

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR MG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS E EXATAS
SALATIEL MATOZINHOS LOPES PEREIRA**

**OEE COMO FERRAMENTA PARA IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS EM UMA LINHA
DE MICRONIZAÇÃO DE GRAFITE NATURAL CRISTALINO: UM ESTUDO DE
CASO.**

FORMIGA –MG

2009

SALATIEL MATOZINHOS LOPES PEREIRA

**OEE COMO FERRAMENTA PARA IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS EM UMA LINHA
DE MICRONIZAÇÃO DE GRAFITE NATURAL CRISTALINO: UM ESTUDO DE
CASO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso Engenharia de Produção, como
requisito parcial para obtenção do título de
Engenheiro de Produção do UNIFOR-MG
Orientador: Prof. Ms. Helton Cristiano Gomes.

FORMIGA –MG

2009

SALATIEL MATOZINHOS LOPES PEREIRA

**OEE COMO FERRAMENTA PARA IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS EM UMA LINHA
DE MICRONIZAÇÃO DE GRAFITE NATURAL CRISTALINO: UM ESTUDO DE
CASO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso Engenharia de Produção, como
requisito parcial para obtenção do título de
Engenheiro de Produção do UNIFOR-MG

Orientador: Prof. Ms. Helton Cristiano Gomes.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ms. Helton Cristiano Gomes
Orientador

Prof. Tiago Clarimundo Ramos
Examinador

FORMIGA –MG

2009

Agradeço primeiramente a Deus, autor da vida, sem o qual a realização deste trabalho seria impossível. Aos colegas de trabalho pelo aprendizado, em especial ao Engenheiro Fausto Cambraia Gibram, pelo apoio e à Nacional de Grafite Ltda pelas oportunidades.

"Não fiz o melhor, mas fiz tudo para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas não sou o que era antes."

Martin Luther King.

RESUMO

A proposta deste trabalho é descrever e analisar a utilização do indicador de eficiência global de equipamentos (OEE – *Overall Equipment Effectiveness*) como ferramenta para identificação de perdas no processo produtivo, exibindo o conceito da metodologia TPM - *Total Productive Maintenance*, de onde surgiu o OEE. Com base no estudo de caso desenvolvido no setor de Micronização da Nacional de Grafite Ltda, é possível verificar que a análise de eficiência dos equipamentos e o acréscimo destes valores têm influência direta no aumento de produtividade e na redução de custos de produção apresentando vantagem competitiva em relação à concorrência.

Palavras-chave: Eficiência Global, OEE - *Overall Equipment Effectiveness*, produtividade, Vantagem competitiva.

ABSTRACT

The purpose of this study is to describe and analyze the use of the indicator of overall equipment efficiency (OEE - Overall Equipment Effectiveness) as a tool for identifying losses in the production process, showing the concept of the methodology TPM - Total Productive Maintenance, from where the OEE system originated. Based on study case developed in the sector of Micronization Nacional de Grafite Ltda, it is possible to verify that the efficiency analysis of equipment and the addition of these values have a direct influence on increasing productivity and reducing production costs by presenting competitive advantage in relation to the competitors.

Keywords: Global Efficiency, OEE - Overall Equipment Effectiveness, Productivity, Competitive Advantage.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Pilares do modelo TPM-----	21
FIGURA 2: Relações entre entradas e saídas nas atividades de produção-----	24
FIGURA 3: Elementos da eficácia de uma máquina-----	41
FIGURA 4: Sistemática de Cálculo OEE-----	43
FIGURA 5: Moinho de rotor combinado-----	46
FIGURA 6: Organograma da empresa-----	47
FIGURA 7: Organograma da Gerência Industrial-----	48
FIGURA 8: Peça sinterizada-----	50
FIGURA 9: Tela programa de lançamentos de paradas-----	51

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1:	O Brasil na exploração de alguns minérios no mundo-----	44
GRÁFICO 2:	Tempos de ciclo do micronizado A – Moinho ACM-----	54
GRÁFICO 3:	Tempos de ciclo do micronizado B – Moinho ACM-----	54
GRÁFICO 4:	Tempos de ciclo do micronizado C – Moinho ACM-----	55
GRÁFICO 5:	Tempos de ciclo do micronizado D – Moinho ACM-----	55
GRÁFICO 6:	Perda de performance Micronizado A-----	56
GRÁFICO 7:	Perda de performance Micronizado B-----	56
GRÁFICO 8:	Perda de performance Micronizado C-----	57
GRÁFICO 9:	Perda de performance Micronizado D-----	57
GRÁFICO 10:	Percentual de horas perdidas por velocidade-----	58
GRÁFICO 11:	Número de horas perdidas por produto-----	58
GRÁFICO 12:	Não produção por redução de velocidade-----	59
GRÁFICO 13:	Percentual de perdas por não-qualidade-----	60
GRÁFICO 14:	Disponibilidade moinho ACM – 2008-----	61
GRÁFICO 15:	Utilização do Ativo (Moinho ACM) em 2008 -----	61
GRÁFICO 16:	OEE com interferência de redução de velocidade-----	62
GRÁFICO 17:	OEE eliminado interferência de redução de velocidade-----	63
GRÁFICO 18:	Percentual de aumento no custo de produção-----	63

LISTA DE TABELAS

TABELA 1:	As doze etapas da implementação da TPM-----	26
TABELA 2:	Reserva e Produção Mundial de Grafite -----	45
TABELA 3:	Tempos de ciclo padrão por produto-----	53

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

PMB:	Produto Mineral Bruto
DNPM:	Departamento Nacional de Produção Mineral
AMB:	Anuário Mineral Brasileiro
IBRAM:	Instituto Brasileiro de Mineração
PCP:	Planejamento e Controle da Produção
ERP:	Enterprise Resource Planning
EMS:	Enterprise Management System - Sistema de Gerenciamento da Empresa
IGF:	Intelect Gerenciamento Financeiro
NGL:	Nacional de Grafite Ltda
CETEM:	Centro de Tecnologia Mineral

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO-----	13
1.1	Problema-----	14
1.2	Hipótese-----	14
1.3	Justificativa-----	14
2	OBJETIVOS-----	15
2.1	Objetivo Geral-----	15
2.2	Objetivos Específicos-----	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO-----	16
3.1	TPM – Manutenção Produtiva Total-----	16
3.1.1	Pilares da TPM-----	17
3.1.2	Objetivos da TPM-----	22
3.2	Sistema Lean de Manufatura-----	27
3.2.1	Conceitos de Produção Processo e Operação-----	27
3.2.2	Conceito de Centro de Trabalho e Capacidade Instalada-----	27
3.2.3	Produção em Massa-----	28
3.2.4	Produção Enxuta-----	28
3.2.5	Sistema Toyota de Produção-----	30
3.2.6	Não Custo e a Lógica das Perdas-----	34
3.3	Teoria das Restrições – TOC-----	35
3.4	O poder da Eficiência Global dos Equipamentos-----	36
3.4.1	Produtividade Efetiva Total-----	37
3.4.2	Medidas do OEE-----	38
4	METODOLOGIA-----	42
5	DESENVOLVIMENTO-----	44
5.1	A Atividade Econômica-----	44

5.2	A Oferta de Grafite no Mundo-----	44
5.3	Micronização-----	45
5.4	A Empresa-----	47
5.4.1	Departamento de Produção-----	48
5.4.2	Linhas de Produtos-----	48
5.5	Execução do Projeto-----	50
5.5.1	Aplicação do OEE-----	52
5.5.2	Tempo de Ciclo Ideal-----	52
5.5.3	Tempo de Ciclo Real ou Realizado-----	53
5.5.4	Performance do Sistema-----	56
5.5.5	Índice de Qualidade-----	59
5.5.6	Índice de Disponibilidade-----	60
5.5.7	Taxa de Utilização do Ativo-----	61
5.5.8	Índice de Eficiência Global-----	62
6	CONCLUSÃO-----	64
	REFERÊNCIA-----	65

INTRODUÇÃO

Sabendo que o mercado tem se tornado cada vez mais competitivo, buscando fornecedores que ofereçam qualidade, mas também preços acessíveis, mantendo um alto padrão de qualidade nos produtos e serviços ofertados, têm-se a necessidade de conhecer melhor os processos da empresa na busca por uma maior eficiência e redução dos custos, para se manter no mercado.

Na visão de Checoli e Monteiro (2000) os custos com depreciação horária de equipamentos, no Brasil, normalmente são bem maiores que os custos relacionados com a mão-de-obra. No Japão ocorre o contrário do que acontece no Brasil, lá os custos com mão-de-obra são maiores que a depreciação horária dos equipamentos. Por isto, a indústria brasileira que possui uma capacidade instalada bem próxima à demanda ou, às vezes até menor, necessita de otimização para maximizar a utilização de sua capacidade. Estes fatos levam a indústria a buscar formas de gerir que faça com que a empresa sobreviva no mercado.

Slack (2002) mostra que os objetivos, definidos como estratégicos pela organização, só serão cumpridos se o processo de produção (manufatura) for um processo enxuto (saudável). Assim sendo, torna-se necessário que as empresas busquem incessantemente melhorar a eficiência dos equipamentos, de forma a identificar e posteriormente eliminar a ocorrência de perdas no processo produtivo, o que trará uma redução nos custos da fábrica. É de suma importância a identificação das perdas, uma vez que se torna difícil à interpretação de como se caracterizam e se apresentam. Tais dificuldades podem levar as empresas a tomarem ações não direcionadas às principais perdas, e assim não obter os resultados planejados.

No caso deste trabalho pretende-se conhecer melhor a influência das perdas no índice de eficiência global, também conhecido como OEE (*Overall equipment effectiveness*) no processo de micronização. Desta forma, foi proposto um projeto que será desenvolvido no setor de produção da Nacional de Grafite Ltda; empresa do setor de mineração, localizada a 7 km da cidade de Itapeverica, no Estado de Minas Gerais, onde serão realizados levantamentos de dados necessários para visualizar o quanto às perdas podem afetar na produtividade e eficiência global desta linha de produção.

1.1 Problema

De que forma as *perdas, redução de velocidade do processo, pequenas paradas, refugos e produtos fora do especificado*, afetam a eficiência global (OEE) e utilização do ativo em uma linha de micronização de grafite natural cristalino?

1.2 Hipótese

Propõe-se a realização de levantamentos de dados para posterior cálculo dos índices de disponibilidade, qualidade e performance, de forma a identificar as perdas deste processo, buscando meios para aumento da produtividade e eficiência global do processo produtivo, evitando as perdas, às vezes oculta, na produção do grafite micronizado. Desta forma, maximizando os lucros e verificando a real condição de utilização do ativo.

1.3 Justificativa

No desconhecimento e dificuldade em analisar o quão eficiente o processo de micronização está sendo e de que forma os recursos disponíveis estão sendo utilizados, tem-se a necessidade de verificar o impacto causado pelas perdas neste processo. Sabendo também que a baixa eficiência nos processos em diversos setores da indústria tem sido responsáveis pela perda de grandes fatias do mercado, em função da grande influência sobre o aumento dos custos de produção, tornando as empresas menos competitivas e sucessíveis a descontinuidade, vê-se a necessidade de medir este impacto em uma linha de micronização de grafite natural cristalino.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é identificar e valorizar as perdas existentes, verificando o impacto causado no índice de eficiência global. Considerando segundo a metodologia TPM - *Total Productive Maintenance*, que para efeito de análise de eficiência devem ser levadas em consideração não somente as perdas que existem nos equipamentos, mas também aquelas causadas pela forma de gerir, e que não podem ser associadas diretamente ao equipamento, porém, causam paradas no processo. Alguns exemplos destas perdas são a falta de mão-de-obra, ferramentas e matéria-prima.

2.1.1 Objetivos Específicos

- Fazer um levantamento bibliográfico relacionado ao problema proposto;
- Fazer um levantamento, na base de dados, dos sistemas de produção e manutenção, da empresa, com relação aos tempos de paradas, relacionados à mão-de-obra, *setups*, *queda de velocidade*, *refugos* e *retrabalho*, de forma a medir a interferência destas perdas na eficiência do setor;
- Analisar os dados levantados, com a finalidade de verificar seu impacto nos custos e na eficácia da empresa, buscando melhoria contínua.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 TPM – Manutenção Produtiva Total

A TPM (Total Productive Maintenance), ou Manutenção Produtiva Total é um método para gerir indústrias e que foi divulgado para todo o mundo por Siichi Nakajima. É uma ferramenta que tem como foco principal melhorar a eficácia e o tempo de vida útil dos equipamentos, eliminando desperdícios no processo de produção.

Na década de 70, surgia no Japão a Manutenção Produtiva Total com o objetivo principal de maximizar a rentabilidade dos negócios através da eliminação das falhas provenientes de quebras de equipamentos, minimizando o tempo gasto para preparação dos equipamentos, mantendo a velocidade do equipamento, evitando pequenas paradas e melhorando a qualidade dos produtos. (WILLMOT, 1994). O que resulta num aumento da Eficácia geral dos equipamentos.

Nakajima (1989) mostra que o modelo de manutenção das empresas americanas utilizava o modelo de Taylor, onde as tarefas são divididas entre as equipes de manutenção e operação. Na visão dos japoneses todos os funcionários da empresa devem participar e a manutenção produtiva total deve ser implementada por todos. O que a TPM trouxe de novo foi o conceito de que os operadores deveriam realizar atividades básicas de manutenção no seu próprio centro de trabalho. Assim o setor de manutenção é munido de informações vindas dos operadores, referente a algum sintoma anormal ou anomalia existente no equipamento, isto permitirá intervenções que auxiliem na prevenção de quebra ou falha do equipamento (SHIROSE, 2000).

A Manutenção Produtiva Total, na opinião de Fernandes (2005), pode ser considerada como um conjunto de atividades de manutenção que visam melhorar a performance e a produtividade dos equipamentos de uma fábrica. A Palavra "Total" indica que toda a fábrica deve está envolvida nas atividades do TPM, desde a Gerência, até o chão de fábrica. A implantação de um programa TPM necessita do envolvimento de todos, não somente de alguns grupos de pessoas, ela depende essencialmente do apoio da diretoria, que deve estar comprometida, dando suporte para que o programa funcione.

O Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) em 1989 estabelece uma nova definição para a TPM. Segundo Shirose (2000) esta nova definição caracterizava-se por:

- Criar uma cultura corporativa que persiga constantemente a melhoria da eficiência do sistema produtivo;
- Construir um sistema para prevenir qualquer tipo de perda para atingir o “zero-acidente, zero-defeito e zero-falha” em todo ciclo de vida de um sistema de produção;
- Abranger todos departamentos, incluindo produção, desenvolvimento, marketing e administração;
- Exigir envolvimento completo, desde a direção até o chão de fábrica;
- Atingir perda-zero através das atividades de pequenos grupos.

