwell, Greatbanks, 2000) classificaram essas anomalias em perdas crônicas e esporádicas de acordo com a frequência de ocorrência. As perdas crônicas são geralmente pequenas, ocultas e complexas, porque resultam de algumas causas simultâneas. Já as esporádicas são mais óbvias, pois ocorrem rapidamente e com um grande desvio do estado normal.

A figura 7 mostra a relação entre perdas crônicas e esporádicas no decorrer do tempo.

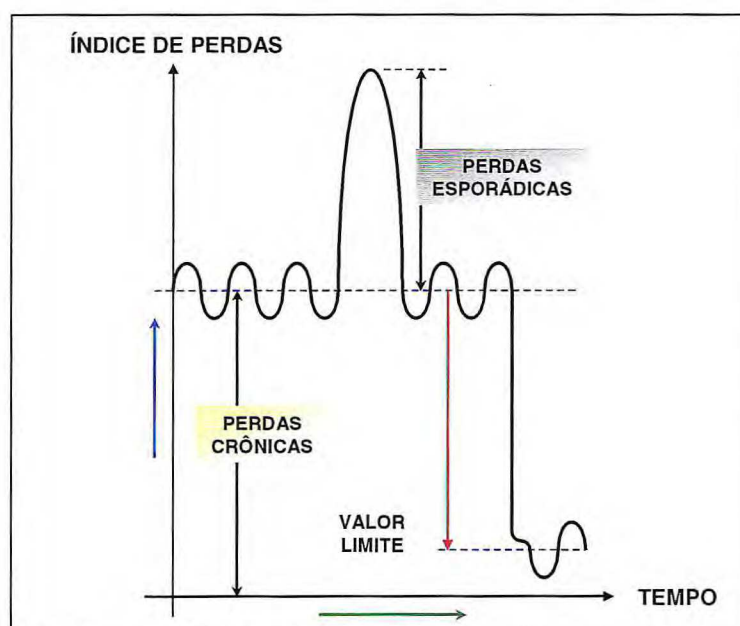


Figura 7 – Perdas Crônicas e Esporádicas  
Fonte: IM&C Internacional (2008)

As perdas esporádicas ocorrem irregularmente e seus efeitos são freqüentemente considerados por indicar sérios problemas, contudo pesquisas mostram que as perdas crônicas impactam mais na baixa utilização do equipamento e no alto custo já que ocorrem repetidamente.

As perdas crônicas são mais difíceis de identificar, pois, muitas vezes, são consideradas como sendo o estado normal do processo. Para identificá-las é necessário comparar o atual desempenho do equipamento com sua capacidade teórica.

Ambas as perdas têm diferentes impactos negativos no processo de manufatura: consomem recursos sem agregar valor ao produto.

Nakajima (1989 *apud* Dal, Tugwell, Greatbanks, 2000) define as seis principais perdas que impedem uma planta de atingir a eficiência máxima.

1. *Perda por Quebra/Falha*: caracterizada pela parada da produção devido à perda de funções de determinado(s) equipamento(s);
2. *Perda por "Setup" ou Regulagens*: relacionadas à mudança de produtos e regulagens até que a troca de ferramentas seja concluída. Considera-se tempo de "setup" o intervalo entre a saída da última unidade do produto anterior até a saída da primeira unidade (nos padrões desejados de qualidade) do produto atual;
3. *Perda por Pequenas Paradas ("chokotei")*: caracteriza-se por pequenas interrupções dos ciclos das máquinas (cerca de 5 a 10 minutos). Como esse tipo de perda é sanada de maneira rápida e simples, geralmente é de difícil identificação e contabilização, pois, muitas vezes, não é considerada perda pelo operador;
4. *Perda por Redução de Velocidade*: ocorre quando a velocidade real do equipamento é menor que a sua nominal (projeto), o que implica em elevados tempos de ciclo;
5. *Perda por Problema de Qualidade e Retrabalho*: está relacionada à produção de itens defeituosos. Isso se deve à condições incorretas de produção oriundas de mau funcionamento de instrumentos ou erros de operação;
6. *Perdas por Queda de Rendimento ("Startup")*: ocorre nos primeiros estágios da produção, logo após paradas do equipamento, em virtude da estabilização das condições normais da máquina.

Suzuki (1995) acrescenta ainda às perdas acima listadas a *perda por parada*, considerada como o tempo perdido numa parada de produção para manutenção programada - essencial para manter o desempenho da planta em operação e sua segurança. Para maximizar a eficiência, deve-se tratar essa perda de modo a reduzir os períodos de parada e aumentar a eficiência da manutenção.

A eficiência global de equipamento (OEE) é dada pelo produto dos índices de Disponibilidade, Desempenho e Qualidade.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade} \quad (1)$$

As perdas por Quebra e por Regulagem e *Setup* estão ligadas ao índice de Disponibilidade. Já as perdas por Pequenas Paradas e por Redução de Velocidade influenciam o Desempenho. As perdas por Produtos Defeituosos e Início de Produção estão relacionadas ao índice de Qualidade.

A figura 8 esboça a estrutura das perdas em relação ao cálculo do OEE.

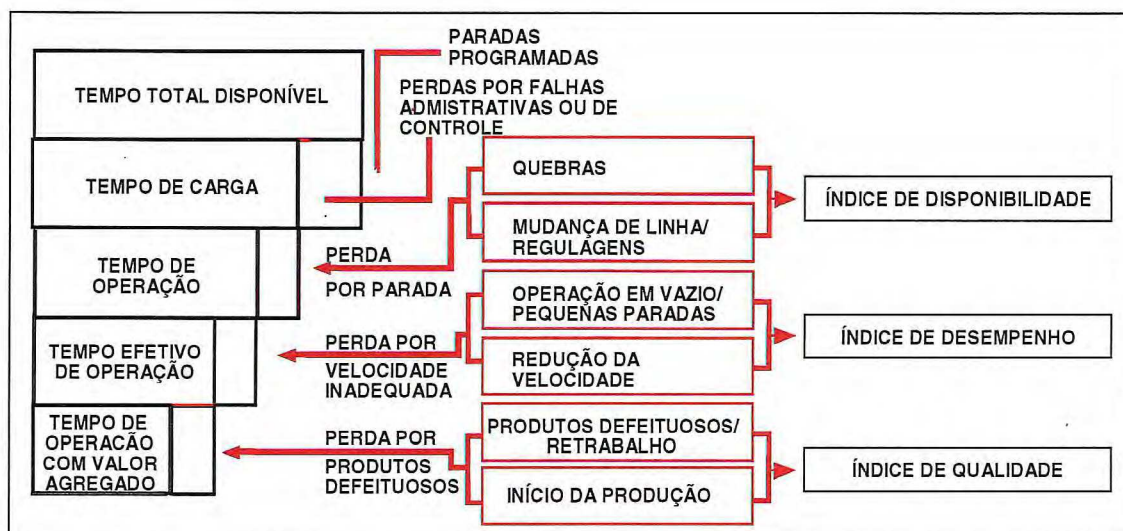


Figura 8 – Perdas x OEE  
 Fonte: IM&C International (2008)

As perdas já citadas anteriormente interferem nos tempos de operação da máquina, diminuindo-o e impactando na disponibilidade e desempenho do equipamento.

O índice de Disponibilidade (2) é a relação entre o tempo que o equipamento efetivamente ficou em operação (tempo de operação) e o tempo total disponível da máquina (tempo de carga).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de Operação}}{\text{Tempo de Carga}} \quad (2)$$

O tempo de carga resulta da diferença entre o tempo do período em análise (tempo calendário) e as paradas programadas pela produção, as quais podem ser representadas por falta de programação, horas sem mão-de-obra, atividades de manutenção planejada, limpeza e inspeção dos equipamentos, treinamento dos operadores.

Já o tempo de operação é a diferença entre tempo de carga e paradas não programadas como quebras de equipamentos e ajustes (*setup*).

