



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE
SERGIPE - FANESE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

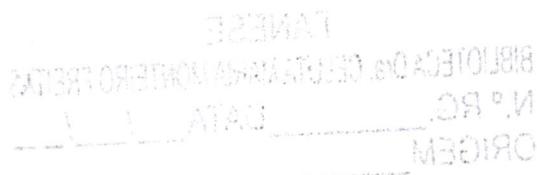
JOSÉ LUISMAR DE SOUSA

**OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO
PREVENTIVA DA UNIDADE OPERACIONAL TAQUARI
VASSOURAS**

**Aracaju – Sergipe
2009-1**

JOSÉ LUISMAR DE SOUSA

**OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO
PREVENTIVA DA UNIDADE OPERACIONAL TAQUARI
VASSOURAS**



Monografia apresentada à Coordenação de Engenharia de Produção da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe - FANESE, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Esp. Josevaldo dos Santos Feitoza

Coordenador: Prof. Dr. Jefferson Arlen Freitas

**Aracaju – Sergipe
2009-1**

FANESE
BIBLIOTECA Dra. CELITA MARIA MONTEIRO FREITAS
N.º RG. _____ DATA ___/___
ORIGEM _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Sousa, José Luismar de

Otimização do sistema de manutenção preventiva da unidade operacional Taquari Vassouras / José Luismar de Sousa. – 2009

60f.: il.

Monografia (graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe, 2009.

Orientação: Profº. Esp. Josevaldo dos Santos Feitoza

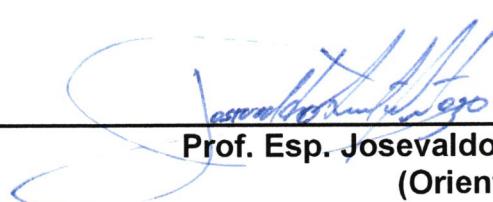
I. Título
1. Manutenção 2. Otimização 3. Produção

CDU 658.5.012.7

JOSÉ LUISMAR DE SOUSA

**OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO
PREVENTIVA DA UNIDADE OPERACIONAL TAQUARI
VASSOURAS:**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito parcial para cumprimento do trabalho de conclusão de curso e elemento obrigatório para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção, no período de 2009.1


**Prof. Esp. Josevaldo dos Santos Feitosa
(Orientador)**


**Profª. MSc. Helenice Leite Garcia
1º Examinador**

**Prof. MSc. Luiz Adeildo da silva Júnior
2º Examinador**

Aprovado (a) com média _____

Aracaju (SE), _____ de _____ de 2009

Dedico este trabalho principalmente à minha família e aos meus pais, que comandaram meus passos, que não pouparam esforços para poder deixar a seus filhos o seu maior legado, que nunca poderá ser subtraído ou dilapidado: o grande apreço pelo saber e o zelo pela integridade do caráter.

“Acredito nas oportunidades de ação social significativa e de política transformadora, sem necessariamente derivar para as corredeiras fatais de utopias absolutas. E acredito, sim... que observar, analisar e teorizar é um modo de ajudar a construir um mundo diferente e melhor.”

Manuel Castells

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pela vida, pela presença nos momentos de felicidades e de provação, pela força e coragem para transpor as dificuldades colocadas durante a escalada para o alcance de um objetivo.

A minha esposa Nihedja Maia e meus dois filhos Jhonata e Matheus, que sempre esteve ao meu lado me incentivando perante as barreiras que apareciam no árduo caminho da formatura, principalmente, nas de maior dificuldade.

A meus pais José Augusto e Maria Gomes, que apesar das dificuldades, me proporcionaram uma educação de qualidade.

A minha sogra Ivonete Maia, e meu sogro Manuel Maia (in memorian), pelo incentivo constante e carinho com que sempre me distinguiu.

Aos meus irmãos, amigos e familiares que, durante estes cinco anos, estiveram sempre ao meu lado, dando força para não desistir.

Aos colegas da faculdade, ou irmandade dos estudos, que sempre manteve a turma de forma homogênea e envolvida.

Ao meu orientador, Professor Josevaldo dos Santos Feitoza, a Profa. MSc. Helenice Leite Garcia e o professor Marcos Aguiar, pelo apoio e dedicação dispensados.

Em fim, a todas essas pessoas aqui citadas, muito obrigado por acreditarem que poderia ir mais longe. Tenho certeza de que quando olhar para traz lembrarei da importância que cada um teve nessa minha vitória.