Souza (2009) descreve a TPM como sendo uma estratégia de gestão dos equipamentos, tendo o envolvimento de todos os operadores, na busca da eficiência máxima do processo produtivo. É algo que teve origem na MP – Manutenção Preventiva surgida nos Estados Unidos, no período pós-guerra, deixando para trás o conceito de que somente após a quebra ou falha do equipamento é que o mesmo deveria ser consertado. E na busca por mais qualidade e produtividade, foi que os japoneses em meados dos anos 70 desenvolveram um método conhecido como a Manutenção Produtiva Total – TPM.

“TPM representa uma forma de revolução, pois conclama a integração total do homem x máquina x empresa, onde o trabalho de manutenção dos meios de produção passa a constituir a preocupação e a ação de todos” (NAKAJIMA, 1989).

3.1.1 Pilares da TPM

Ainda no conceito de Souza (2009), algumas ocorrências como: avanço na automatização das empresas, busca da melhoria da qualidade, emprego do sistema “Just-in-time - JIT”, dificuldade na seleção de mão-de-obra pesada, gestão participativa e surgimento do operador polivalente, contribuíram de forma significativa para o surgimento da metodologia TPM - Manutenção Produtiva Total, que se sustenta nos oito pilares abaixo, que são a base para este método:

1º- Manutenção Autônoma e Espontânea

Tem com principal objetivo eliminar as grandes perdas e elevar a eficácia geral dos equipamentos e também fazer com que os operadores conheçam melhor e estejam habilitados a operarem seu equipamento. Nesta os operadores são capacitados para supervisionarem e atuarem como mantenedores em primeiro nível. Os mantenedores específicos (eletricistas e mecânicos) são chamados somente quando os operadores de primeiro nível não conseguem solucionar o problema. O departamento de Produção é o responsável e quem executa as tarefas são os operadores. Esse tipo de Manutenção não é a transferência da manutenção das máquinas para o operador, mas sim, uma forma de cobrar do operador que ele conserve sua máquina, e que a manutenção seja usada somente para consertar e restaurar.

2º- Planejamento da Manutenção

O grau de complexidade do sistema de planejamento, programação e controle da manutenção está relacionado com o tamanho da empresa, ou seja, quanto maior a empresa mais complexo se torna o sistema. O dimensionamento dependerá do nível que se queira atingir.

Princípios a serem observados para organizar o departamento de planejamento, programação e controle da manutenção (PCM).

Planejamento

- Separação dos serviços, conforme prazo ou periodicidade;
- Verificação das tarefas para diagnosticar os melhores métodos e seqüências das operações;
- Indicar as funções técnicas que serão necessárias, ferramentas e materiais técnicos;
- Necessário que os tempos planejados estejam próximo da realidade;
- Atribuições de responsabilidades pelos serviços a serem executados.

Programação

- Definição da data de início e término para execução;
- Suporte de ferramentas e materiais necessários;
- Escalação dos funcionários necessários para execução;
- Coordenar, supervisionar e entender com a produção;
- Comportamento da execução para que o programa seja cumprido e/ou ajustado.

Controle

- Verificação do desempenho real, comparando com o estabelecido;
- Cálculo dos desvios;
- Elaborar procedimentos para algum tipo de correção;
- Providências para serem feitas as correções;
- Define métodos para verificar o que está sendo realizado;
- Cálculo de produtividade, eficiência;
- Transforma dados em informação;
- Estabelecer sistema de documentação da manutenção feita nos equipamentos e instalações;
- Realizar o registro de custo com manutenção de cada equipamento;
- Utilizar métodos para identificação de custos altos;
- Elaborar uma política que regule a substituição de equipamentos obsoletos.

3º- Melhorias Individuais e Específicas

Tem como objetivo eliminar as grandes perdas e aumentar a eficácia geral dos equipamentos. Realizar grandes melhorias, mudanças e métodos para maximizar a eficiência dos equipamentos.

4º- Educação, treinamento, integração e reciclagem

Cabe a este pilar fornecer recursos e apoio para que as áreas possam desenvolver, qualificar e certificar seus profissionais. Funcionários qualificados são a chave da metodologia TPM, pois eles poderão antever problemas através da inspeção sistêmica. Eles saberão diferenciar uma situação normal de uma anormal, propor melhorias para ganhos de rendimentos e produtividade. Todos têm participação neste pilar.

5º- Engenharia e Controle na Aquisição e Manutenção dos Ativos

O objetivo é elaborar a especificação técnica das máquinas e equipamentos, levando em consideração os requisitos e especificações utilizadas pela manutenção produtiva total e também ser o mediador das necessidades dos demais pilares do programa, levando aos nossos fornecedores o conhecimento daquilo que estamos buscando em termos de especificação de acessórios, componentes e melhorias de acesso para limpeza, inspeção e reparos. Agir principalmente em parceria com o pilar Melhorias Individuais, levando em conta os desejos dos responsáveis pelos outros pilares e máquinas TPM.

6º- Manutenção da Qualidade e Confiabilidade

Neste pilar, o objetivo é dar suporte às áreas para que possam produzir mais peças e com qualidade, “Quebra Zero” no equipamento e “Zero Defeito” no produto. Este item, não se restringe apenas em colaborar com os demais, mas sim, atuar na área auxiliando na solução de problemas relacionados com a qualidade dos produtos e processos. Para obter bons resultados neste quesito é necessária uma aplicação adequada dos estudos de confiabilidade.

7º- Meio Ambiente, Higiene e Segurança

O objetivo deste pilar é a implementação dos princípios de gestão ambiental na produção (fábrica), buscando controlar todos os aspectos ambientais, minimizando os impactos, promovendo melhorias e eliminando

desperdícios. Também objetiva a busca através de relação ótima entre o homem, a máquina e a produção, o que trará ganhos de produtividade e Zero acidentes. A prioridade deste item é voltada para a segurança, saúde e meio ambiente através de equipamentos confiáveis, prevenção de erros humanos, processo e equipamentos que não afetem negativamente o meio ambiente.

A segurança, a proteção ambiental e o controle da poluição são de grande importância para o gerenciamento da fábrica. As atividades de Manutenção Preventiva em um processo produtivo devem ter foco no gerenciamento de áreas críticas com relação a riscos.

8º- Manutenção nos Escritórios

A participação deste item, não se restringe apenas em colaborar com os demais pilares, mas também atuar na solução dos problemas relacionados com processos administrativos, bem como divulgar para o pessoal de chão de fábrica, informações necessárias para utilização das ferramentas para controle, planejamento de estoque e produção.

Para Nakajima (1989), “O TPM pode melhorar o rendimento global das instalações graças a uma organização baseada no respeito à criatividade humana e com a participação geral de todos os empregados da empresa”.

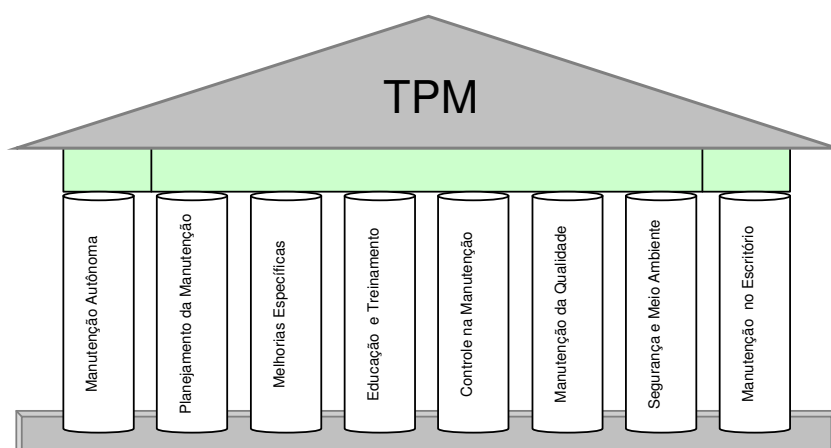


FIGURA 1 – pilares do modelo TPM
FONTE: SHIROSE, 2000.

3.1.2 Objetivos da TPM:

O objetivo da TPM, no conceito de Souza (2009), tem relação com a melhoria da estrutura da empresa em termos materiais (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima, produtos, etc.) e em termos humanos com a capacitação dos profissionais envolvendo conhecimentos, habilidades e atitudes. Outro objetivo do método é o de alcançar um aumento na eficiência global do processo produtivo através do OEE (Overall Equipment Efficiency), que mede a eficiência de um centro de trabalho qualquer (máquina, célula, linha, departamento ou fábrica) ajudando na identificação de possíveis perdas. Para um melhor índice de eficiência é necessária a eliminação das 6 grandes perdas, que são:

- 1º - Perdas por quebras - são paradas para correção de algum problema em caráter de emergências e urgências. Estas perdas estão relacionadas com a quantidade (nº de peças, kg, unidades, etc) que deixam de ser produzidos devido à quebra de uma máquina. É a mais conhecida e mais facilmente calculada. A forma de evitar este tipo de perda é implantando uma manutenção preventiva eficiente.
- 2º - Perdas por ajustes (durante o set-up) – é todo tempo gasto nas trocas de ferramentas e ajustes. É a quantidade de itens que deixam de ser produzidos porque a máquina estava sendo preparada e/ou ajustada para a fabricação de um novo item. Técnicas de redução de set-up (trocas rápidas) podem combater este tipo de perda.
- 3º - Perdas em pequenas paradas / tempo ocioso – são os tempos de esperas e retomada de operação. É a quantidade de itens que deixam de ser produzidos devido a pequenas paradas no processo para ajustes, ou por algum tipo de ociosidade. Ex: máquina operando em vazio.
- 4º - Perdas por baixa velocidade – são as perdas que ocorrem em virtude de uma máquina estar trabalhando com velocidade reduzida em relação ao padrão normal. É também a quantidade de itens que deixam de ser produzidos em decorrência de uma velocidade mais baixa do que a nominal especificada pelo fabricante do equipamento.
- 5º - Perdas por qualidade insatisfatória – Este é o tipo de perda gerada pela produção de peças com defeito ou fora da especificação do cliente. É aquela que para todos os efeitos, é como se as peças não tivessem sido

produzidas. Isso ocorre pela qualidade insatisfatória, quando o processo já entrou em regime.

- 6º - Perdas com start-up – são as perdas que ocorrem quando uma máquina é ligada, ou seja, no início da operação. É a quantidade de itens que é perdida por estar fora do especificado pelo cliente e ocorre quando o processo ainda não entrou em regime. No start-up, ou partida, o índice de perda é normalmente maior. Para todos os efeitos, não poderá ser considerado como produção.

O dicionário Michaelis define o conceito de perdas como sendo, entre outras, a seguinte definição: “Diminuição de quaisquer capacidades e qualidades (energia, tensão, velocidade etc.)”.

Segundo Ohno (1997), o aumento da eficiência depende da eliminação total dos desperdícios, e só terá resultados quando for associada à redução de custos.

Conforme Shirose (2000), no processo de avaliação dos resultados da aplicação do método TPM, são utilizados indicadores divididos em seis categorias: produtividade; custo; qualidade; tempo de entrega; segurança, saúde, meio ambiente e moral. Através de uma utilização eficiente e ideal de todas as entradas do processo, conhecidas como 5M (*Man, Machine, Material, Money, Method*) Homem, Máquina, Material, Dinheiro e Método, o desempenho destes indicadores aumenta. A FIG.2 mostra a relação existente entre as entradas e saídas do processo:

Entrada Saída	DINHEIRO			MÉTODO
	HOMEM	MÁQUINA	MATERIAL	
Produção (P)	→	→	→	PCP
Qualidade (Q)	→	→	→	Controle de Qualidade
Custo (C)	→	→	→	Controle de Custo
Distribuição (D)	→	→	→	Controle de Entrega
Segurança (S)	→	→	→	Segurança e Poluição
Moral (M)	→	→	→	Relações Humanas
	Alocação de mão-de-obra	Manutenção Produtiva	Controle de Estoque	Produtividade = Output / Input

FIGURA 2 – Relações entre entradas e saídas nas atividades de produção.
 FONTE: Adaptado de NAKAJIMA, 1989.

A implantação da TPM na empresa auxilia na melhoria do Índice Operacional Global da empresa. Segundo Souza (2009), alguns passos devem ser seguidos para obtenção desta melhoria:

- Capacitar os operadores para conduzir a manutenção de forma espontânea;
- Capacitar os mantenedores para serem polivalentes, mecânicos com habilidades em atividades elétricas e eletricitas com habilidades nas atividades mecânicas, isto é, atuarem em equipamentos mecatrônicos;
- Capacitar engenheiros e técnicos a projetarem equipamentos que exija o mínimo de manutenção;
- Realizar estudos e dar sugestões para modificação dos equipamentos existentes, com objetivo de melhorar o rendimento global;
- Constituir uma estrutura empresarial que visa à máxima eficácia do Sistema de Produção;
- Eliminar os desperdícios de processo;
- Envolvimento de todos os departamentos, desde a alta direção até o chão de fábrica na busca por uma maior eficiência global;
- Buscar formas para eliminar as perdas, objetivando: “Zero Acidente”, “Zero Defeito” e “Zero Quebras”, para melhor utilização da vida útil do equipamento e do sistema de produção;

- Ter uma atuação direta nas perdas da produção e também as causadas pela mão-de-obra tais como em: reuniões infrutíferas, procura de documentação, desorganização, má administração, etc.
- Melhorar qualidade do produto; aumentar a confiabilidade e disponibilidade física do equipamento.

Nakajima (1989) partindo do significado da palavra Total, usando como base o significado da letra T do método TPM, faz uma relação de três características principais:

- A primeira característica está relacionada com a rentabilidade e eficiência econômica na busca pela efetividade total.
- A segunda característica é a busca pela prevenção total da manutenção através de melhorias nas atividades de manutenibilidade. Um exemplo é a aplicação da manutenção preventiva.
- A terceira característica é a participação de todos os funcionários através de atividades de pequenos grupos

“A meta para as atividades de melhoria de toda a fábrica é aumentar a produtividade pela minimização das entradas e maximização das saídas” (NAKAJIMA, 1989, p.9).

Conforme Nakajima (1989), os resultados pela utilização da metodologia TPM, só virá após três anos que é o tempo necessário para implementar as 12 etapas da metodologia, que se divide em preparação, implementação e estabilização, conforme a TAB. 1.