O segundo elemento no cálculo de OEE é o índice de Desempenho, que expressa a divergência entre o tempo de ciclo real e o teórico (projeto):

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Tempo de Ciclo teórico} \times \text{Produção}}{\text{Tempo de Operação}} \quad (3)$$

O último elemento no cálculo da Eficiência Global de Equipamentos é a taxa de Qualidade (4), que representa a proporção de produtos defeituosos no volume total de produção, ou seja, é a razão entre produção líquida e produção bruta.

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Produção total} - \text{Peças defeituosas}}{\text{Produção Total}} \quad (4)$$



Conforme Chiaradia (2004) há outra maneira, simples e confiável, de se determinar o OEE a partir dos dados de tempo de carga (T), Tempo de Ciclo Teórico (Tc) e Quantidade de peças boas produzidas:

$$OEE = \frac{Q \times Tc}{T} \quad (5)$$

OEE pode ser aplicado nos mais diferentes níveis em uma indústria. Primeiramente, pode ser tido como “benchmark” para medir a *performance* total da fábrica, que, ao comparar com valores futuros, indica o nível de melhoria realizada. Secundariamente um valor de OEE calculado numa linha de produção pode ser usado parâmetro para comparar a *performance* das linhas, possibilitando destacar a linha de mais baixo rendimento.

Esse indicador tem como função primordial deixar à tona as perdas que mais influenciam nos resultados da organização. Portanto o mais importante na utilização do OEE em uma indústria é a análise crítica que deve ser feita ao se obter os índices de disponibilidade, desempenho e qualidade, pois representam possibilidades de melhorias para se atingir a meta.

Calcular OEE com base na equação 5 mascara todas essas perdas e fornece uma visão distorcida do resultado.

Uma forma de análise quantitativa de cada índice individualmente é utilizando gráficos de Pareto para se conhecer que perdas mais influenciam em cada um e estabelecer a prioridade nas tomadas de decisão.

De modo geral, as atividades abaixo bastante contribuem para maximizar o OEE:

- Cumprimento dos planos de manutenção: minimiza as quebras de equipamentos;
- Troca rápida de ferramentas: auxilia na diminuição dos tempos de *setup* e regulagens;
- Atividades de manutenção autônoma: permitem pequenas intervenções enquanto o equipamento está em funcionamento e reduzem os tempos de paradas.

### **3. A INDÚSTRIA DA CERVEJA**

#### **3.1. História da cerveja**

Acredita-se que a cerveja tenha sido a primeira bebida alcoólica desenvolvida pelo homem, tendo sua produção sido iniciada por volta de 8.000 a.C.

Os sumérios e egípcios produziam cervejas há mais de 5.000 anos, e os babilônios já fabricavam mais de dezesseis tipos da bebida por volta de 4.000 a.C. Dentre os povos que ocuparam a Europa durante o Império Romano, os germânicos destacaram-se na arte de fabricar cerveja.

Os monges aperfeiçoaram a tecnologia cervejeira e serviram como propagadores da bebida, que era usada, na Idade Média, como mercadoria para o comércio, pagamento e impostos.

Com o crescimento das cidades, tornou-se comum a produção e venda de cerveja em um mesmo estabelecimento. No século XIV, a cidade de Hamburgo, no norte da Alemanha, era o centro cervejeiro da Europa.

Com a Revolução Industrial (século XVIII), a produção de cerveja começa a ser em grande escala e o consumo expande-se. Porém foi com as descobertas de Louis Pasteur – uso da pasteurização para aumentar a durabilidade da bebida – e com o processo de fermentação baixa que o fabrico de cerveja recebeu maior impulso.

Na América do Sul, por sua vez, séculos antes da chegada dos espanhóis, os incas já consumiam cerveja produzida com grãos de milho.

#### **3.2. Produção de cerveja**

É considerada cerveja toda bebida alcoólica obtida da fermentação de matérias amiláceas, derivadas de cereais ou de outras fontes vegetais. As matérias-primas principais são malte (geralmente de cevada), água, lúpulo e levedura.

Apesar de existirem diferentes tipos de cervejas e de diferentes marcas, o processo de fabricação é basicamente o mesmo. Consiste basicamente das etapas: recebimento e armazenagem do malte, preparo do mosto, filtração, fermentação, maturação e envasamento – o que será detalhado a seguir.

A figura 8 representa o processo de fabricação de cerveja.

A primeira etapa consiste no recebimento dos grãos de malte à granel (1), os quais resultam da germinação dos grãos de cevada, seguida da armazenagem em silos de inox ou concreto (2).

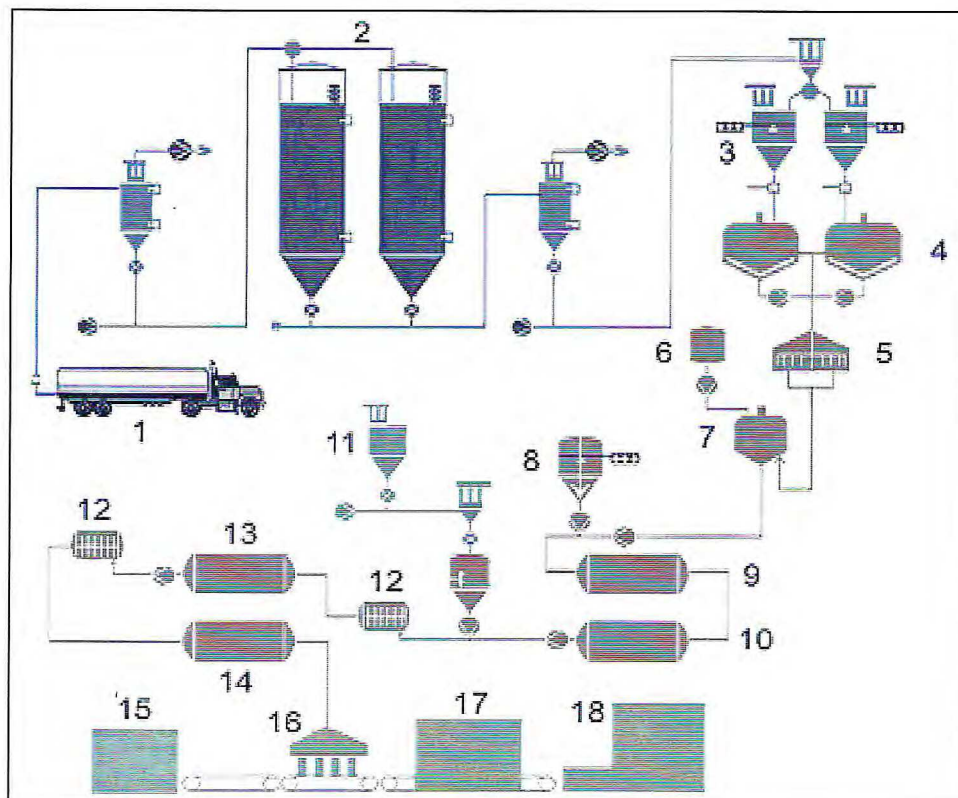


Figura 9 – Processo de fabricação de cerveja

Fonte: <<http://www.cervejasecervejarias.com.br/producao.asp>>

Para iniciar a fabricação de cerveja propriamente dita, o malte passa por um processo de moagem (3), cujo principal objetivo é tornar o conteúdo do grão acessível à ação enzimática; além disso, facilita a dissolução do malte na água e prepara a camada filtrante do mosto. As características da moagem são de grande importância para a etapa de mosturação, já que o aumento da área de contato facilita a interação com a enzima e aumenta a velocidade de reação.

Após ser moído, o malte é enviado para os tanques de mostura (4), onde é misturado à água aquecida a fim de ativar as enzimas presentes nos grãos, as quais promovem a quebra de moléculas complexas e a sua solubilização em água. Nessa etapa, podem-se usar outras fontes de açúcar além do malte de cevada – adjuntos (gritiz) de milho, arroz ou trigo.

A mistura obtida (mostura) passa por um sistema de filtros (5) com o objetivo de remover os resíduos de malte e adjunto. A solução agora obtida passa a se chamar mosto.

O mosto é, então, aquecido (7) até temperatura de ebulição para sua estabilização – inativação de enzimas, coagulação e precipitação de proteínas, concentração e esterilização da mistura. É nessa etapa que se acrescentam aditivos responsáveis por cor e sabor da cerveja (mel, açúcar, caramelo, lúpulo).

Nessa fase, o mosto ainda pode apresentar algumas partículas (proteínas coaguladas, resíduos de bagaço) capazes de comprometer a fermentação e qualidade do

produto, sendo necessário fazer uma clarificação. A mistura é submetida a um processo de decantação hidrodinâmica.

Após a clarificação, o mosto é resfriado para receber a levedura (8) responsável pela fermentação.

Dá-se início, agora, a etapa fundamental da produção de cerveja: a fermentação (9). Nessa fase as leveduras vão consumir os açúcares fermentescíveis produzindo principalmente álcool e dióxido de carbono.

Terminada a fermentação, obtém-se o mosto fermentado, também chamado de cerveja verde, que, antes de ser envasado é enviado aos tanques de maturação (10), onde permanece em descanso, a 0°C por cerca de 15 dias. Nesse período há a decantação de microorganismos e de substâncias indesejáveis ao produto, além da ocorrência de reações químicas que auxiliam no processo de estabilização final.

Para remover impurezas que não decantaram e proporcionar maior limpidez ao produto, a cerveja maturada passa por uma segunda filtração (12).

Após essa filtração, a cerveja (13) recebe gás carbônico, antioxidantes e estabilizantes e, então, está pronta (14) para ser enviada ao Envasamento (15 – 18).

### **3.3. Envasamento de cerveja**

Concluída a produção, a cerveja deve ser envasada, geralmente em latas, garrafas de vidro ou de PET – cervejarias da Europa e Estados Unidos já utilizam embalagens PET para o envase da bebida – e barris (chope).

Em geral, o envasamento é o setor com o maior contingente de colaboradores, equipamentos de maior complexidade mecânica e eletrônica e maior índice de manutenção. É também onde ocorrem as maiores perdas por acidentes, quebra de garrafas e má regulagem das máquinas.

O envase é composto por diversas operações relacionadas ao enchimento dos vasilhames. A figura 10 exemplifica uma linha de envasamento de cerveja em garrafa retornável.

A seguir, tem-se, detalhadamente, cada etapa do processo de envasamento de cerveja.

#### **3.3.1. Despaletização do vasilhame**

A linha de envase é abastecida com paletes contendo garrafeiras (engradados) com os vasilhames de cerveja vazios.

Esse paletes têm suas camadas desfeitas no despaletizador, onde as garrafeiras e os estrados de madeira são separados e seguem por esteiras transportadoras.



Figura 10 – Fluxograma de envasamento de cerveja – garrafa retornável  
Fonte: a autora

### 3.3.2. Desencaixotamento de garrafas

As garrafeiras seguem até as desencaixotadoras, nas quais as garrafas são retiradas dos engradados e levadas até a lavadora de garrafas.

As garrafeiras, por sua vez, seguem para a lavadora de caixas.

### 3.3.3. Limpeza de garrafas

Como os vasilhames são retornáveis, é necessário passar por um tratamento de limpeza e desinfecção.

Esse procedimento é realizado na lavadora de garrafas por um processo de mergulho e esguichamento. As garrafas são transportadas por esteiras e passam por diferentes câmaras contendo soluções alcalinas (soda cáustica) em temperaturas entre 40 e 70°C; no final, são submetidas a enxágües interno e externo com água pura à temperatura ambiente.

Nessa etapa há bastante geração de resíduos como pasta celulósica (também chamada de borra de rótulo), formada pelo adesivo e papel dos rótulos, e vidro oriundo de garrafas danificadas e quebradas na lavagem.

### 3.3.4. Inspeção de garrafas

Após saírem da lavadora, as garrafas passam por um inspetor eletrônico que identifica se realmente estão em condições de para seguirem para o enchimento.

O inspetor de garrafas, através de infravermelho, inspeciona parâmetros como sujidade na parede interna e na externa, presença de fundo na garrafa e defeitos na boca da garrafa (garrafa bicada – pequenas quebras na boca da garrafa).

Caso haja garrafa suja, elas retornam por uma esteira para a lavadora de garrafas. Já as garrafas bicadas são levadas para um triturador de vidro.

### 3.3.5. Enchimento e arrolhamento

Essa etapa é o envase propriamente dito. A cerveja filtrada é encaminhada para a enchedora, onde é envasada nas garrafas de vidro liberadas pelo inspetor eletrônico.

Primeiramente a enchedora elimina o oxigênio e, em seguida, pressuriza CO<sub>2</sub> na garrafa e a enche de cerveja sob contrapressão de CO<sub>2</sub> a fim de evitar formação de espuma. Depois de cheias, as garrafas seguem para o arrolhador, onde recebem as rolhas metálicas.

Nessa etapa há perdas de qualidade devido a estouro de garrafas e garrafas mal-cheias.

### 3.3.6. Pasteurização

A etapa de pasteurização é de grande importância, já que é responsável pela eliminação de microrganismos, conferindo à cerveja maior estabilidade e durabilidade de até seis meses.

O pasteurizador submete as garrafas a um aquecimento por chuveiros de água, a temperaturas progressivamente elevadas até 60°C, na qual permanecem por alguns minutos. Para evitar choque térmico e conseqüente quebra de garrafas, o resfriamento também é paulatino.

Por outro lado, uma pasteurização ineficiente pode alterar o sabor e o aroma da bebida.

### 3.3.7. Rotulagem

Após pasteurizadas, as garrafas recebem o rótulo, que é elemento necessário à identificação do produto e que contém todas as suas especificações como fabricante e data de validade.

### 3.3.8. Encaixotamento, Paletização e Expedição

Rotuladas, as garrafas seguem por esteiras até a encaixotadora, onde são colocadas em garrafeiras.

As garrafeiras, por sua vez, seguem para o paletizador, que possui o mesmo princípio de funcionamento do despaletizador, onde são formadas as camadas de caixas e

os paletes estão prontos para seguirem para o Setor de Expedição, de onde seguem para o mercado.

A figura 11 ilustra uma linha de envasamento de cerveja em garrafa retornável fabricada de KHS semelhante às adotadas nas mais modernas cervejarias do Brasil e do mundo.

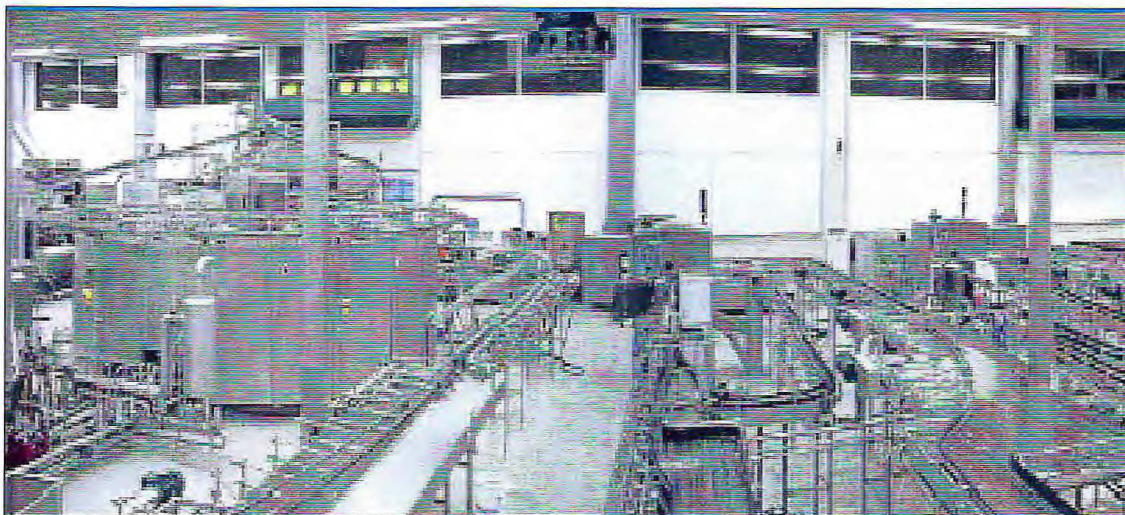


Figura 11 – Linha de envase de cerveja – garrafa retornável  
Fonte: <[http://www.khs.com.br/img/pool/802\\_AIS\\_E.pdf](http://www.khs.com.br/img/pool/802_AIS_E.pdf)>

Já a figura 12 representa esquematicamente uma linha de envasamento, mostrando a disposição de todos os equipamentos.