TABELA 1 - As doze etapas da implementação da TPM

Fase	Passo	Detalhes
Preparação	1 - Anunciar a introdução do TPM pela alta administração	Apresentar o TPM para toda companhia: cartazes, folders, periódico, etc.
	2 - Promover campanhas de treinamento e divulgação para introdução do TPM	Reunir Diretores, gerentes e chefias através de reuniões e seminários. Geral: sensibilizar todos os funcionários.
	3 - Criar estrutura para promover o TPM	Formar os comitês para a promoção do TPM em todos os níveis da companhia: secretaria TPM e estruturação dos Pilares.
	4 - Promover políticas básicas TPM e metas	Analisar a condição atual da empresa: estabelecer os objetivos e metas.
	5 - Formular plano mestre para desenvolver o TPM	Preparar planos detalhados de implantação do TPM para as cinco atividades fundamentais.
Implementação Preliminar	6 – Kick-off TPM	Convidar clientes, fornecedores e afiliados.
Implementação TPM	7 - Melhorar a eficiência de cada peça do equipamento	Selecionar um equipamento modelo: formar equipe de implantação.
	7.1 - Desenvolver um programa de Manutenção Autônoma	Restaurar os equipamentos através de atividades de pequenos grupos "7 etapas".
	7.2 - Desenvolver um programa de Melhoria Específica	Eliminar as grandes perdas "OEE".
	7.3 - Desenvolver um programa de Manutenção Planejada	Promover atividades de Manutenção por melhorias, Preventiva e Preditiva.
	7.4 - Desenvolver um programa de Educação e Treinamento	Habilitar os funcionários através de treinamentos e LPP.
	8 - Desenvolver um programa de Controle Inicial	Aumentar o Ciclo do custo de vida dos produtos e equipamentos.
	9 - Desenvolver um programa de Manutenção da Qualidade	Eliminar problemas de produto e processo.
	10 - Desenvolver um programa para aumento da eficiência das áreas administrativas	Implantar os 5 "S" e o aumento e eficiência nas áreas de apoio.
	11 - Desenvolver um programa de controle da Segurança, Saúde e Meio Ambiente	Criação de sistemas para obtenção de zero acidentes e zero casos de poluição.
Estabilização	12 - Implementar de forma completa e aumentar os níveis do TPM	Correção de desvios e estabelecimentos de novas metas.

FONTE: Adaptado de NAKAJIMA, 1989.

3.2 Sistema Lean de Manufatura

Sistema Lean de Manufatura é um termo utilizado para descrever o Sistema Toyota de Produção, criado por Taiichi Ohno e aplicado desde o final da Segunda Guerra Mundial nas fábricas de automóveis da Toyota no Japão.

Alguns conceitos básicos são necessários para melhor a compreensão da estrutura conceitual do sistema *Lean Manufacturing*:

3.2.1 – Conceitos de produção, processo e operação

Os conceitos de produção, processo e operação, Segundo Shingo (1988), podem ser definidos da seguinte forma:

- **Produção:** São vários processos e operações, onde ocorre a transformação de matéria prima (entrada) em produto acabado (saída).
- **Processo:** É o fluxo de materiais no tempo e no espaço, é a transformação da matéria prima em componentes semi-acabados e daí em produto acabado.
- **Operação:** É o trabalho realizado para efetivar a transformação durante o processo, é a interação do fluxo de equipamentos e operadores no tempo e no espaço.

Ainda no conceito de Shingo (1988), a análise do processo examina o fluxo de matéria prima ou produto e a análise das operações examina o trabalho realizado sobre os produtos pelo trabalhador e pela máquina.

3.2.2 Conceito de centro de trabalho e capacidade instalada

Centro de Trabalho é uma unidade física onde são processadas as operações de fabricação, podendo ser uma máquina, um grupo de máquinas, uma linha de produção ou um posto de trabalho contendo homens e máquinas. Exemplo: bancada de montagem, linha de conectores, grupo de tornos R-1, pré-montagem etc. (EMS¹).

¹ Sistema de gerenciamento utilizado pela empresa

Segundo o IGF, a capacidade instalada de uma companhia reflete o seu potencial total de produção, com base nos recursos de que dispõe. De modo simplificado, quando se fala que uma empresa está atuando com 85% de sua capacidade, isto denota que a empresa está produzindo 85% da sua capacidade instalada, ou seja, 85% da sua capacidade de produção. Articular que a indústria está operando com 79,04% da sua capacidade é o também dizer que esta indústria está com 20,96% de sua capacidade de produção ociosa.

3.2.3 - Produção em massa

Conhecida também como produção empurrada, a produção em massa teve sua origem divulgada por Henry Ford, o marco principal foi à produção do Ford Modelo T, com 15 milhões de unidades produzidas entre os anos de 1908 e 1927. Estes veículos eram padronizados e produzidos somente na cor preta, sendo um produto projetado exclusivamente para produção em massa. Os objetivos principais eram: reduzir os preços dos produtos, aumentar as vendas, aumentar a eficiência da produção e reduzir os preços.

Para Johnson (1992), a produção em massa conforme idealizada por Ford não é um produtor natural de desperdícios, de excesso de estoques de produtos em processo e de não conformidades. A departamentalização e o desacoplamento de processos é que levaram a esta situação.

No final da década de 20, devido à exigência do mercado de diversificar os produtos, fez com que a inflexibilidade da linha de produção idealizada por Ford tivesse sua seqüência de operações contínuas quebradas com o surgimento da departamentalização com a formação de estoques intermediários. Assim tornou-se possível à produção de modelos diferenciados, atendendo a necessidade do mercado. Esta departamentalização no modelo de produção em massa foi a causa principal da geração de grandes estoques intermediários, com aumento dos níveis de perdas por desperdícios, falta de qualidade, e com a existência de operações que não agregavam valor à cadeia produtiva. Até os anos 80 o sistema departamentalizado predominou nas fábricas do ocidente (JOHNSON, 1992).

3.2.4 - Produção enxuta

Do original em inglês, “*lean*”, a produção “enxuta” conhecida também como produção puxada é, na verdade, um termo usado no final dos anos 80 por pesquisadores do IMVP (*International Motor Vehicle Program*), para definir um sistema de produção com maior índice de eficiência, maior flexibilidade, velocidade e inovação do que a produção em massa; que seria um sistema capaz de se adaptar melhor a um mercado que muda a cada dia.

Esta modalidade de produção começou a tomar corpo com a necessidade de possuir um diferencial em relação aos demais concorrentes e em função de um mercado que começava a ficar cada vez mais competitivo e exigente. Pode-se considerar que as duas principais razões para se adotar este sistema de produção são as relacionadas com as características do mercado onde a empresa atua e os fatores críticos, conforme descreve ²Shingo e Shigeo (1981) *apud* Invernizzi (2006).

Característica do mercado em que a empresa atua:

- Alta variedade de produtos,
- Alta taxa de renovação de mix de produtos,
- Atendimento rápido,
- Produtos de curto tempo de vida,
- Produtos de alta performance,
- Consumidores mais exigentes em termos de qualidade,
- Crescente oferta de artigos importados,
- Preços competitivos.

Fatores competitivos:

- Velocidade no desenvolvimento, lançamento e entrega dos produtos,
- Flexibilidade para absorver a crescente taxa de renovação e ampliação do mix de produtos,
- Alta flexibilidade para absorver as flutuações de demanda,

² SHINGO, Shigeo. Study of Toyota production system from industrial engineering viewpoint. Tokyo, Japan Management Association, 1981.

- Baixo custo,
- Alta qualidade

Os objetivos e princípios da produção enxuta são os seguintes:

- Atender as necessidades do cliente:
- No menor lead time possível,
- Produtos e serviços com a mais alta qualidade e ao mais baixo custo possível.

A produção enxuta é um sistema definido por três princípios:

- Pessoas como a chave do sistema,
- Perfeição na entrega de todo serviço,
- Eliminação das perdas.

Segundo Ritzman e Krajewski (1992) a produção enxuta é um termo genérico para definir o TPS - Sistema Toyota de Produção.

3.2.5 - O Sistema Toyota de Produção (SPT)

O SPT, segundo Ghinato (1996), nasceu antes da Toyota Motors Company ser fundada. A Toyota fazia parte de um grupo empresarial têxtil que era formado por duas empresas fundadas por Sakichi Toyoda : Toyoda Spinning & Weaving Works Ltda (1918) e Toyoda Automatic Loom Works Ltda (1926). Toyoda, considerado como um gênio da Engenharia, responsável pela patente de várias invenções, dentre elas, o mecanismo de parada automática em teares. Alguns anos mais tarde Toyoda vendeu o direito de uma de suas patentes e investiu o dinheiro recebido no desenvolvimento e testes do primeiro automóvel Toyota.

Ohno (1988) define o Sistema Toyota de produção como sendo uma busca incessante pela total eliminação de perdas.

O Sistema Toyota de Produção é uma filosofia de gerenciamento que procura otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e menor custo, ao mesmo tempo em que

aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização (INVERNIZZI, 2006).

Segundo Ohno (1997), em 1937, baseado em informações de produtividade comparando trabalhadores alemães e americanos, onde a razão era de três para um, razão semelhante aos alemães comparados com os japoneses, ficou surpreso ao verificar que eram necessários nove trabalhadores japoneses para realizar o trabalho de um americano. Ohno viu que a diferença de produtividade entre americanos e japoneses era resultado de trabalhos que os japoneses estavam realizando e que não tinham nenhuma utilidade. Com base nesta constatação e com a perda da guerra em 1945, Toyoda, presidente da Toyota Motors Company, lançou uma meta que seria alcançar os EUA em 3 anos. A partir deste objetivo teve início o Sistema Toyota de Produção, tendo como base à eliminação de desperdícios.

“A necessidade é a mão da invenção” (OHNO, 1997).

³Ohno (1997) *apud* Ivernizzi (2006), idealizador do Sistema Toyota de Produção, propôs que as perdas no sistema produtivo fossem classificadas em sete grandes grupos:

- Perda por superprodução (quantidade antecipada);
- Perda por espera;
- Perda por transporte;
- Perda no próprio processamento;
- Perda por estoque;
- Perda por movimentação;
- Perda por fabricação de produtos defeituosos.

1ª - Perda por Superprodução

Considerada como a perda que trás maiores danos, pois ela tem a propriedade de ocultar as outras e é a mais difícil de ser eliminada.

São dois os tipos de perdas por superprodução:

³ OHNO, T. Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala, Porto Alegre, Editora Bookman, 1997.

- **superprodução por quantidade (produzir demais):** são as perdas que ocorrem por produzir além do programado causando sobras. Na Toyota esse tipo de perda é inadmissível.
- **superprodução por antecipação (produzir antecipadamente):** é a perda advinda de uma produção realizada antes do momento necessário, gerando estoques no processo. Este tipo de perda é o mais comum e o mais perseguido no sistema Toyota de Produção.

2ª - Perda por Espera

É o desperdício com o tempo de espera. Ex: Um lote fica parado “estacionado” à espera de sinal verde para seguir em frente no fluxo de produção.

Podemos destacar basicamente três tipos de perda por espera:

- **Perda por Espera no Processo:** o lote inteiro aguarda o término da operação que está sendo executada no lote anterior, até que a máquina, dispositivos e/ou operador estejam disponíveis para o início da operação (processamento, inspeção ou transporte);
- **Perda por Espera do Lote:** é a espera a que cada peça componente de um lote é submetida até que todas as peças do lote tenham sido processadas para, então, seguir para o próximo passo ou operação. Esta perda acontece, por exemplo, quando um lote de 1000 peças está sendo processado e, a primeira peça após ser processada, fica esperando as outras 999 peças passarem pela máquina para poder seguir no fluxo com o lote completo. Esta perda é imposta sucessivamente a cada uma das peças do lote. Supondo que o tempo de processamento na máquina A seja de 10 segundos, a primeira peça foi obrigada a aguardar pelo lote todo por 2 horas e 47 minutos (999 pçs. x 10 segundos) desnecessariamente.
- **Perda por Espera do Operador:** ociosidade gerada quando o operador é forçado a permanecer junto à máquina, de forma a acompanhar/monitorar o processamento do início ao fim das operações.

3ª - Perda por Transporte

Transporte é uma atividade que não agrega valor, portanto pode ser encarado como perda que deve ser minimizada. Otimizar o transporte significa buscar sua completa eliminação. Conforme Shingo (1987), o transporte ocupa em média 45% do tempo total de fabricação de um produto.

4ª - Perda no Próprio Processamento

São as perdas no próprio processamento, situações em que o desempenho do processo encontra-se aquém da condição ideal. Exemplo: a baixa velocidade na estamparia devido ao número de figuras estampadas em uma chapa metálica menor do que o máximo possível, causada por um projeto inadequado de aproveitamento de material.

5ª - Perda por Estoque

É a perda sob a forma de estoque de matéria-prima, material em processamento e produto acabado. No ocidente, os estoques são encarados como um “mal necessário”. O Sistema Toyota de Produção utiliza a estratégia de diminuição gradativa dos estoques intermediários como uma forma de identificar outros problemas no sistema, escondidos por trás dos estoques.

6ª - Perda por Movimentação

Essas perdas relacionam-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação. Este tipo de perda pode ser eliminado através de melhorias baseadas no estudo de tempos e movimentos.

7ª - Perda por fabricação de Produtos Defeituosos

São as perdas causadas pela fabricação de produtos defeituosos. É o resultado da geração de produtos fora de especificação e que não satisfaçam a requisitos de uso. No Sistema Toyota de Produção, a eliminação das perdas por

fabricação de produtos defeituosos depende da aplicação sistemática de métodos de controle na fonte, ou seja, junto à causa-raíz do defeito.

3.2.6 Não custo e a Lógica das perdas

Segundo Ghinato (1996), no ano de 1973, a crise do petróleo abateu a economia mundial fazendo com que o sistema de gerenciamento utilizado pela Toyota Motor Company Ltda, mostrasse seu verdadeiro potencial. A drástica queda na demanda que se seguiu exigiu dos competidores maior flexibilidade e o mercado passou a exigir produtos cada vez mais diferenciados (implicando na produção de pequenos lotes), com mais qualidade, velocidade nos prazos de entrega e preços menores.

Ghinato (1996), enfatiza que o modelo de custo ou “princípio de custo” praticado até o advento da crise expresso pela fórmula: $\text{PREÇO} = \text{CUSTO} + \text{LUCRO}$, um determinado preço era imposto ao mercado da seguinte forma:

$$\text{PREÇO} = \text{Custo inquestionável} + \text{margem de lucro pretendida}$$

Desta forma as empresas poderiam transferir aos consumidores custos adicionais decorrentes de alguma ineficiência de seu processo produtivo. Com a mudança das condições do mercado, o consumidor passa a determinar o preço de venda, passando a lucratividade a ser definida como a diferença entre o preço de venda e a fabricação, conforme expresso abaixo:

$$\text{PREÇO} - \text{CUSTO} = \text{LUCRO}$$

No sistema Toyota de produção, a redução dos custos esta vinculada ao conceito conhecido como “Princípio de não-custo”, o qual afirma que a única forma que a empresa tem de aumentar ou manter o lucro, é a redução de custos, uma vez que quem dita o preço de venda é o mercado.

“O custo deve ser entendido como resultante da combinação de vários recursos aplicados na geração de um produto/serviço. A minimização do custo é obtida pela racionalização dos recursos necessários. Se um determinado produto/serviço é fabricado com a utilização de um dado volume de recursos (material, mão-de-obra, máquinas, tempo,...) que podem ser reduzidos gerando um menor custo, então, pode-se dizer que esta redução é obtida através da eliminação da parcela de recursos utilizada desnecessariamente. Em outras palavras esta parcela de recursos é essencialmente “perdas”. GHINATO-1996.

Ohno (1998) e Shingo (1981) concordam que as perdas são operações ou movimentos desnecessários que não agregam valor e geram custo, portanto devem ser eliminadas, e assim sendo, a eliminação completa das perdas, tem o objetivo de maximizar o trabalho que adiciona valor.

3.3 Teoria das Restrições (TOC)

Em 1985, Eliyahu M. Goldratt tornou-se conhecido após a publicação do livro “A Meta”, introduzindo os conceitos da teoria das restrições (Theory of Constraints) escrito em forma de romance. Ganhar dinheiro hoje e no futuro é a meta principal de uma empresa. Esse ganho vem através da utilização ótima de seus recursos restritivos (GOLDRAT, 1993).

Para Cox III e Spencer (2002) restrição é qualquer elemento ou fator que impede que um sistema atinja níveis melhores de desempenho com relação a sua meta.

A base para o gerenciamento efetivo de produção segundo Cox III e Spencer (2002) segue um processo de 5 etapas que permitem aos gerentes planejar globalmente a produção, dando foco nos recursos que representam maior ganho. As cinco etapas desenvolvidas por Goldratt (1990) são:

- Identificar as restrições do sistema: consiste em identificar as restrições que limitam o ganho do sistema.
- Decidir a forma de explorar a restrição do sistema: Maximizar a utilização do recurso restritivo. Cox III e Spencer (2002) focam a necessidade de manter o recurso considerado como restritivo, trabalhando sem interrupções.

- Subordinar todos os outros recursos à restrição do sistema: Para Cox III e Spencer (2002) esta etapa é a de maior dificuldade de implementação, pois ela questiona as práticas tradicionais de engenharia de produção. Os recursos restritivos devem ser gerenciados no mesmo ritmo do recurso restritivo do sistema.
- Eliminar a restrição do processo: o foco é aumentar a capacidade produtiva da restrição. O aumento da capacidade pode ser conseguido aumentando a velocidade do recurso ou com aquisição de um novo equipamento (COX III e SPENCER, 2002).
- Se na etapa 4 a restrição for quebrada, volta para etapa 1: o aumento contínuo da capacidade, imposto na etapa 4, para Cox e Spencer (2002) resulta na quebra do sistema restritivo, aparecendo uma nova restrição. Desta forma voltando na primeira etapa, passando por todo o processo novamente evitando que a inércia quebre o processo de melhoria contínua.

Um sistema de indicadores de desempenho do processo é apresentado por Goldratt (1993) para que a empresa possa atingir a meta principal que é ganhar dinheiro hoje e no futuro. Segundo Cox e Spencer (2002) os três indicadores que Goldratt (1990) criou são:

1º - Ganho: taxa gerada através das vendas pela qual a empresa obtém dinheiro.

2º - Inventário: é o dinheiro que a empresa investe na compra de itens como bens acabados, matérias-prima e produtos acabados, ou seja, itens que a organização tem o objetivo de vender.

3º - Despesas operacionais: é todo o dinheiro gasto para transformar o inventário em ganho.

3.4 O Poder da Eficiência Global dos Equipamentos

Segundo Hansen (2006), diante das várias mudanças nos dias atuais, onde encontramos clientes buscando produtos além de qualificados, com maior valor agregado, para uma fábrica ser eficaz e produzir com custos reduzidos, elas

precisam de se esforçar. Usando uma abordagem bem firme no sentido de identificar as melhorias que precisam ser realizadas, e utilizando equipes para eliminar a origem do problema, também conhecida como raiz do problema, que impede a fábrica de posicionar em níveis mais elevados de eficácia. Desta forma, encontram o verdadeiro poder da eficiência global dos equipamentos.

Ainda na opinião de Hansen (2006), o OEE, também conhecido como índice de eficiência global é um método que auxilia no entendimento de quão eficiente está sendo um determinado setor produtivo (manufatura), e ainda poder identificar a sua eficácia máxima. Embora que uma empresa oferte o produto de maior qualidade no mercado, corre o risco de não sobreviver se não ofertar a preços reduzidos. Isso ocorre devido à grande concorrência no mercado atual.

3.4.1 Produtividade Efetiva Total -TEEP

Segundo Hansen (2006), levando em consideração que a OEE mede a efetividade das programações de produção planejadas, a TEEP mede a efetividade do equipamento em relação ao tempo total, ou tempo de calendário, e indica as oportunidades que podem existir entre níveis de classe mundial e operações correntes, mostrando a “fábrica oculta”, que é a oportunidade de produzir mais, e que poderá ser trabalhada tornando a empresa mais competitiva. Em várias empresas a gerência interessa em como os ativos da fábrica são utilizados em relação ao tempo calendário. Hansen (2006) enfatiza que a TEEP, não diferente do índice de eficiência global, deve ser utilizada em conjunto com as informações financeiras.

Os valores da TEEP, na visão de Hansen (2006), podem ser uma ferramenta de análise do potencial de capacidade em qualquer indústria. Na busca pela máxima quantidade produzida as empresas usam várias estratégias para melhor aproveitamento do tempo calendário. Tais empresas, na sua maioria, vendem tudo o que produzem. Os investimentos, em equipamentos e instalações, são altos e a máxima utilização dos ativos maximiza o retorno dos investimentos. A TEEP pode ainda ser considerada como um indicador da capacidade que ainda existe em uma determinada fábrica, esta capacidade é conhecida como “Fábrica oculta”.

Na conferência da sociedade dos profissionais de manutenção e confiabilidade, em 1999, a Rohm & Rass corporation conclui que trabalhar a “Fábrica

oculta” custará 10 vezes menos que aumentar a capacidade construindo uma nova capacidade. As áreas que ainda não utilizaram a capacidade máxima também podem obter resultados significativos pela melhoria da efetividade. Um dos resultados obtidos é a capacidade de responder a um aumento não previsto no programa de produção e manter o equilíbrio entre a produção e a capacidade de produção, tanto para o curto como para o longo prazo, podendo ser considerado como uma estratégia operacional para as empresas.

3.4.2 Medidas do OEE (Índice de Eficiência Global)

Abaixo algumas definições-chave, para Hansen 2006:

Utilização do ativo: representa o percentual em relação ao tempo de calendário no qual o equipamento está operando.

Parada não-programada (DOWNTIME): equivale a todos os acontecimentos que causam paradas não-programadas do equipamento e podem ser classificados em:

- DT técnica = parada não-programada por alguma falha no equipamento que afete a máquina ou processo; incluindo falhas de equipamentos por erros de manutenção, sujeiras, arranhões no equipamento.
- DT operacional = parada não-programada proveniente da não observação de padrões operacionais; erros do operador.
- DT qualidade = parada não-programada motivada por matérias-primas fora do especificado; problema no controle do processo teste que não foram previamente planejadas.

Tempo Excluído: Tempo que foi programado para não produzir, deve incluir neste tempo as paradas programadas para manutenção preventiva. Também aquelas paradas programadas com pelo menos uma semana de antecedência; testes realizados no processo, férias, feriados, finais de semana e a falta de programação da produção. Quando há uma boa performance do sistema e os produtos ficam prontos antecipadamente, este tempo não planejado deve ser considerado como tempo excluído.

Tempo de Ciclo Ideal ou Taxa Teórica: é o que chamamos de taxa de velocidade ideal. É o melhor tempo do ciclo para a linha gargalo de produção. Pode também ser considerado como a melhor taxa de velocidade de uma linha de produção.

Tempo de carga: É o tempo que foi programado para o equipamento operar (tempo planejado) e atender a programação de entrega. Deve incluir os tempos de troca de produto, setups; as paradas não planejadas, o tempo de operação.

Eficiência Global dos Equipamentos: Mostra a eficácia do processo (é fazer produtos com qualidade na velocidade ideal).

Tempo Operacional ou Tempo de Operação: É o número de horas de carga em que o equipamento está produzindo realmente.

Taxa de qualidade: É o número de peças boas, dividido pela quantidade total dos produtos fabricados. A taxa pode ser medida por galão, barril, metro quadrado, etc.

Quantidade de produtos bons: É toda a produção que está dentro da especificação.

Perda de velocidade: Esta perda ocorre pelo equipamento estar operando a uma taxa menor que a taxa de velocidade ideal, para um determinado tipo, tamanho ou família de produto. Podemos considerar como perda de velocidade a diferença entre o tempo teórico ou ciclo teórico e o tempo realmente gasto para produzir.

ST = Stop time ou tempo de parada operacional: É um tempo de parada planejada. Inclui ações operacionais como paradas para mudar o tamanho, testes, troca de produto.

Tempo teórico de operação: É o mínimo de tempo que se gasta para produzir uma determinada quantidade de bons produtos. Chega-se nesse tempo dividindo a quantidade de produtos aprovados pelo tempo de ciclo ideal.

Produtividade efetiva total : Mostra o percentual do tempo calendário que o equipamento opera a uma velocidade ideal, gerando produtos aprovados.

Tempo total ou tempo calendário: É todo o tempo.Ex: para um mês (60 min x 24 h x 30 dias).

Desperdício: É a taxa de desperdício total de um processo normal. Inclui desperdício por incidente, testes, retrabalho e estrutural. Vale apontar, que muitas empresas não incluem o desperdício estrutural para evitar que ele seja conhecido).

Ainda segundo Hansen (2006), existem algumas fórmulas que auxiliam no cálculo do índice de disponibilidade, performance e qualidade, e finalmente no OEE:

- Tempo de carga: $(\text{Tempo total} - \text{todas as paradas planejadas}) = \text{tempo programado}$.
- Tempo Operacional: Tempo de carga (tempo no qual o equipamento produz).
- Tempo Operacional: $\text{Tempo de carga} - (\text{todas as paradas programadas} + \text{todas as paradas não programadas})$.
- Disponibilidade: $\text{Tempo Operacional} / \text{Tempo de carga}$.
- Disponibilidade = $(\text{Tempo de Carga} - (\sum DT + \sum ST)) / \text{Tempo de Carga}$.
- Tempo de Ciclo Real = $\text{Tempo de Operação Real} / \text{Volume Produzido}$.
- Tempo de Ciclo Teórico = $\text{Velocidade Ideal (Capacidade do Equipamento conforme projetada)} = \text{Maior taxa de Velocidade Admissível}$.
- Taxa de Velocidade Operacional = $\text{Tempo de Ciclo Teórico} / \text{Tempo de Ciclo Real}$. Também conhecida com eficiência de performance.
- Taxa de Velocidade Operacional = $(\text{Volume Total} \times \text{Tempo de Ciclo Teórico}) / \text{Tempo Operacional}$.
- Taxa de Operação Líquida = $\text{Tempo de Processamento Real} / \text{Tempo Operacional}$.
- (Observação: igual a 1,0 por definição).
- Tempo Operacional Líquido = $(\text{Volume Processado} \times \text{Tempo de Ciclo Real}) / \text{Tempo Operacional}$. ..
- Eficiência de Performance = $\text{Taxa Operacional Líquida} \times \text{Taxa de Velocidade Operacional}$.
- Eficiência de Performance = $1,0 \times \text{Taxa de velocidade Operacional}$.
- Eficiência de Performance = $(\text{Volume Processado} \times \text{Tempo de Ciclo Teórico}) / \text{Tempo Operacional}$.
- OEE = $\text{Disponibilidade} \times \text{Eficiência de Performance} \times \text{Taxa de Qualidade}$.
- OEE = $(\text{Tempo de Operação} / \text{Tempo Programado}) \times \text{Taxa de Velocidade Operacional} \times \text{Taxa de Qualidade}$.
- Utilização dos Ativos = $(\text{Tempo Operacional} / \text{Tempo Total})$ ou $\text{Tempo de Operação} / \text{Tempo Total}$.
- Produtividade Efetiva Total dos Equipamentos = $\text{Utilização dos Ativos} \times \text{Taxa de Velocidade} \times \text{Taxa de Qualidade}$.

- $TEEP = \text{Tempo de Operação Teórico} / \text{Tempo Calendário}$.

A FIG. 3 ilustra o indicador OEE, bem como seus índices e as perdas relacionadas a cada um.

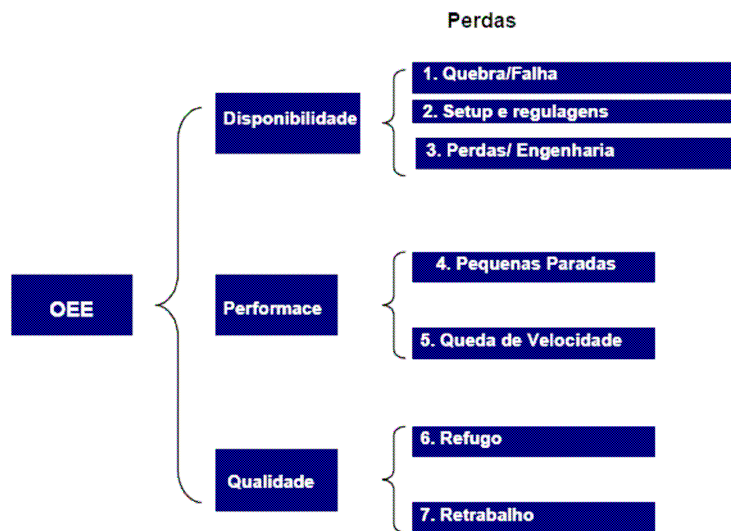


FIGURA 3 – Elementos da eficácia de uma máquina
FONTE: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007.

4. METODOLOGIA

Estudo de caso, pesquisa bibliográfica, quantitativa e descritiva são métodos que foram utilizados durante o desenvolvimento deste projeto. Na visão de Gil (2007), o estudo de caso pode ser qualificado pela análise intensa e exaustiva de um único ou de alguns objetos, e que permite um conhecimento maior deste objeto. Contudo, o objetivo do método de estudo de caso não é trazer o conhecimento preciso das características de uma população, mas sim o de obter uma visão geral do problema ou identificar fatores que o influenciam e são influenciados por ele.

O método quantitativo “[...] é muito utilizado no desenvolvimento das pesquisas descritivas, na qual se procura descobrir e classificar a relação entre variáveis, assim como na investigação da relação de causalidade entre os fenômenos: causa e efeito”. (OLIVEIRA, 1997).

O estudo de caso constitui uma estratégia de pesquisa freqüentemente empregada em estudos organizacionais, sociais, políticos e de interação entre grupos.