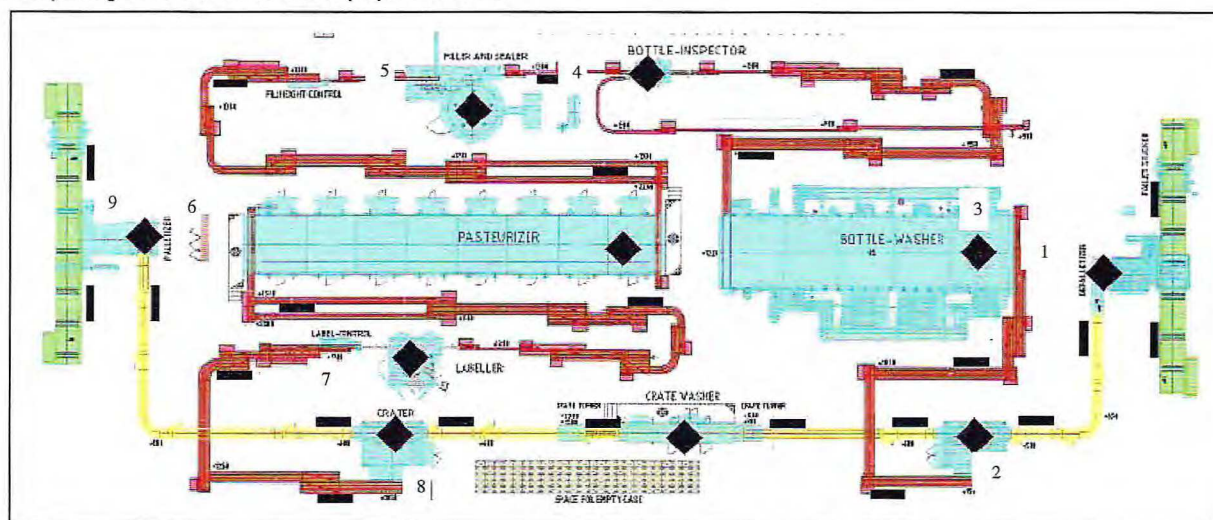


Figura 12 – Esquema de envasamento de cerveja – garrafa retornável  
Fonte: <[http://www.khs.com.br/img/pool/AT\\_05\\_Optimization\\_en.pdf](http://www.khs.com.br/img/pool/AT_05_Optimization_en.pdf)>

Legenda:

- 1 – Despaletizador
- 2 – Desencaixotadora
- 3 – Lavadora de garrafas
- 4 – Inspetor de garrafas
- 5 – Enchedora
- 6 – Pasteurizador
- 7 – Rotuladora
- 8 – Encaixotadora
- 9 – Paletizador

### 3.3.9 – Utilidades e Operações Auxiliares

Para o envasamento de cerveja são necessárias diversas operações auxiliares e utilidades como vapor, energia elétrica, refrigeração, água (quente e gelada), gás carbônico, ar comprimido e produtos químicos para limpeza.

Água quente e vapor, por exemplo, são utilizados na lavagem de garrafas. Já a refrigeração é de bastante importância no processo principalmente para o controle da atividade biológica desenvolvida na fermentação, sendo necessária na lavagem de garrafas, no enchimento e na pasteurização da cerveja.

Uma operação de grande importância no que tange à limpeza e desinfecção na indústria cervejeira é o CIP (*clean in place*), caracterizado por serem sistemas automáticos de limpeza de equipamentos de processo, tubulações e tanques. Esse procedimento consiste em operações seqüenciais de lavagem e enxágüe, usando água em condições definidas de temperatura, pressão e vazão além de agentes de limpeza, que são dissolvidos em água e bombeados para bicos injetores estrategicamente localizados nos equipamentos. Geralmente segue a seqüência: enxágüe, lavagem alcalina (solução de soda cáustica), lavagem ácida e enxágüe.



#### **4. ESTUDO DE CASO: CÁLCULO DO OEE NUMA LINHA DE ENVASE DE CERVEJA – GARRAFA RETORNÁVEL**

Para se atingir a produtividade da área de envasamento é necessário estabelecer itens de controle para cada etapa da linha de modo a monitorar possíveis perdas, as quais bastante influenciam para o OEE.

No cálculo do OEE é preciso mapear todas as essas perdas na linha e suas influências nos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade.

A coleta de dados dessas paradas pode ser feita por um método manual utilizando, por exemplo, formulários de relatório de medidas operacional (RMO), ou automático. A acuracidade dos dados é importante para a implementação de melhorias e redução de perdas.

Segundo Hansen (2002 *apud* Chiaradia, 2004), “em geral, uma boa coleta de dados é a chave requerida para o completo sucesso da estratégia do OEE. O sucesso de várias fábricas é afetado enormemente por como a acuracidade das informações são coletadas e analisadas eficientemente”.

##### **4.1. Perdas no Envasamento**

No envasamento de cerveja, há diversas perdas que influenciam na eficiência do processo, as quais estão descritas a seguir.

4.1.1. Paradas programadas: são atividades programadas e necessárias ao processo produtivo, por exemplo, horas sem mão-de-obra, manutenção planejada, limpeza e inspeção;

4.1.2. CIP: procedimento de limpeza e desinfecção dos equipamentos;

4.1.3. Setup: tempo compreendido entre a última garrafa do produto atual produzida pela enchedora até a saída na enchedora da primeira garrafa do novo produto;

4.1.4. Paradas externas: corresponde ao tempo de parada por motivos externos à linha como Logística, Processo, Utilidades, Suprimentos e Qualidade. A parada de Logística se refere à falta de abastecimento na linha, enquanto a de Suprimentos se refere à falta de material na fábrica. As paradas de Processo são aquelas decorrentes de problemas na cervejaria e estação de tratamento de água (ETA), por exemplo, falta de produto na enchedora devido à falha na troca de tanque, produto com temperatura fora de especificação e falta de fornecimento de água pela ETA. As paradas por Utilidades, por sua

vez, estão relacionadas à falta de vapor, energia elétrica, refrigeração e ar comprimido. Por fim, as paradas por Qualidade se referem à problemas de qualidade nos insumos novos (garrafeira plástica, garrafa, palete, rolha, rótulo e adesivo);

4.1.5. Quebra/Falha: tempo de paradas referente à quebra/falha dos equipamentos (paradas mecânicas, elétricas e automação);

4.1.6. Pequenas paradas (chokotei): paradas (elétricas, mecânicas e automação) inferiores a 10 minutos;

4.1.7. Perda de velocidade: diferença entre a velocidade de projeto da enchedora e a velocidade em que está trabalhando; é calculada pela diferença entre tempo de ciclo teórico e real;

4.1.8. Produtos defeituosos: está principalmente ligada à quebra de garrafas cheias (quebra cheia), garrafas mal cheias e garrafas retiradas da linha para análise laboratorial.

Todas as perdas aqui elencadas estão relacionadas às perdas na enchedora, já que este é o equipamento crítico do processo de envasamento de bebida - equipamento de menor velocidade nominal, portanto é o gargalo para a linha de envase.

## 4.2. Cálculo do OEE

Conhecidas as quebras, pode-se agora determinar o cálculo do OEE e de seus índices de disponibilidade, desempenho e qualidade.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade} \quad (6)$$

Adaptando-se o OEE às particularidades da linha de envase de cerveja, esses índices passam a ser calculados conforme demonstrado a seguir.

### 4.2.1. Índice de Disponibilidade

É obtido pela razão entre o tempo de operação e o tempo de carga. Nesse cálculo influenciam as paradas programadas, paradas para CIP e *Setup* e quebra/falha.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo Calendário} - \text{Paradas Programadas}}{\text{Tempo de Carga} - (\text{CIP} + \text{Setup} + \text{Quebra/falha})} \quad (7)$$

### 4.2.2. Índice de Desempenho

Esse índice é dado pela razão entre tempo efetivo de operação e tempo de operação, cujo cálculo é influenciado pelas pequenas paradas (chokotei) e pela perda de velocidade.

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Tempo de Operação} - (\text{Chokotei} + \text{Perda de velocidade})}{\text{Tempo de Operação}} \quad (8)$$

O tempo efetivo de operação é dado pela divisão entre produção bruta, aquela contada na saída da enchedora, e capacidade nominal da linha. Já a perda de velocidade é obtida pela diferença entre tempo de operação e tempo efetivo de operação (também pode ser chamado de tempo de produção bruta).

#### 4.2.3. Índice de Qualidade

É calculado pela razão entre o tempo de produção com valor agregado (horas de produção líquida) e o tempo de produção bruta.

Assim como o tempo de produção bruta, o tempo de produção líquida é obtido pela divisão entre a produção líquida (produção contada no paletizador) e a capacidade nominal da linha.

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Horas de produção líquida}}{\text{Tempo de produção bruta}} \quad (9)$$

O OEE de uma linha de envase também pode ser obtido por meio do produto dos índices de eficiência, disponibilidade (tempo médio padrão - TMP) e indisponibilidade externa, os quais são definidos a seguir.

$$\text{OEE} = \text{Eficiência} \times \text{Disponibilidade} \times \text{Indisponibilidade Externa} \quad (10)$$

A figura 13 traz um esquema do OEE, relacionando os tempos às perdas aqui citadas para uma linha de envasamento de cerveja (garrafa retornável).

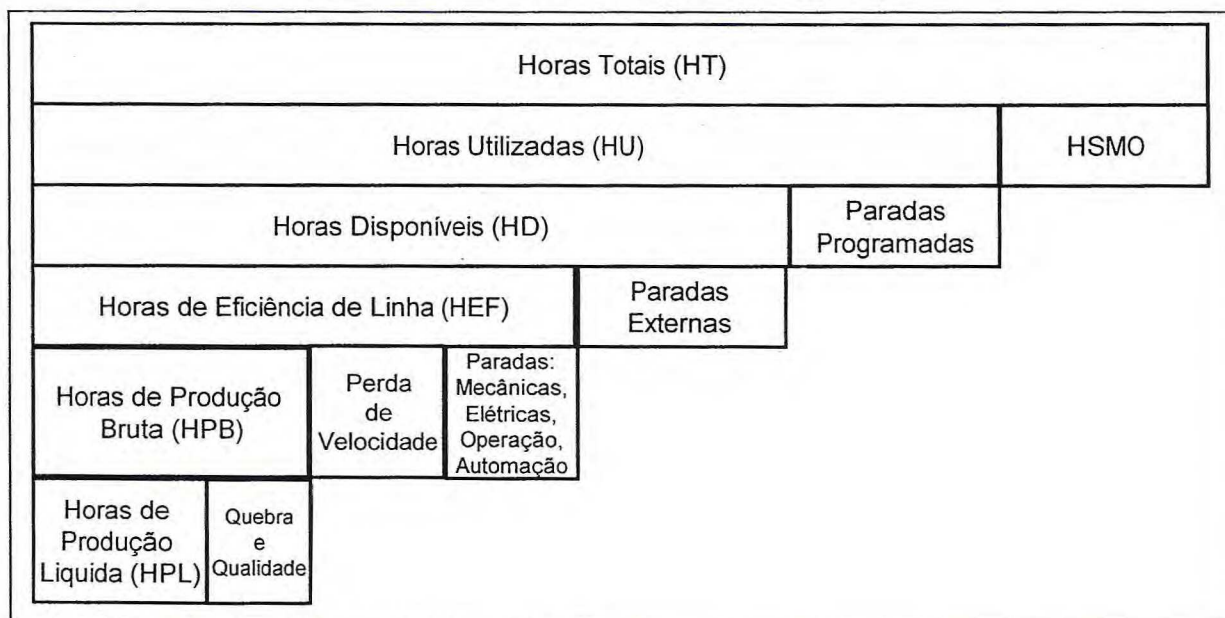


Figura 13 – OEE no Envasamento de Cerveja  
Fonte: a autora

#### 4.2.4. Índice de Eficiência

A eficiência de linha é a relação entre horas de produção líquida (HPL) e horas de eficiência de linha (HEF), que, por sua vez, são calculadas pela diferença entre horas totais (tempo calendário) e o somatório de horas sem mão-de-obra (HSMO), paradas programadas e paradas externas.

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{HPL}}{\text{HEF}} \quad (11)$$

Esse índice avalia a performance da linha em funcionamento (rodando). É nele que as paradas por quebra/falha e chokotei influenciam, já que diminuem o tempo disponível para produção (horas de produção líquida).

#### 4.2.5. Índice de Disponibilidade (TMP – Tempo Médio Padrão)

O índice de disponibilidade avalia a *performance* na execução das paradas de linha e é obtido pela razão entre horas disponíveis (HD) e horas utilizadas (HU).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{HD}}{\text{HU}} \quad (12)$$

As horas utilizadas representam a diferença entre tempo total e horas sem mão-de-obra, enquanto horas disponíveis é a diferença entre horas utilizadas e paradas programadas (consideradas agora como início de produção, CIP, *setup*, treinamento, reunião e manutenção programada).

#### 4.2.6. Indisponibilidade Externa

O índice de indisponibilidade externa avalia a performance das áreas externas à linha (Utilidades, Processo, Qualidade, Logística e Suprimentos).

É calculado pela equação 13:

$$\text{Indisponibilidade externa} = 1 - \frac{\text{Paradas Externas}}{\text{HD}} \quad (13)$$

### 4.3. Exemplo de Cálculo do OEE

Utilizando-se as equações (10) a (13), pode-se demonstrar o cálculo do OEE tomando como base as seguintes informações:

- Tempo total: 1 dia = 24h
- Capacidade nominal da linha: 62.000 garrafas/h
- Produção líquida: 422.976 garrafas

- Perda de garrafas cheias: 1.820 garrafas
- Ausência de colaboradores por 8,25h
- Manutenção programada: 3h
- Quebra/falha: 4,6h
- Indisponibilidade de vapor: 1,17h.

$$HU = HT - HSMO = 24 - 8,25 = 15,75h$$

$$HD = HU - \text{Paradas Programadas} = 15,75 - 3 = 12,75h$$

$$HEF = HD - \text{Paradas Externas} = 12,75 - 1,17 = 11,58h$$

$$HPB = PB/\text{Capacidade nominal} = (422.976 + 1.820)/62.000 = 6,85h$$

$$HPL = PL/\text{Capacidade nominal} = 422.976/62.000 = 6,82h$$

OEE = Eficiência x Disponibilidade x Indisponibilidade Externa

$$OEE = HPL/HEF \times HD/HU \times (1 - \text{Paradas externas}/HD)$$

$$OEE = (6,82/11,58) \times (12,75/15,75) \times (1 - 1,17/12,75)$$

$$OEE = 58,89\% \times 80,95\% \times 90,85\%$$

$$OEE = 43,32\%$$

Os dados de perdas citados acima foram coletados durante o acompanhamento do desempenho de uma linha de envase de cerveja em garrafa retornável (600 mL) e modificados por se tratar de dados estratégicos da empresa onde foi feita a pesquisa *in loco*.

Algumas considerações devem ser feitas no cálculo do OEE:

- O aumento do tempo de manutenção programada provoca aumento na eficiência da linha e diminuição dos índices de indisponibilidade externa e disponibilidade já que diminui a quantidade de horas disponíveis.