“Os estudos de caso, da mesma forma que os experimentos, são generalizáveis a proposições teóricas, e não a populações ou universos. Nesse sentido, o estudo de caso, como o experimento, não representa uma ‘amostragem’ e, ao fazer isso, seu objetivo é expandir e generalizar teorias (generalização analítica) e não enumerar freqüências (generalização estatística)”. (YIN, 2005, p.100)

O Método do Estudo de Caso enquadra-se como uma abordagem qualitativa e é freqüentemente utilizado para coleta de dados na área de estudos organizacionais, apesar das críticas que ao mesmo se faz, considerando-se que não tenha objetividade e rigor suficientes para se configurar enquanto um método de investigação científica (críticas inerentes aos métodos qualitativos, conforme já exposto). Os preconceitos existentes em relação ao Método do Estudo de Caso são externalizados em afirmativas como: os dados podem ser facilmente distorcidos ao bel prazer do pesquisador, para ilustrar questões de maneira mais efetiva; os estudos de caso não fornecem base para generalizações científicas; a afirmação de que estudos de caso demoram muito e acabam gerando inclusão de documentos e relatórios que não permitem objetividade para análise dos dados. Para Yin (2001) e Fachin (2001), estas questões podem estar presentes em outros processos de

investigação científica caso o pesquisador não tenha treino ou as habilidades indispensável para realizar estudos de natureza científica; assim, não são inerentes ao Método do Estudo de Caso.

Também foi utilizado o método OEE, o qual segundo Hansen (2006), é uma ferramenta que destaca que as perdas e ineficiências são parte do recurso da empresa que não está sendo utilizado com toda sua capacidade.

A FIG.4 representa a sistemática de cálculo do indicador de OEE.

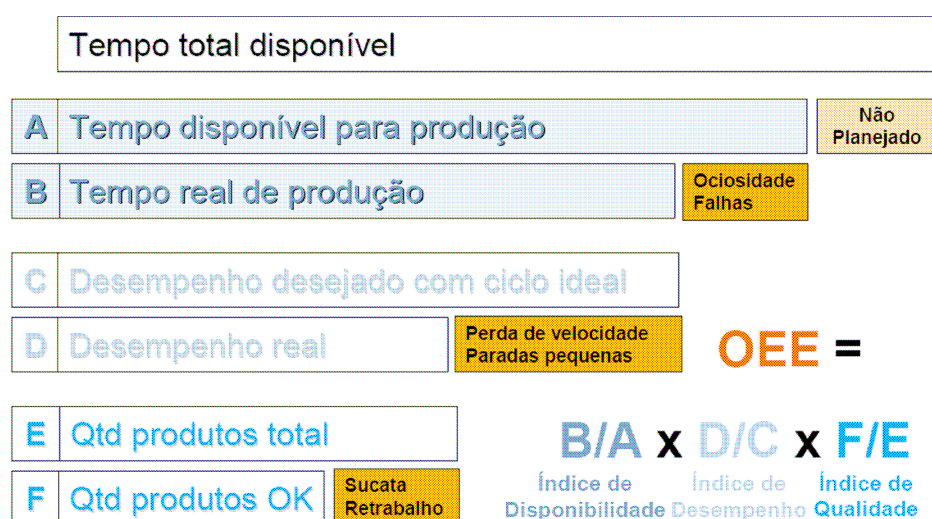


FIGURA 4 – Sistemática de Cálculo OEE
 FONTE: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007.

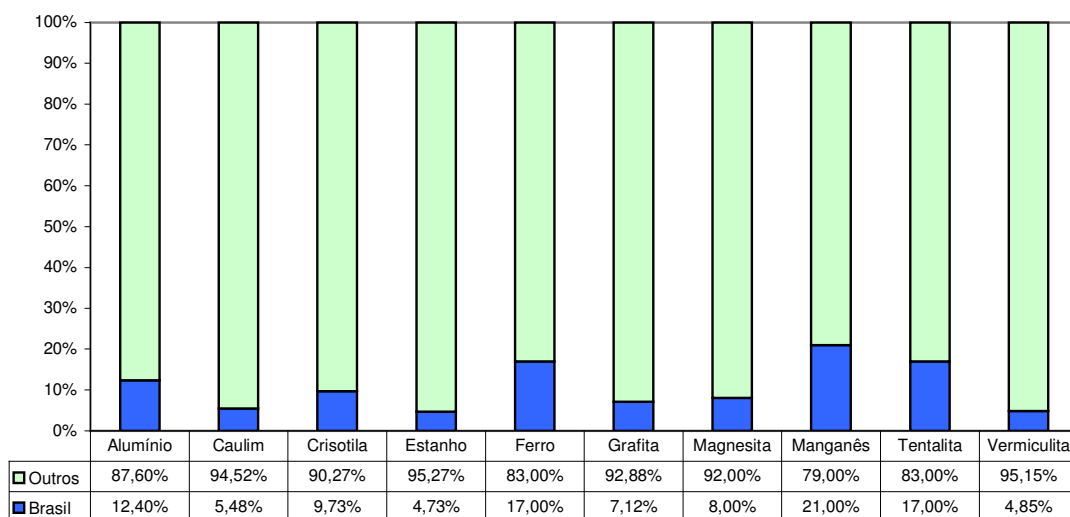
5 DESENVOLVIMENTO

5.1 A Atividade Econômica

Segundo o DNPM a Produção Mineral Brasileira no ano de 2008 foi de R\$51 bilhões, tendo um aumento de 11% se comparado a 2007, que foi de R\$46 bilhões, excluídos gás e petróleo. Vale destacar ainda, o minério de ferro que aumentou mais de 6% em quantidade produzida. Considerando a indústria da Mineração e transformação mineral, o Brasil alcançou uma PMB de R\$ 152 bilhões, 13% maior que no ano de 2007.

O GRAF. 1 mostra a contribuição percentual de alguns minérios do Brasil com relação à produção mundial (DNPM/AMB/IBRAM).

GRÁFICO 1 – O Brasil na exploração de alguns minérios no mundo



FONTE: DNPM

5.2 A Oferta de Grafite no Mundo

Com relação às informações de reservas mundiais de grafita, os detalhes são poucos. As reservas totalizam cerca de 438.511 milhões de toneladas no mundo, das quais 50,2% estão na China. Os principais produtores mundiais de grafita são a China e Índia com 81,5% da produção mundial no ano de 2007; porém a produção da China, dependendo da fonte de informação, apresenta variação elevada. No

Brasil estão 34,8% das reservas mundiais (2º lugar no mundo em reservas medida e indicada). A grafita Natural é distribuída na natureza em rochas ígneas, sedimentares, metamórficas e em meteoritos de ferro-níquel. A qualidade de uma reserva depende de características físicas dos cristais.

A grafita natural que apresenta melhor condição de aproveitamento econômico é a de origem metamórfica. Na maioria dos Estados brasileiros há ocorrência de grafita natural, porém as reservas brasileiras economicamente viáveis estão nos Estados de Minas Gerais, Ceará e Bahia, totalizando 152,6 milhões de toneladas. No município de Pedra Azul, Estado de Minas Gerais, encontra-se a melhor ocorrência grafítica, sendo uma das maiores reservas brasileira. A produção estimada de grafita natural no ano de 2007 foi de aproximadamente um milhão de toneladas. Em 2007, a produção brasileira foi de 77 mil toneladas o que equivale a 7,5% da produção mundial. Desta forma ocupando o 3º lugar na classificação mundial dos principais produtores.

TABELA 2 – Reserva e Produção Mundial de Grafite

Reserva e Produção Mundial					
Discriminação	Reservas ^{(1)(e)} (10 ³ t)		Produção (10 ³ t)		
	200 (p)	%	2006 (r)	2007 (p)	%
Países	200 (p)	%	2006 (r)	2007 (p)	%
Brasil	152.651	35	76	77	7
Canadá	ND		28	28	3
China	220.000	50	720	720	70
Coréia do Norte	ND		32	32	3
Índia	3.800	1	120	120	12
madagascar	960	0	15	15	1
México	3.100	1	13	11	1
República Tcheca	14.000	3	3	3	0
Ucrânia	ND		8	8	1
Outros Países	44.000	10	15	16	2
TOTAL	438.511	100	1.030	1.030	100

FONTE: DNPM-DIDEM; Mineral Commodity Summaries – 2008. (1) Inclui reservas medidas e indicadas; (e) Dados estimados, exceto Brasil; (r) Revisado; (p) Preliminar; (ND) Não Disponível.

5.3 Micronização

Segundo o dicionário Aurélio o ato de micronizar é o mesmo que “reduzir a pó fino”. A fragmentação de uma estrutura sólida quando submetida a forças mecânicas é conhecida como micronização ou cominuição. As forças mecânicas são aplicadas

nas partículas por meio dos elementos do moinho ou do meio moedor, provocando a deformação das partículas. As deformações provocam a geração de tensões internas, já que deformações e tensões estão ligadas por leis mecânicas da matéria. As deformações podem ser diferenciadas como elástica, plástica e viscosa, ou compostas, para a maioria dos materiais. Por exemplo, em plásticos as deformações são denominadas de visco-elásticas, e em aços, elástico-plásticas (NEUBERT, 1985).

O processo elementar para redução de tamanho de partículas é a quebra, que tem como resultado a formação de fragmentos de diferentes tamanhos e de forma irregular. A quebra é provocada por elevações de tensões em falhas da estrutura cristalina. A partícula quebra quando as elevações de tensões nas extremidades das falhas atingem um nível crítico, iniciando-se a sua propagação não-estável. Os processos de quebra podem ser explicados, teoricamente, por conceitos da mecânica de quebra ou fluxo linear-elástica (BLUMENAUER, 1982).

Na FIG.05 é possível visualizar um moinho de rotor combinado com um classificador dinâmico de alto desempenho. Observa-se que o tamanho desse moinho é mais assentado pela extensão da parte de classificação que da moagem. O material é forçado a passar na área de moagem, seguindo o fluxo de ar até a região onde acontece a classificação, nesta região é que as partículas finas são removidas. Em seguida, o material grosso é reconduzido à área de moagem, juntamente com a alimentação. Quando se combinam moinhos com classificadores dinâmicos de alta velocidade, podem ser gerados produtos cujas distribuições granulométricas apresentam-se com 50% menores que 3 mm.

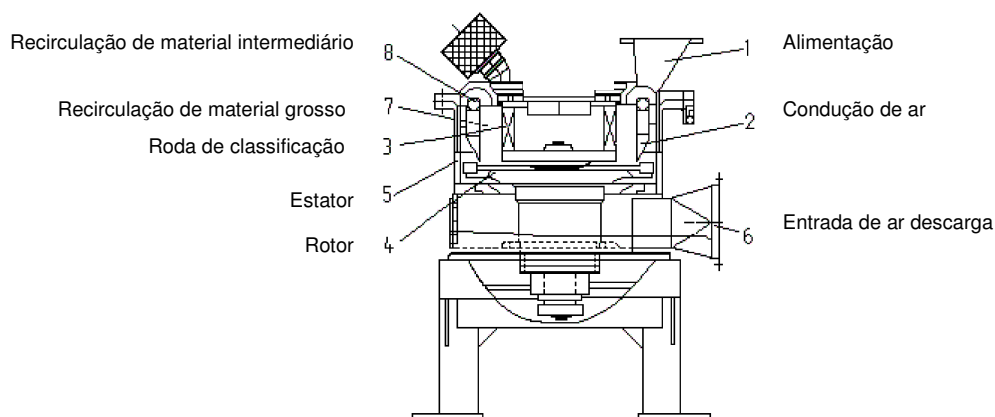


FIGURA 05 - Moinho de rotor combinado
FONTE: CETEM

5.4 A Empresa

Empresa brasileira, fundada em 1939, a Nacional de Grafite concentra suas atividades na mineração e no beneficiamento do grafite natural cristalino de alta qualidade. Em suas três plantas, todas localizadas próximas a importantes jazidas, no estado de Minas Gerais, Brasil, a Nacional de Grafite beneficia o minério, gerando cerca de 70.000 toneladas anuais de grafite de diferentes características. Certificados com ISO 9001:2000, os produtos da NGL são comercializados nos cinco continentes diretamente ou através de distribuidores e estão presentes em diversas aplicações na indústria mundial. Na unidade de Itapeçerica, Minas Gerais, a Nacional de Grafite conta com um moderno centro de pesquisas e desenvolvimento, operado por uma equipe de profissionais altamente qualificados. Nesse centro, novos produtos e processos são desenvolvidos, sempre em sintonia com as necessidades do mercado. A FIG.6 mostra o organograma geral da empresa estudada.

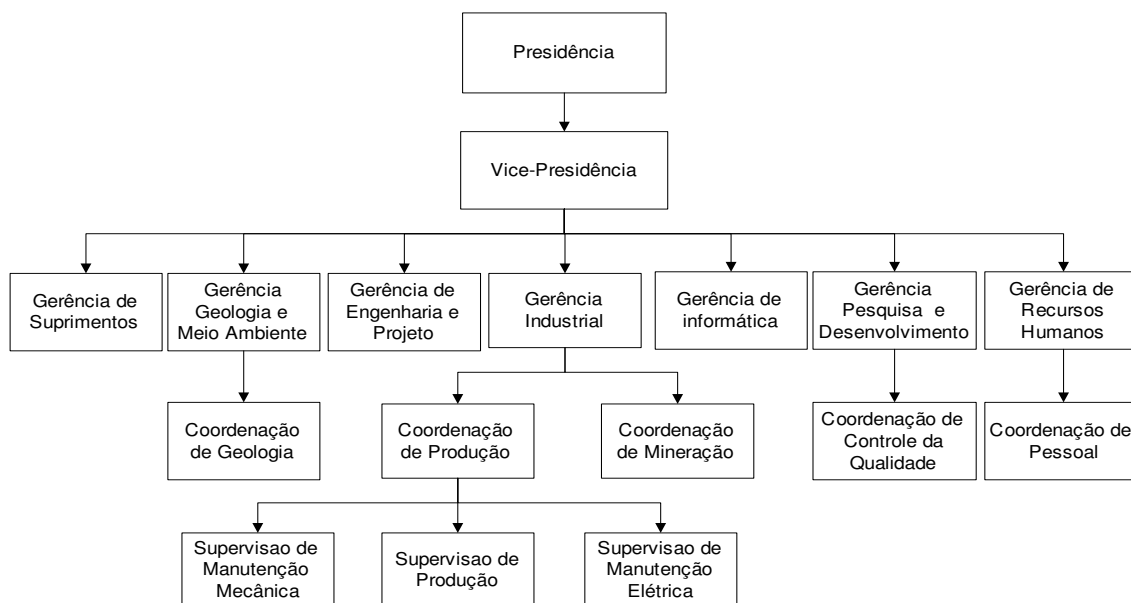


FIGURA 6 - Organograma da empresa
 FONTE: Nacional de Grafite Ltda.

5.4.1 Departamento de Produção

O setor de produção da Nacional de Grafite Ltda, unidade de Itapecerica é formado por cerca de 140 funcionários distribuídos em quatro níveis funcionais hierárquicos: Gerência, Coordenação, supervisão e operação. Na FIG.7 é possível visualizar o organograma da gerência industrial.