- A redução nas paradas externas aumenta o índice de indisponibilidade externa e, caso a produção permaneça a mesma, verifica-se uma redução também na eficiência da linha visto que há aumento das horas de eficiência de linha.

#### 4.4. Acompanhamento do OEE

Acompanhando, a linha de envase da empresa visitada, foi possível coletar os dados de OEE e das respectivas perdas que o influenciaram conforme está mostrado nas figuras 14 e 15.

A figura 14 representa o OEE da linha de envase em questão durante sete dias. Vinculados a esse índice há as perdas relacionadas à eficiência, disponibilidade e indisponibilidade externa, as quais estão mostradas na figura 15.

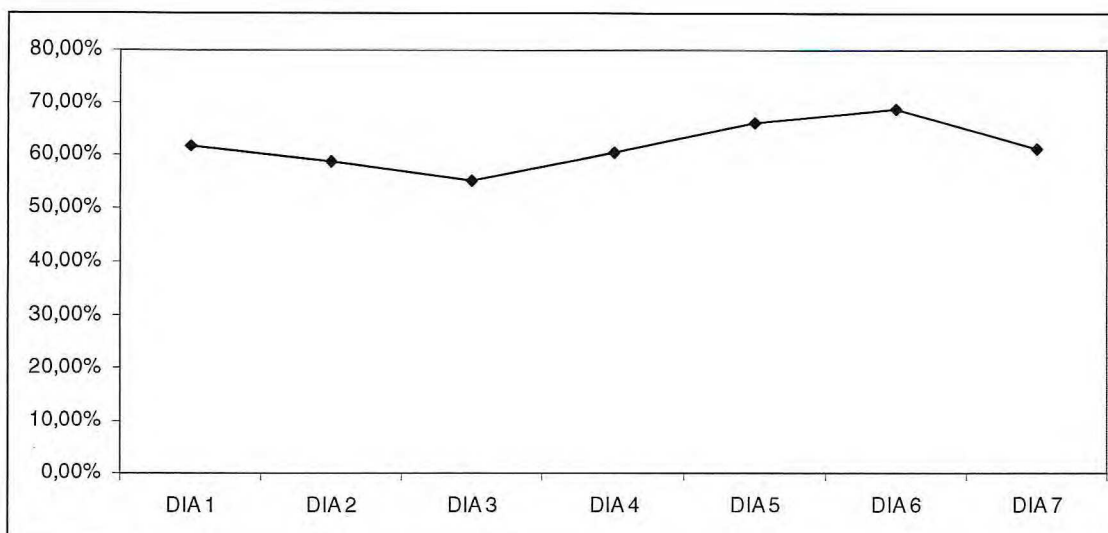


Figura 14 – Acompanhamento do OEE  
Fonte: Linha de Envase

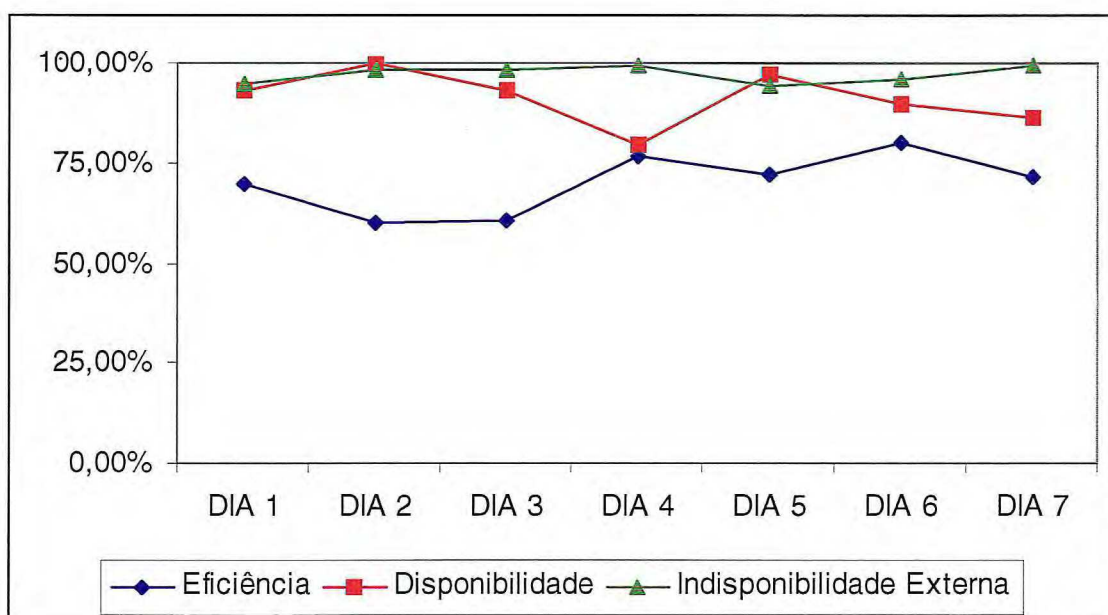


Figura 15 – Indisponibilidade x Disponibilidade x Indisponibilidade Externa  
Fonte: Linha de Envase

Traçando um paralelo entre as figuras 14 e 15 é possível verificar qual dos índices mais influenciou no OEE. De modo geral, percebe-se que o índice de eficiência foi o de menor valor em todos os dias, sendo responsável pelo baixo valor de OEE. Apenas no dia 4 é que o índice de disponibilidade também contribuiu negativamente para a eficiência global da linha.

Analisando o período como um todo, é possível construir um Gráfico de Pareto a fim de se conhecer as perdas de maior impacto. Esse tipo de gráfico é de suma importância para decisões rápidas, pois ele evidencia quais os principais pontos de atenção e que devem ser priorizados para se maximizar a eficiência global.

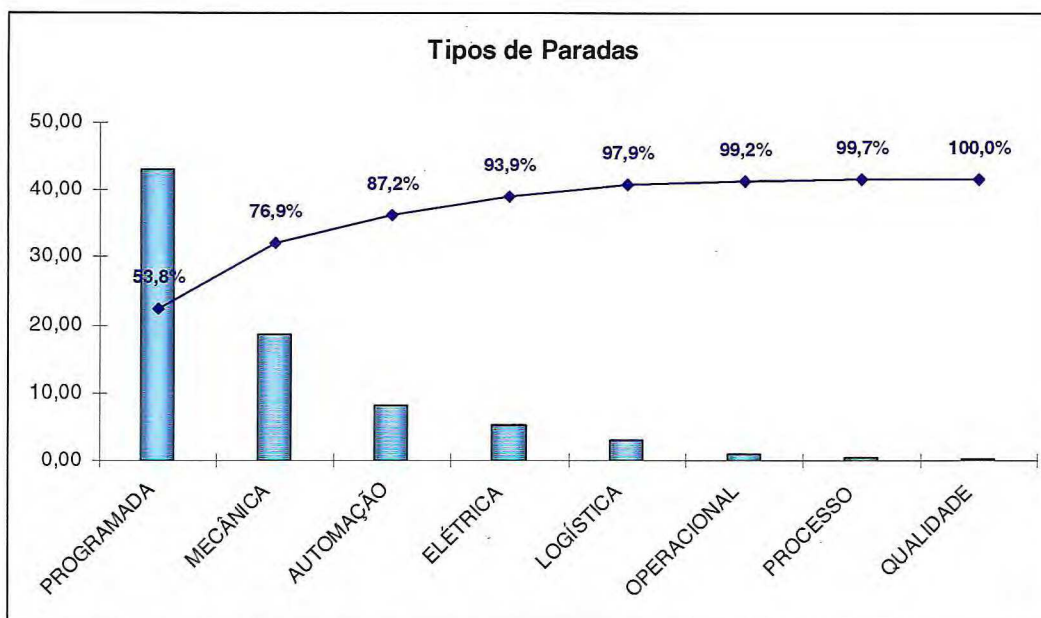


Figura 16 – Gráfico de Pareto – Tipos de Paradas

Fonte: Linha de Envase

A figura 16 mostra todos os tipos de parada do período de 7 dias de acompanhamento da linha de envase, evidenciando que as maiores perdas foram as de paradas programadas e as mecânicas, que juntas correspondem a 76,9% do tempo que a linha ficou sem rodar.

Considerando agora apenas as paradas programadas, é possível estabelecer um gráfico de Pareto para e verificar quais os tipos de paradas que mais contribuíram para a perda por paradas programadas.

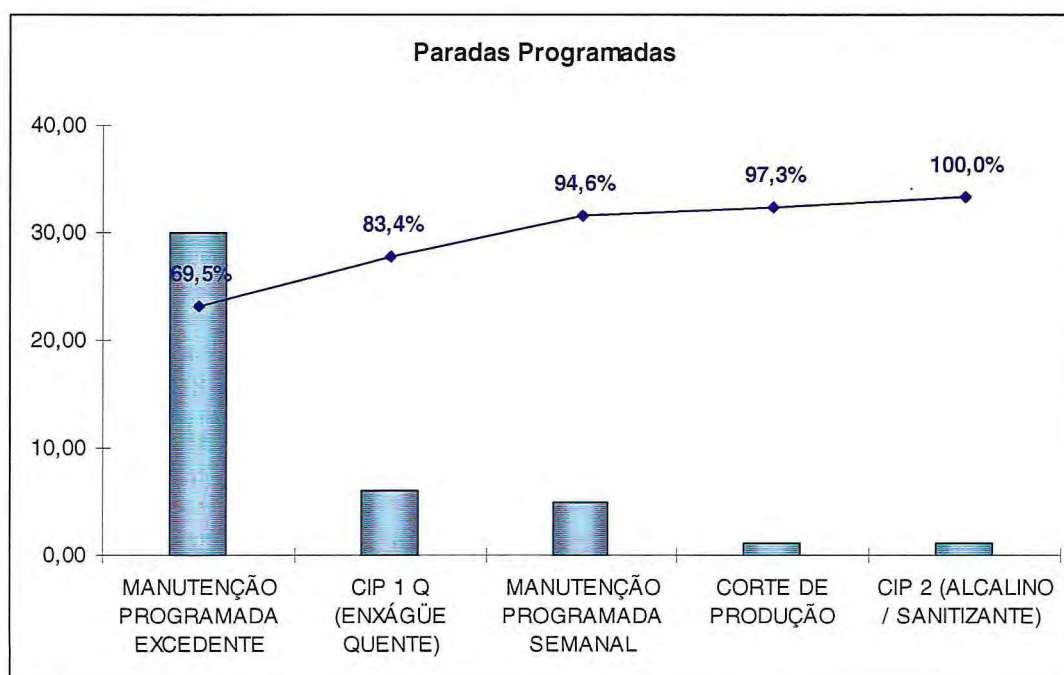


Figura 17 – Gráfico de Pareto – Paradas Programadas

Fonte: Linha de Envase

Analisando a figura 17, percebe-se que, dentre as paradas programadas, as de maior impacto foram a Manutenção Programada Excedente e CIP 1 Q (enxágüe quente).

Semanalmente a linha é programada para ter 24 horas de manutenções preventivas e corretivas. Porém se há alguma intervenção urgente, decorrente de anomalias que possam impactar em qualidade, segurança ou eficiência, essas são consideradas como manutenção programada excedente.

A parada de CIP 1 Q é obrigatória a cada 48 horas de produção ou no início de produção. Nesse tipo de assepsia, circula-se água quente na enchedora durante cerca de trinta minutos, contudo até que essa máquina volte a receber garrafas vazias e as encha, decorre aproximadamente noventa minutos.

Apesar de essa ser uma parada obrigatória para garantir a qualidade do produto no que tange à contaminação microbiológica, é considerada perda e deve acontecer no tempo estipulado. Caso contrário, seu impacto negativo será ainda maior na eficiência global da linha.

Com base na figura 16 pôde-se perceber que as paradas mecânicas também impactaram o OEE no período em questão. Fazendo agora um gráfico de Pareto para as perdas mecânicas, é possível verificar quais equipamentos apresentaram maior tempo de parada por falha mecânica.

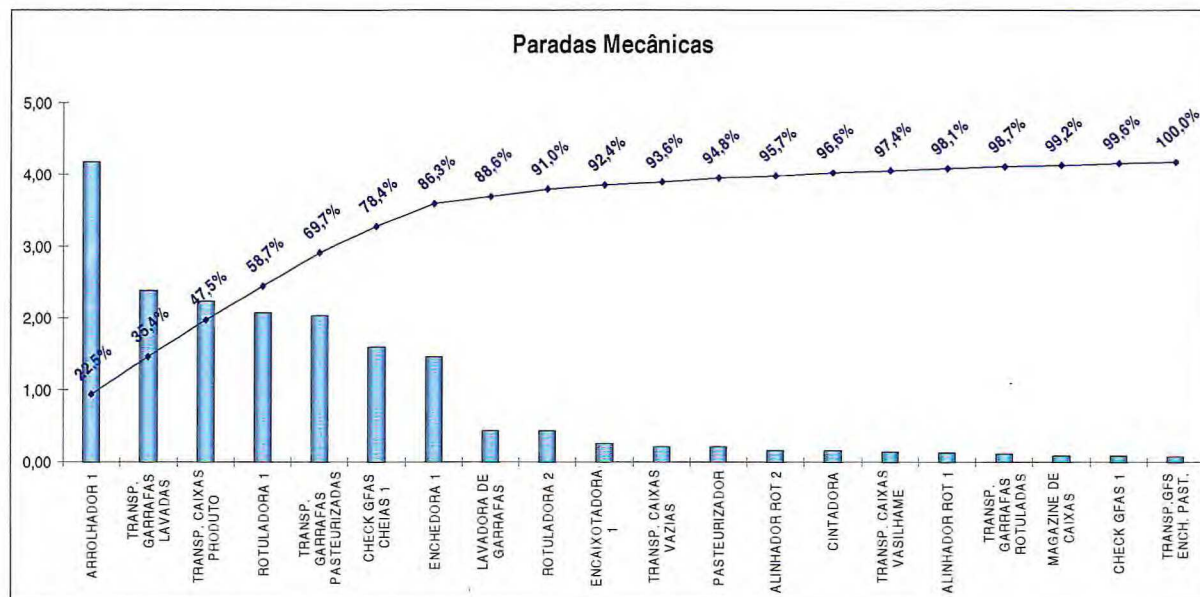


Figura 18 – Gráfico de Pareto – Paradas Mecânicas

Fonte: Linha de Envase

A figura 18 mostra todos os equipamentos da linha que tiveram algum tipo de parada mecânica. Percebe-se que arrolhador, transporte de garrafas lavadas (transporte de garrafas da lavadora até o inspetor), transporte de caixas produto (transporte de caixas da encaixotadora até o paletizador), rotuladora 1 e transporte de garrafas pasteurizadas (transporte da saída do pasteurizador até a entrada das rotuladoras) foram os que passaram



maior tempo parados por quebra/falha mecânica, correspondendo juntos a 69,7% do tempo de paradas desse tipo.

No arrolhador, as paradas mecânicas aconteceram devido à folga na correia do transporte de rolhas metálicas, o que provoca enrosco de rolhas na canaleta. Para solucionar o problema foi necessário desmontar o transporte de rolhas e fazer a limpeza no local.

No transporte de garrafas lavadas, verificou-se falha mecânica provocando enrosco de garrafas nas esteiras transportadoras. Isso ocasionou quebra de garrafas e acúmulo de caco de vidro no transporte.

No transporte de caixas de produto, as falhas mecânicas foram evidenciadas na mesa viradora de caixas, onde as caixas são viradas para que haja o alinhamento delas para formação a formação das camadas dos paletes. Essas paradas foram ocasionadas em virtude de vazamento de ar comprimido, o que provoca falha no acionamento do braço da mesa viradora de caixas. Para solucionar o problema, a equipe de manutenção substituiu a mangueira de ar e suas conexões.