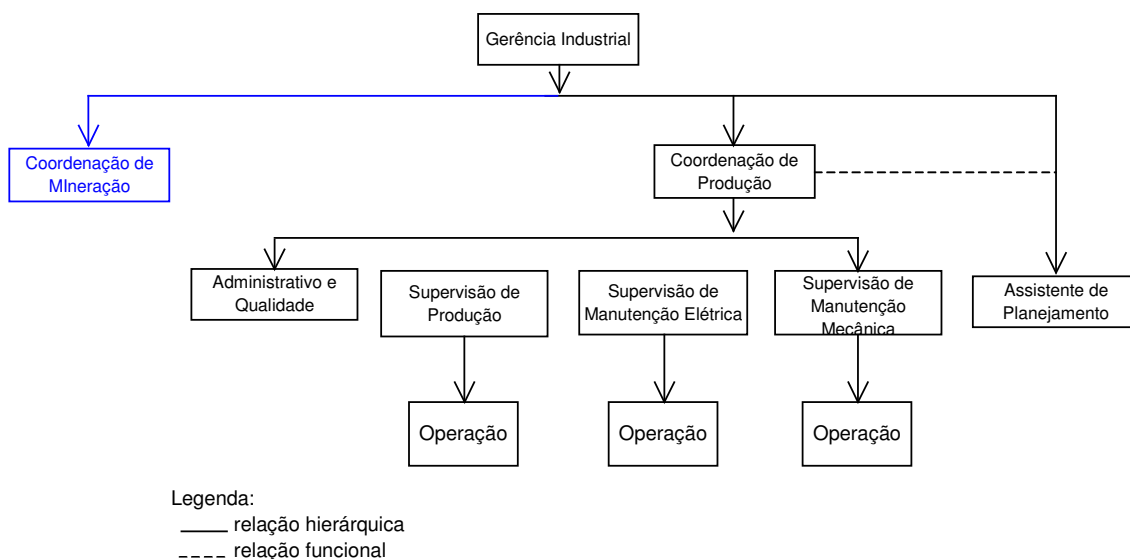


FIGURA 7 - Organograma da gerência industrial
 FONTE: Nacional de Grafite Ltda.

O acompanhamento do processo produtivo, além do pessoal de operação (chão-de-fábrica), é feito por uma equipe de pessoas especializadas, que estão aptas a tomarem decisões e ações necessárias para o bom andamento do processo. Todo o planejamento e controle da produção (PCP), desde a entrada do pedido de produção até o faturamento, é feito por um sistema ERP (*Enterprise Resource Planning* ou Planejamento dos Recursos do Empreendimento) através dos módulos integrados do programa computacional EMS, fornecido pela Datasul.

5.4.2 Linhas de Produtos

A empresa oferece uma linha completa de produtos os quais são desenvolvidos através de seu corpo técnico multifuncional, composto por profissionais de áreas como metalurgia, química, geologia e física.

Os produtos recebem uma nomenclatura criada pela NGL e distribuída em famílias de acordo com a área de aplicação. Abaixo temos as linhas de produto e sua aplicação mais usual:

- Supergraf - produto granulado
Ferro Cinzento, Ferro Nodular, Aços Especiais, Pastilhas e Sapatas de Freios.
- Graflake - produto lamelar
Refratários de Magnesita-Carbono, Refratários de Alumina-Carbono, Cadinhos, Refratários de Sistemas de Lingotamento Contínuo, Grafites Flexíveis para Gaxetas e Selantes.
- Grafmax - características mudadas conforme aplicação
Energia Portátil, Baterias Alcalinas Primárias, Baterias Secundárias – Baterias de Íon de Lítio, Células de Combustível.
- Grafexp - material expansível
Corta-Chamas, Retardantes de Incêndio, Grafites Flexíveis, Células de Combustível.
- Grafine - lamelar fino
Refratários de Magnesita-Carbono, Refratários de Alumina-Carbono, Revestimentos de Fricção, Pastilhas de Freios, Embreagens, Refratários Monolíticos, Peças Sinterizadas, Escovas Elétricas, Desmoldantes, Tintas Especiais, Lápis Preto, Plásticos.
- Micrograf - produto micronizado
Peças Sinterizadas, Escovas Elétricas de Carbono, Lápis Mecânico – Lapiseiras.
- Hidrograf - dispersão em água
Desmoldantes, Forjaria.

- Oilgraf - dispersão em óleo
Desmoldantes, Forjaria.
- Grafsolo - agricultura
Lubrificante de Sementes, Fertilizantes.

5.5 Execução do projeto

Este estudo tem como objeto as operações de moagem em uma indústria do ramo de mineração, onde quatro tipos de produtos são fabricados: Micronizado A, Micronizado B, Micronizado C, Micronizado D. Estes produtos são gerados a partir de matéria prima extraída nas minas de grafita, da própria empresa e vendidos para o mercado para a fabricação de Peças Sinterizadas, Escovas Elétricas de Carbono, Lápis Mecânico – Lapiseiras.



FIGURA 08 – Peça sinterizada
FONTE: Arquivo digital da empresa

Após a realização de um levantamento bibliográfico sobre o tema abordado no projeto, iniciou-se um processo de levantamento de dados para obtenção de informações e posterior análise de perdas. Todos os dados relacionados com horas paradas, horas operadas e quantidade produzida foram consultados através de

pesquisa realizada no banco de dados do sistema EMS. O levantamento de dados iniciou-se primeiramente com a classificação das paradas ocorridas durante o ano de 2008 através de um levantamento no programa de lançamentos de paradas por centro de trabalho (FIG.07), no módulo de chão-de-fábrica do sistema do sistema ERP da empresa estudada. Através deste módulo foi possível listar os tipos de parada, data de início e término e em seguida classifica-las dentro dos conceitos básicos para medição do OEE conforme citado por Hansen (2006), no referencial teórico deste projeto, onde mostra que estas paradas causam perdas no processo.

A eficiência e a adequada utilização dos equipamentos existentes nas linhas de produção dentro da fábrica são fundamentais para a obtenção dos níveis desejados de fabricação. Então, os esforços foram concentrados no sentido de identificar as perdas, para estudar formas de eliminação destas, maximizar a produção dos produtos acima citados, oferecendo a possibilidade da fábrica aumentar sua produção para melhor atender aos clientes desta linha de produtos, utilizando-se da melhor forma possível os recursos disponíveis na indústria e reduzindo os custos globais de fabricação de grafite natural cristalino micronizado.

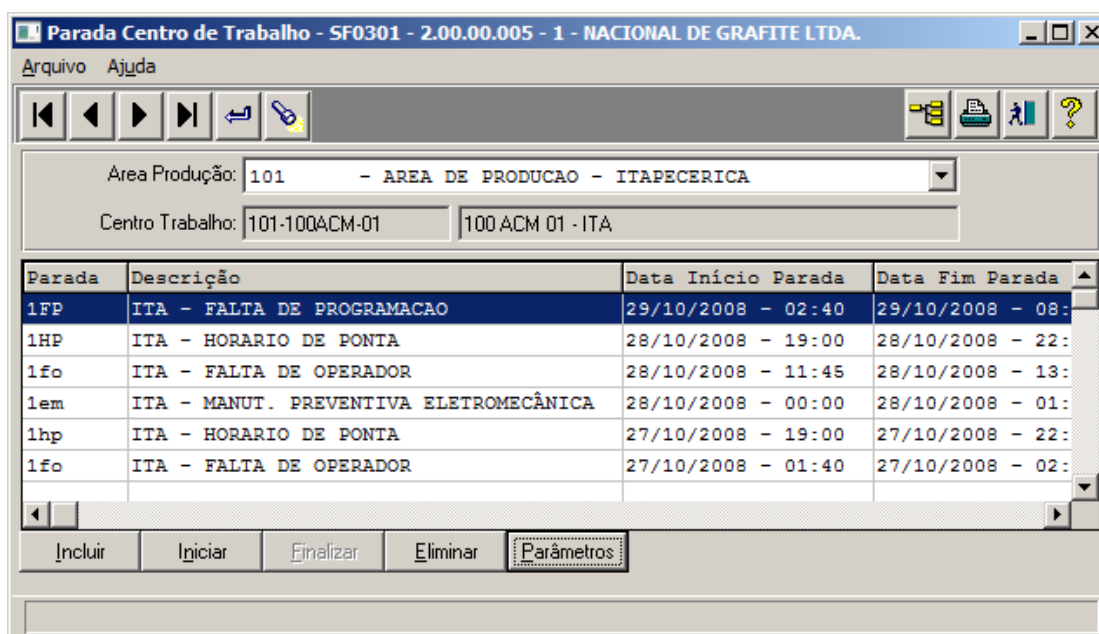


FIGURA 09 – Tela programa de lançamentos de paradas.
 FONTE: Módulo de chão-de-fábrica sistema EMS.

5.5.1 Aplicação do OEE

Segundo Hansen (2006), o OEE ou índice de eficiência global dos equipamentos é uma ferramenta que expõe a eficácia do processo (produzir produtos com qualidade na velocidade ideal).

A quantidade de peças gerada por produto, quantidade de unidades sucateadas, informações dos tempos de ciclo real e ideal por produto, tempos de parada do centro de trabalho, tempo de produção por produto, início e término do horário de trabalho por produto, data de produção e nome ou código do produto, são informações necessárias a serem coletadas para iniciar a análise do OEE, tornando possível o planejamento de ações de melhoria no centro de trabalho.(HANSEN, 2006).

5.5.2 Tempo de ciclo ideal

Segundo Hansen (2006), o tempo de ciclo ideal é aquele que chamamos de taxa de velocidade ideal. É o melhor tempo do ciclo para a linha gargalo de produção. Pode também ser considerado como a melhor taxa de velocidade de uma linha de produção.

A capacidade instalada de um determinado equipamento é definida no momento da aquisição, com base nas necessidades de produção para que não haja superdimensionamento nem subdimensionamento de capacidade.

Partindo da capacidade instalada do centro de trabalho, moinho ACM, foi possível calcular o tempo de ciclo ideal, ou tempo de ciclo padrão, para cada um dos quatro produtos gerados neste equipamento durante o ano de 2008.

A TAB. 3 mostra o tempo de ciclo padrão para cada um dos produtos produzidos no moinho ACM.

TABELA 3 – Tempos de ciclo padrão por produto

Produto	Tempo de ciclo ideal ou tempo de ciclo teórico (h/kg)
Micronizado A	0,002000
Micronizado B	0,001818
Micronizado C	0,001818
Micronizado D	0,001613

FONTE: Banco de dados do sistema de gerenciamento da produção

5.5.3 Tempo de ciclo real ou realizado

Para Hansen (2006), o tempo de ciclo real pode ser calculado através da fórmula:

$$\frac{\text{Tempo de operação real}}{\text{Volume produzido}} = \text{Tempo de ciclo real}$$

É aquele tempo conhecido como taxa de velocidade real. É o tempo realizado por ciclo para a linha gargalo de produção. Pode também ser considerado como a taxa realizada de velocidade de uma linha de produção. A diferença entre o tempo de ciclo ideal e tempo de ciclo real é conhecida como perda de velocidade. Segundo Hansen (2006), esta perda ocorre pelo equipamento estar operando a uma taxa menor que a taxa de velocidade ideal, para um determinado tipo, tamanho ou família de produto.

Para chegar ao valor do ciclo real, foi realizado um levantamento de produção por tipo de grafite micronizado, horários de início e término dos tempos de cada operação gastos na fabricação de cada um destes produtos, durante o ano de 2008. Em seguida foi executado o cálculo do tempo de ciclo real.

Exemplo de cálculo de ciclo real:

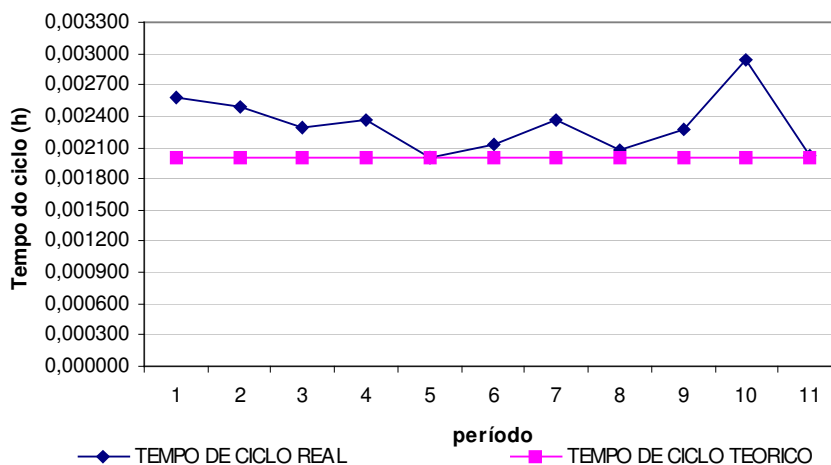
Durante o mês de outubro/08 a produção do Micronizado “A” foi de 33.230,00 kg e o tempo utilizado para esta produção foi de 75,21h. A partir destes dados foi possível realizar o cálculo do ciclo real em seguida comparar com o ciclo ideal deste produto que é de 0,002000 h/kg.

- Ciclo real = $75,21 / 33.230,00 = 0,002315$ h/kg
- Ciclo ideal = 0,002000 h/kg

- Perda = $0,002315 - 0,002000 = 0,00032$ h/kg

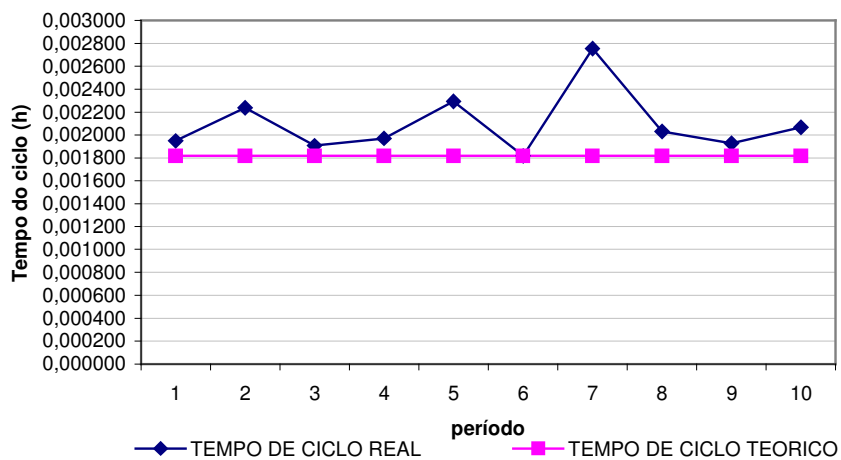
Os gráficos GRAF. 2; GRAF. 3; GRAF. 4 e GRAF. 5 mostram as diferenças entre ciclos, teórico e real, em cada produto gerado durante o ano de 2008, no moinho ACM.

GRÁFICO 2 – Tempos de ciclo do micronizado A – Moinho ACM



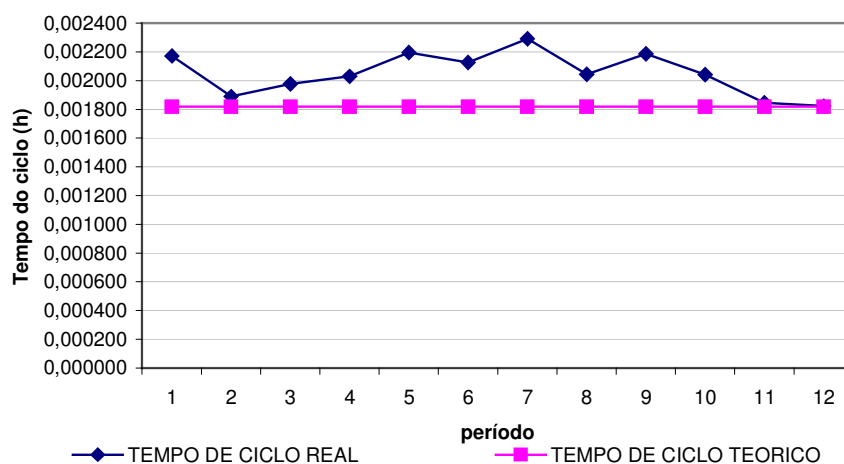
FONTE: levantamento de dados do autor

GRÁFICO 3 – Tempos de ciclo do micronizado B – Moinho ACM



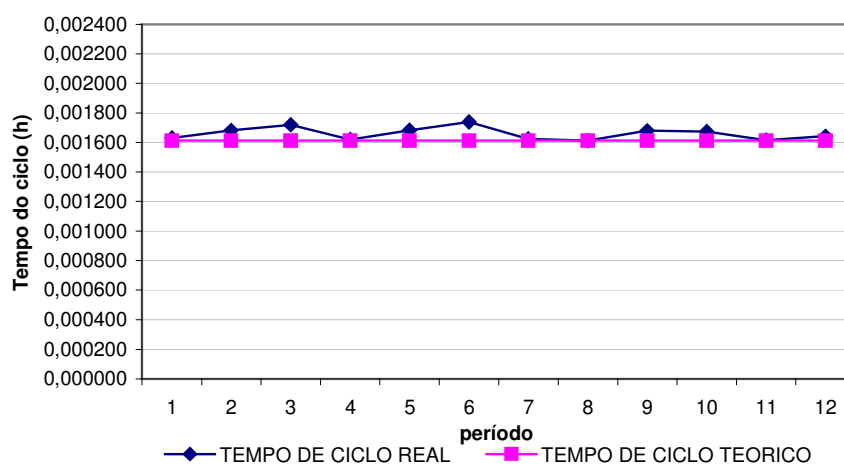
FONTE: levantamento de dados do autor

GRÁFICO 4 – Tempos de ciclo do micronizado C – Moinho ACM



FONTE: levantamento de dados do autor

GRÁFICO 5 – Tempos de ciclo do micronizado D – Moinho ACM



FONTE: levantamento de dados do autor

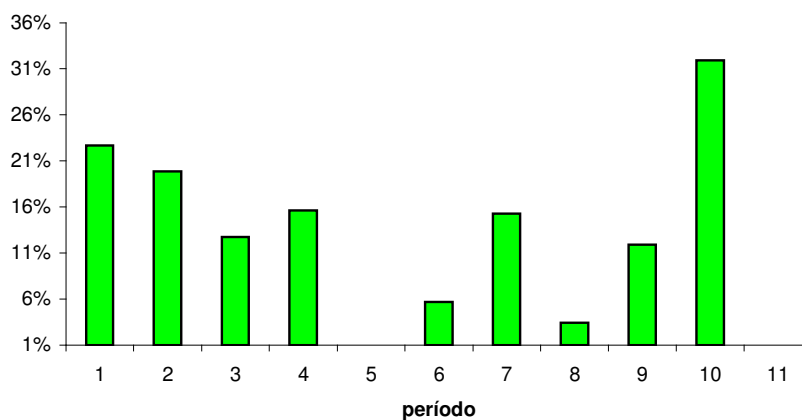
Hansen (2006) diz que as diferenças entre ciclo o ciclo ideal e ciclo real de produção são as perdas do processo por redução de velocidade, as quais interfere diretamente no índice de eficiência de performance ou também conhecida como taxa de velocidade operacional do processo.

5.5.4 Performance do sistema

Na visão de Hansen (2006), a etapa de análise das perdas normalmente é uma etapa onde acontece a sinergia entre o índice de eficiência global e outros parâmetros-chave.

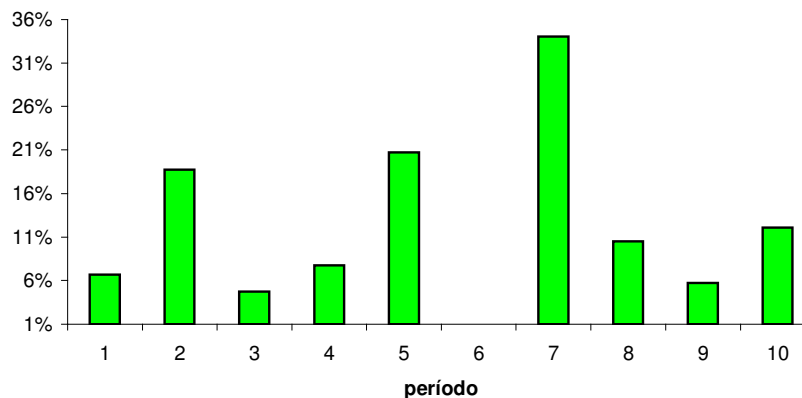
Durante a fase de análise das perdas, “o registro detalhado da performance do equipamento auxiliará a identificar as principais causas raízes das limitações” (HANSEN, 2006). Nos GRAF. 6, GRAF. 7, GRAF. 8 e GRAF. 9 é possível visualizar as perdas de performance por produto, no centro de trabalho estudado.

GRÁFICO 6 – Perda de performance Micronizado A



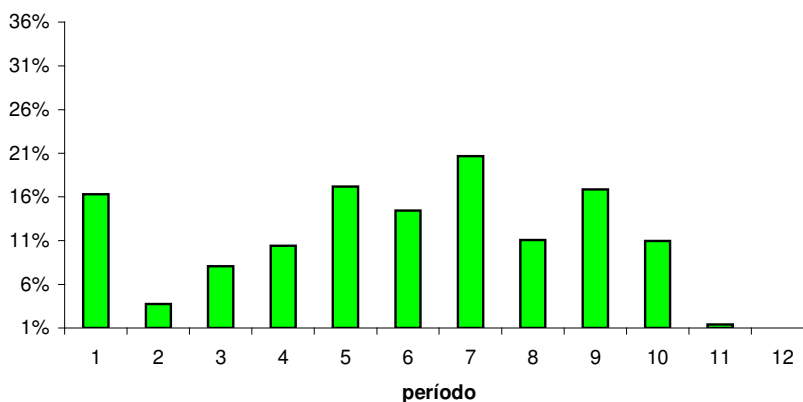
FONTE: levantamento de dados do autor

GRÁFICO 7 – Perda de performance Micronizado B



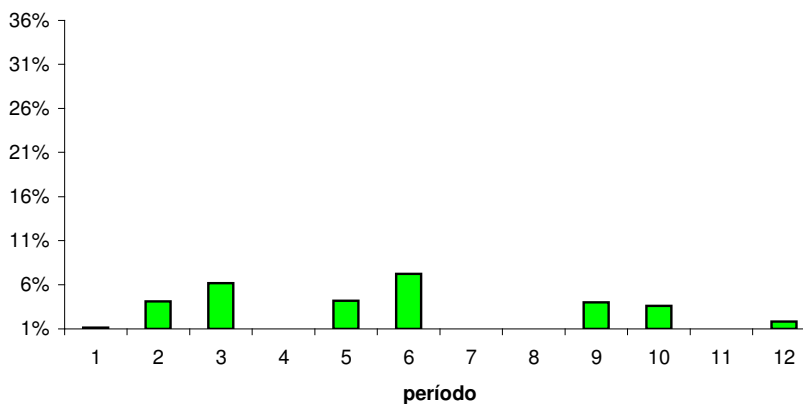
FONTE: levantamento de dados do autor

GRÁFICO 8 – Perda de performance Micronizado C



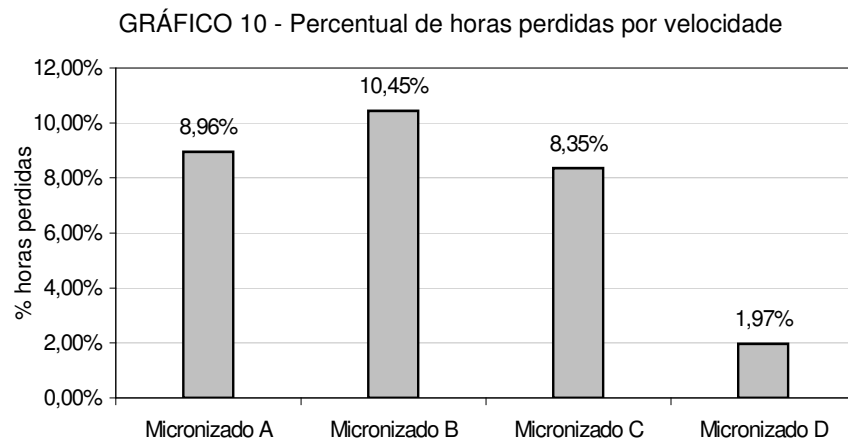
FONTE: levantamento de dados do autor

GRÁFICO 9 – Perda de performance Micronizado D



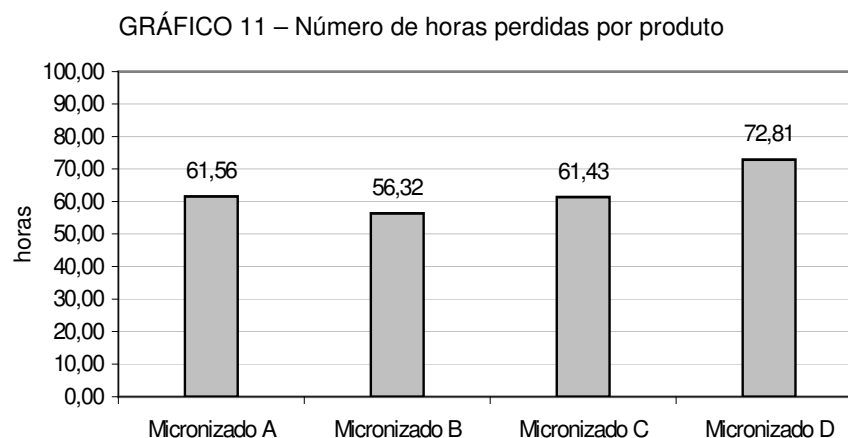
FONTE: levantamento de dados do autor

No GRAF. 10, com base na diferença entre o número de horas programadas e as horas realmente gastas, foi possível visualizar o percentual de horas perdidas por produto no centro de trabalho, durante o ano de 2008.



FONTE: levantamento de dados do autor

Foi quantificado o número de horas perdidas pela redução da velocidade, conforme mostra o GRAF. 11.



FONTE: levantamento de dados do autor

Analisando as perdas por produto, verifica-se que o produto Micronizado B (GRAF. 10) apresentar o maior índice de perdas, porém foi no produto Micronizado D (GRAF. 11) que ocorreu o maior número de horas perdidas no ano (72,81h), isso ocorreu devido ao número de horas operadas na geração de produto do tipo Micronizado D ter sido superior ao de B.

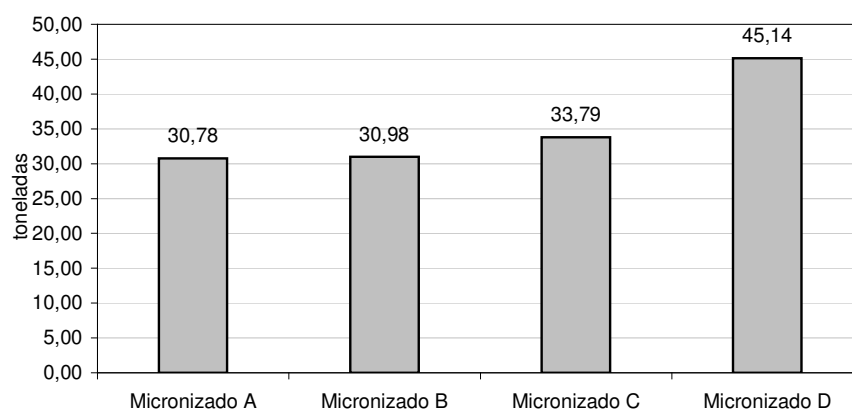
Com base na capacidade de produção de cada produto e o número de horas perdidas, foi calculada a não-produção, ou seja, a quantidade de cada produto que poderia ser produzida além do que foi realizado no ano de 2008, no centro de

trabalho em estudo. Abaixo é mostrado um exemplo do cálculo para quantificação da perda para o produto Micronizado D.

Dados:

- Tempo de ciclo teórico: 0,001613 h/kg
- Número de horas perdidas: 72,81 h
- Fórmula: número de horas perdidas / Tempo de ciclo teórico = $72,81 / 0,001613 = 45,14$ t, conforme mostra o GRAF. 12.

GRÁFICO 12 – Não produção por redução de velocidade



FONTE: levantamento de dados do autor

5.5.5 Índice de Qualidade

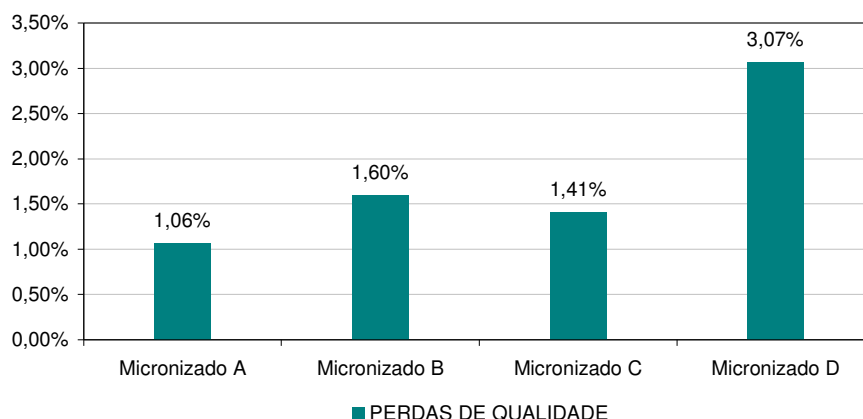
Para Souza (2009), um dos oito pilares em que a Manutenção Produtiva Total está apoiada é conhecido como manutenção da qualidade e confiabilidade que busca dar suporte as áreas, para que possam produzir mais peças e com qualidade, “Quebra Zero” no equipamento e “Zero Defeito” no produto.

O índice de qualidade do produto gerado é uma das variáveis que afetam diretamente o índice de eficiência global do equipamento e deve ser monitorado constantemente. A taxa de qualidade é medida através da divisão do número de peças boas pela quantidade total dos produtos fabricados.