Já na rotuladora 1, as paradas mecânicas aconteceram devido à danificação da polia do motor do empurrador de rótulo de gargalo, o que impossibilitou o funcionamento da máquina. Para solucionar o problema, uma equipe de técnicos especializados na máquina fez intervenções de ajuste no cabo de aço do empurrador dos rótulos e nas pinças de rótulo.

No transporte de garrafas pasteurizadas, por sua vez, as falhas mecânicas se deram em virtude do tombamento de garrafas e enrosco delas na saída do pasteurizador.

#### **4.5. Sugestões de Melhorias para Maximizar o OEE**

Com base nas informações para o cálculo do OEE nas seções anteriores, percebe-se que o índice de maior influência negativa para o atendimento da meta (na empresa visitada, o *benchmark* de OEE é 85%) foi o de eficiência, o qual está diretamente relacionado às paradas por quebra/falha e às perdas de qualidade.

Para minimizar as paradas por quebra/falha, deve-se implementar as seguintes melhorias:

- Cumprir plenamente os planos de limpeza, inspeção e lubrificação a fim de detectar anomalias e solucioná-las, evitando paradas para realizar manutenção durante o funcionamento dos equipamentos. Essas intervenções são consideradas como manutenção excedente, que reduzem as horas utilizadas;

- Garantir a automação da linha, mantendo-a balanceada para evitar parada dos equipamentos durante o processo contínuo de envase. A automação e balanceamento da linha são extremamente importantes, visto que a linha de envase da empresa visitada é

muito enxuta, não há grandes estoques intermediários, ou seja, qualquer parada de um equipamento, rapidamente se propaga provocando a parada da linha (principalmente da enchedora);

- Fazer análise das quebras/falhas (AQF) graves (ocasionam parada da enchedora acima de 60 minutos) de modo a conhecer suas causas e impedir a recorrência.

Para diminuir as perdas por qualidade (quebras cheias), sugere-se:

- Manter as esteiras transportadoras sempre lubrificadas (usa-se um sabão líquido desenvolvido especialmente para esse fim) a fim de evitar a queda de garrafas cheias no transporte; a quebra de garrafas, além de provocar grande perda de produto e insumos, gera cacos de vidro que enroscam nas esteiras transportadoras e ocasionam paradas nos equipamentos (chokotei e quebra/falhas);

- Garantir uma pasteurização dentro dos parâmetros estabelecidos de temperatura e tempo, evitando estouro de garrafas no pasteurizador quando do choque térmico e nas rotuladoras;

- Manter a enchedora em sua velocidade nominal, pois, quanto maior for a velocidade da linha, menor será a quebra de garrafas.

Analisando agora o índice de disponibilidade, percebe-se que sofreu influência de uma parada de manutenção programada. Para evitar esse tipo de perda, deve haver uma programação de manutenções de modo a diminuir intervenções desnecessárias, por exemplo feitas por técnicos dos fornecedores de equipamentos ou materiais, na linha em funcionamento.

Na empresa visitada, diariamente há um acompanhamento de OEE do dia anterior e das principais paradas que impactaram negativamente no índice. Esse tipo de análise permite que decisões sejam tomadas em relação a intervenções a fim de analisar as falhas e criar instruções para evitar recorrência.

Como é uma empresa que tem TPM como modelo de gestão, procura, nessas reuniões diárias, também acompanhar a colocação e retirada de etiquetas (etiquetas de TPM que identificam anomalias dos equipamentos), bem como as análises de quebra-falha em andamento.

É utilizando ferramentas de TPM como etiquetas, análises de quebra-falha, grupos de melhoria, que lá se conseguem melhorias no OEE. Nessa empresa também há a preocupação de melhorar os tempos de intervenção de manutenção e de paradas programadas, buscando sempre garantir que, no momento de uma parada, todas as ferramentas e peças estejam já disponíveis para se evitar desperdícios de tempo e movimentação.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da grande competitividade do mercado, as indústrias devem buscar métodos de gestão que agreguem diferenciais. Nesse cenário houve uma enorme disseminação da metodologia TPM (Manutenção Produtiva Total) que, no decorrer dos anos, passou por algumas reformulações e hoje é ampliada para toda a cadeia produtiva – TPM<sup>2</sup> (*Total Productivity Management* – Gestão da Produtividade Total).

TPM é um método de gestão que busca eliminar perdas visando à maximização dos ativos da empresa (mão-de-obra, materiais, método e máquinas). Essas perdas podem, por exemplo, estar relacionadas a pessoas, equipamentos e administração. Os objetivos da metodologia é atingir zero quebra de equipamentos, zero defeito de produtos e zero acidentes.

A indústria cervejeira não foge dessa realidade, já que é um dos setores que mais cresce no Brasil e no mundo de acordo com dados estatísticos do Sindicerv (Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja).

Em vista disso, buscou-se analisar, nesse trabalho, a Eficiência Global de Equipamentos (OEE – *Overall Equipment Efficiency*), aplicada a uma linha de envase de cerveja em garrafa retornável 600mL. Esse indicador busca deixar à tona as diversas perdas envolvidas no processo, as quais, muitas vezes, estão ocultas e chegam a ser consideradas normais, mascarando um imenso desperdício de recursos.

Para que se pudesse sugerir o cálculo do OEE aplicado a uma linha de envase, foi preciso uma pesquisa bibliográfica para caracterizar a indústria cervejeira, buscando conhecer todos os processos envolvidos na cervejaria, desde o recebimento das matérias-primas, passando pela fabricação e envase da bebida, até a disponibilização do produto no armazém.

Além disso, foi necessário fazer uma pesquisa *in loco* a fim de conhecer as particularidades dos processos de uma cervejaria de modo a fazer uma análise crítica das possíveis perdas envolvidas nos índices que compõem o OEE.

Na visita à cervejaria, pôde-se verificar as perdas que influenciam no cálculo do OEE, as quais podem ser administrativas ou relativas aos equipamentos. Na ocasião, também foi possível coletar dados de OEE e de perdas.

Com os dados coletados, foi possível fazer um estudo de caso, no qual se mostra a adaptação do OEE para a linha de envase, bem como possíveis melhorias a serem implantadas a fim de maximizar o indicador.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Panorama do setor de bebidas no Brasil**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set2304.pdf>>. Acesso em 18/05/08

CHIARADIA, A. J. P. **Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos: um estudo de caso na indústria automobilística**. (Dissertação de Mestrado, UFRGS), Porto Alegre, 2004.

CORRÊA, H. L; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2008.

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

IM&C Internacional. **Curso Internacional IMC para Formação de Instrutores TPM<sup>2</sup>**. São Paulo, 2008.

JORGE, E.P.M. **Processamento de cerveja sem álcool**. (Trabalho de conclusão de curso, UCG), Goiânia, 2004.

KARDEC, A; LAFRAIA. J.R. **Gestão estratégica e confiabilidade**. Rio de Janeiro, Qualitymark: ABRAMAN, 2002.

KHS. Disponível em <<http://www.khs.com.br>>. Acesso em 22/05/08.

MOTTA, M. **Produtividade na área de envasamento**. Disponível em <<http://www.cervesia.com.br/produtividade%20na%20area%20de%20envasamento.asp>>. Acesso em 22/05/08.

\_\_\_\_\_. **Envasamento de garrafas retornáveis**. Disponível em <<http://www.cervesia.com.br/engarrafamento.asp>>. Acesso em 22/05/08.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CERVEJA. **Mercado**. São Paulo. Disponível em < <http://www.sindicerv.com.br/mercado.php> >. Acesso em 18/05/08.

SUZUKI, T. **TPM em indústrias de proceso**. Madrid: TGP-Hoshin, S.L., 1995.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte, Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

ZEN, M. A. G. **Indicadores de manutenção**. Disponível em <<http://www.mantenimentomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/IndicadoresBR.pdf>>. Acesso em 29/06/08.