A empresa estudada tem como meta um índice máximo de produtos fora do especificado de 3%. Nota-se que apenas o produto micronizado D, apresentou índice superior ao definido pelo indicador de qualidade.

No GRAF. 13 é possível visualizar os índices de perdas por qualidade de cada produto produzido no processo de micronização do moinho ACM.

GRÁFICO 13 – Percentual de perdas por não-qualidade



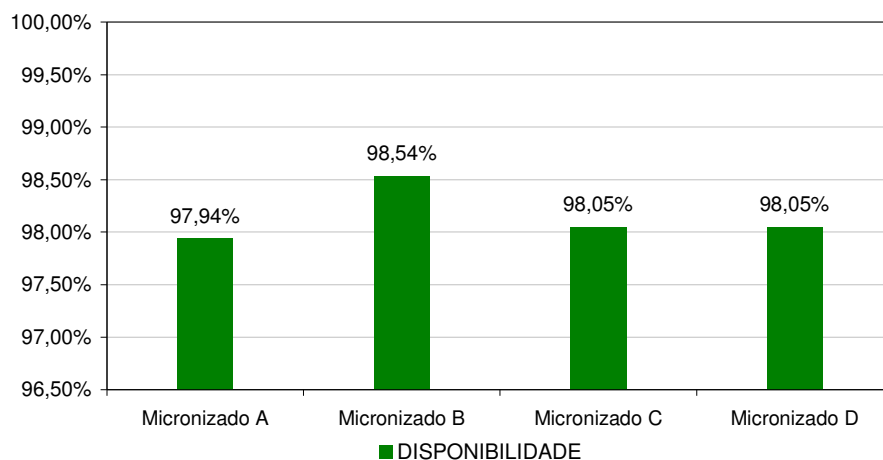
FONTE: levantamento de dados do autor

5.5.6 Índice de Disponibilidade

Para Santos (2008), a disponibilidade é o percentual de tempo que um equipamento ou instalação ficou à disposição para o desempenho de sua função nominal. É o tempo que o equipamento funcionou em sua perfeição, desconsiderando os períodos em que ficou parado em manutenção ou por qualquer outro motivo.

Assim sendo, foram calculados os índices de disponibilidade do equipamento para cada produto. Para realização do cálculo foi utilizado o tempo de carga disponível para cada produto, deduzindo as paradas para manutenção, tanto corretivas como preventivas, em seguida dividindo o valor encontrado pelo tempo de carga. O GRAF. 14 exibe os índices de disponibilidade do centro de trabalho para cada um dos produtos estudados.

GRÁFICO 14 – Disponibilidade moinho ACM - 2008

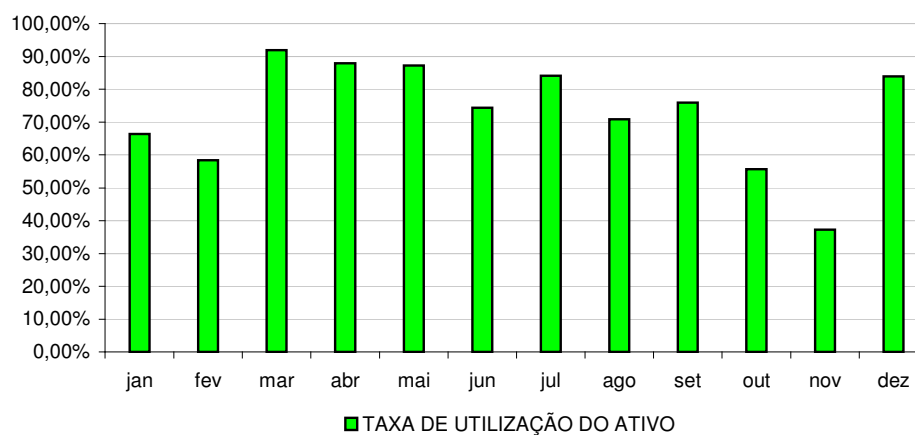


FONTE: levantamento de dados do autor

5.5.7 Taxa de Utilização do Ativo

Sendo a TEEP uma ferramenta de análise do potencial de capacidade em qualquer indústria, foi calculada a taxa de utilização do ativo. O GRAF. 15 exibe o percentual de utilização do ativo durante o ano de 2008.

GRÁFICO 15 – Utilização do Ativo (Moinho ACM) em 2008

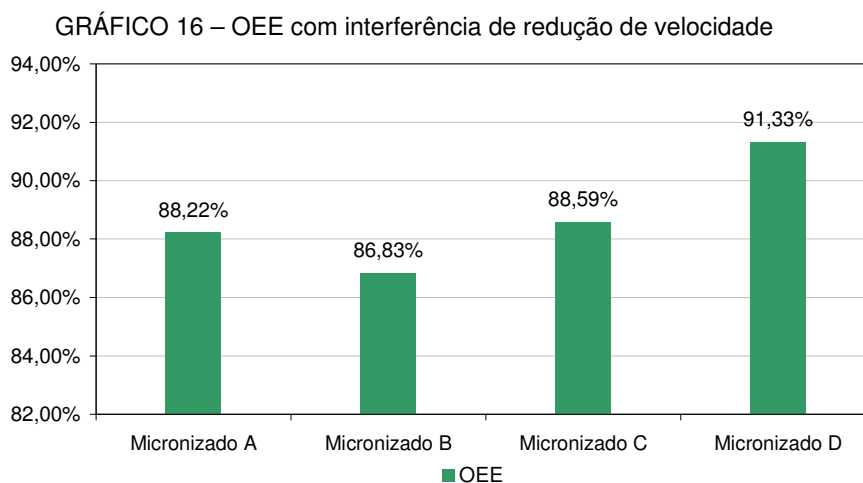


FONTE: levantamento de dados do autor

5.5.8 Índice de Eficiência Global – OEE

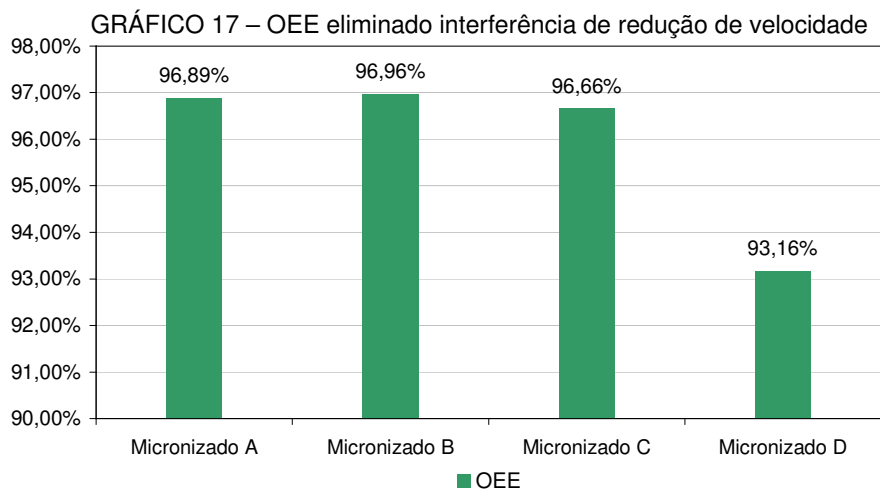
Segundo Hansen (2006), o índice de eficiência global dos equipamentos é uma ferramenta que expõe a eficácia do processo (produzir produtos com qualidade na velocidade ideal).

A meta do OEE para o equipamento em estudo, durante o ano de 2008, era de 92,15%, sendo estipulado um índice de 95% de disponibilidade, 97% de qualidade e 100% de eficiência em relação ao ciclo ideal do produto. Observando o GRAF. 16 nota-se que nenhum dos produtos gerados neste equipamento atingiu a meta.



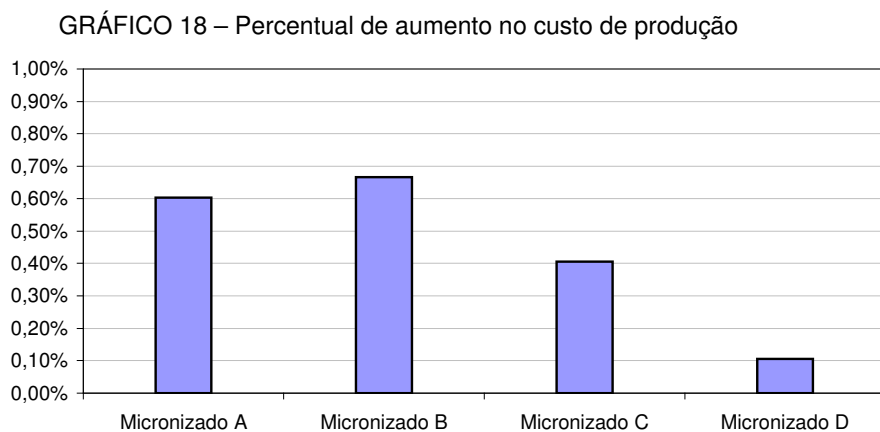
FONTE: levantamento de dados do autor

Foram desconsideradas as perdas vindas da redução de velocidade do equipamento, ou seja, considerado o equipamento produzindo em condições do ciclo ideal para cada produto, em seguida calculado o novo índice de eficiência global – OEE, chegando assim a resultados satisfatórios com relação à meta proposta (GRAF. 17).



FONTE: levantamento de dados do autor

Após a identificação e quantificação de perdas, tornou-se possível à realização de uma análise de custo dessas perdas ocasionadas pela redução de velocidade. Com base no custo de produção de cada produto foi calculado o impacto causado pelas perdas. O GRAF. 18 apresenta o percentual de aumento no custo do produto, causado pela redução de velocidade do centro de trabalho estudado.



FONTE: levantamento de dados do autor

CONCLUSÃO

O presente trabalho abordou sobre a utilização do indicador de eficiência global de equipamentos, o OEE, como ferramenta para identificação de perdas no processo e conseqüentemente o aumento de produtividade, sendo esta uma ferramenta de gestão e melhoria contínua do processo produtivo. Teoricamente, acredita-se que o aumento da produtividade da empresa é diretamente proporcional ao aumento do índice de eficiência global - OEE. Alinhado a este raciocínio, o principal objetivo do trabalho foi comprovar, através de um estudo de caso, no setor de micronização de grafite natural cristalino, dentro da produção, que as perdas realmente interferem diretamente no resultado da empresa e o uso de indicadores auxilia na tomada de decisão na cadeia produtiva.

O estudo possibilitou a visualização de perdas no processo produtivo, ocasionadas pela redução de velocidade do equipamento em estudo. O cálculo de tais perdas se tornou possível após um estudo realizado com base nas informações retiradas do banco de dados da empresa.

O objetivo deste projeto foi alcançado uma vez que foram identificadas e valorizadas as perdas ocorridas no processo e sua influência no sistema, mostrando que a eficiência e a utilização correta de um ou mais equipamentos são fundamentais para atingir níveis desejados de fabricação. Mesmo apresentando uma certa ociosidade com relação à utilização do ativo, a empresa ganharia em capacidade produtiva, possibilitando, por exemplo, a redução do número de equipamentos.

Os resultados apresentados podem ser considerados como sendo um diferencial com relação à concorrência, uma vez eliminado tais perdas, torna razoável a oferta destes produtos a preços menores que o ofertado atualmente ou até mesmo a maximização dos lucros para esta linha de produtos.

REFERÊNCIAS

BLUMENAUER, H.; PUSCH, G. **Mecânica Técnica de Fratura**. Editora: VEB Deutscher Verlag für Grundstofftechnik, Leipzig, 1982.

COX III, F.F.; SPENCER, M. S. **Manual da Teoria das Restrições**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CHECOLI, P. F. MONTEIRO, A.V. **A teoria das Restrições como Recurso para a Excelência da Gestão da Manufatura**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XX. São Paulo, 2000.

DUARTE, Maria Alzira. **Grafita Natural**. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/SumarioMineral2008/grafita.pdf> >. Acesso em: 01 out. 2009.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia**. São Paulo: Saraiva, 2001.

FERNANDES, Alexandre Rodrigues. **Manutenção Produtiva Total: Uma Ferramenta Eficaz na Busca da Perda-Zero**. Itajubá: UNIFEI, 2005. 18p.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: Mais do que simplesmente Just-in-Time**. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

HANSEN, Robert C. **Eficiência Global dos Equipamentos: Uma Poderosa Ferramenta de Produção/Manutenção para o Aumento dos Lucros**; tradução Altair F. Klippel. Porto Alegre: Bookman, 2006.

INVERNIZZI, Gerson, O Sistema Lean de Manufatura aplicado em uma indústria de auto-peças produtora de filtros automotivos, Campinas, 2006. 99 pgs.

JOHNSON, T. **Relevância recuperada** – RJ, Editora Campus, 1992.

MOAGENS FINA E ULTRAFINA DE MINERAIS INDUSTRIAIS: UMA REVISÃO. Série Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro n.75, 1999.

MODERNO DICIONÁRIO DA LINGUA PORTUGUESA. Disponível em < <http://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em 02 out. 2009.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. IMC Internacional Sistemas Educativos. 1989.

NEUBERT, H. **Estudo de tensões e cortes**. Editora: Springer, Berlin, 1985.

OHNO, Taüchi. **Toyota Production Sistem: Beyond Large-scale production.** Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1988.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala,** Porto Alegre, Editora Bookman, 1997.

OLIVEIRA, Silvio Luiz de Oliveira. **Tratado de Metodologia Científica: Projetos de Pesquisas, TGI, TCC, Monografias, Dissertações e Teses.** 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1997.

SANTOS, Ana C. O; SANTOS, MARCOS J. **Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura – um estudo de caso.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXVII, 2007, Foz do Iguaçu – PR.

SANTOS, João Carlos. **Índice de Disponibilidade de Equipamentos: Considerações sobre as metodologias de cálculo e produção de resultados.** Disponível em: <<http://www.sigga.com.br/noticias2.php?l=1&id=137> > acesso em 29 out. 2009.

Segundo o Glossário financeiro <http://www.igf.com.br/aprende/glossario/glo_Resp.aspx?id=507>. Acesso em: 04 out. 2009.

SHINGO, Shigeo. **Study of Toyota Production System from industrial engineering viewpoint.** Tokyo, Japan Management Association, 1981.

SHINGO, Shigeo. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System.** Cambridge, Massachusetts: Productivity Press, 1987.

SHINGO, Shigeo. **Non-stock production: the Shingo system for continuous improvement.** Cambridge, Massachusetts: Productivity Press, 1988.

SHIROSE, K. **TPM New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries.** Japan Institute of Plant Maintenance. Tokyo, 2000.

SLACK, N. **Vantagens Competitivas em Manufatura: Atingindo Competitividade nas Operações Industriais.** São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA, Valdir Cardoso. **Organização e Gerenciamento da Manutenção,** terceira edição, São Paulo: 2009.

WILLMOT, Peter, Total Quality With Teeth, **The TQM Magazine,** MCB University Press, 1994, Vol. 6, No. 4, pp. 48-50.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman. 2005.