RESUMO

O aumento da concorrência e busca por novos mercados, cenário típico da atual economia globalizada, tem estimulado a busca pela qualidade total em serviços, produtos e gerenciamento ambiental por parte das grandes corporações empresariais com o objetivo de melhor servir seus clientes. Neste contexto, o gerenciamento das unidades produtivas, do setor industrial principalmente, com eficácia desejada é ponto crucial e perpassa pelo sistema de manutenção adotado. Na Companhia VALE, especificamente, o desenvolvimento de sistemas de manutenção adequados é revisado periodicamente, pois para adquirir o status de liderança mundial no setor de mineração esta empresa certamente necessita de um atualizado e eficiente sistema de manutenção da operação de mineração e beneficiamento dos seus produtos. E, para isso, faz-se necessária uma abordagem ampla de um dos alicerces dos sistemas de gestão da qualidade: o sistema de manutenção. A necessidade de manutenção de equipamentos industriais (ou equipamentos de auxílio à produção de bens de consumo) bem como a sua prática, embora despercebidas, sempre existiram, mesmo nas épocas mais remotas. Na Unidade Operacional Taquari-Vassouras da Companhia VALE existe, atualmente, um plano periódico de manutenção preventiva dos equipamentos Marietta e Shuttle-cars, que, quando em execução, para cada painel de mineração por cinco dias. Este é o principal problema encontrado, ou seja, o tempo de parada da lavra em virtude da manutenção dos equipamentos. Minimizar este tempo acarretaria apreciável aumento de lavra, ou seja, de produção, e, consequentemente, maior margem para alcance de metas e lucratividade para a empresa. Propor uma alternativa de otimização do sistema de manutenção do processo de operação do minerador contínuo da lavra e dos Shuttle-cars da VALE é, portanto, o principal objetivo deste trabalho. Neste, foi observado que o modelo proposto para otimização do sistema de manutenção preventiva apresenta pertinência técnica, visto que há, atualmente, uma má distribuição de mão de obra por tempo demandado para a manutenção dos equipamentos de mineração. Esta proposta de otimização, principalmente, mostrou ser capaz de oferecer um ganho financeiro final em torno de 23 milhões por cada parada da mina para manutenção. Desta forma, com a implantação do modelo de manutenção proposto, haveria ganho de produção, melhor escalonamento de operadores e, consequentemente, um ganho de satisfação operacional por parte dos trabalhadores, e estaria cumprida a meta da empresa em desenvolver periodicamente novos métodos de manutenção.

Palavras-chave: Manutenção. Otimização. Produção.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Marietta	21
Figura 02 – Shuttle-Car	21
Figura 03 – Alimentadores-quebradores - (Feed-break)	21
Figura 04 – Esquema de desmonte	22
Figura 05 – Esquema de descarregamento	22
Figura 06 – Representação esquemática de perdas	26
Figura 07 – Os principais tipos de manutenção industrial	29
Figura 08 – Avarias de equipamento em função de seu tempo de vida	30
Figura 09 – Evolução técnica de manutenção industrial	33
Figura 10 – Fatores que influenciam o sucesso de implatação do TMP na indústria.....	34
Figura 11 – Tempo médio entre falhas (MTBF)	39
Figura 12 – Projeto de lavra	49
Figura 13 – Projeto de lavra atual	50
Figura 14 – Projeto de lavra modificada	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Programação das OS's(Ordem de Serviço) a serem executadas	43
Tabela 02 – Tabela de Backlog	47
Tabela 03 – Média do tempo de execução e quantidade de pessoas	48
Tabela 04 – Resultado de produção para 05 dias parados	52
Tabela 05 – Resultado de produção para 02 dias parados	52
Tabela 06– Tabela de comparação	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Comparação do DF de SC's em função Produtividade	41
Gráfico 02 – Comparação de perda de produção.....	53
Gráfico 03 – Comparação entre desmonte, meta e ganho produção	53
Gráfico 04 – Utilização da mão-de-obra (%).....	54
Gráfico 05 – Minério desmontado (t).....	55
Gráfico 06 – Produtividade da lavra (t/h)	55
Gráfico 07 – Índice de excelência da manutenção (%).....	56
Gráfico 08 – Horas de manutenção preventiva (h)	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Cronograma mensal de manutenção	44
Quadro 02 – Cronograma semanal de manutenção	51

SUMÁRIO

RESUMO	07
LISTA DE FIGURAS	08
LISTA DE TABELAS	09
LISTA DE GRÁFICOS	10
LISTA DE QUADROS	11
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	14
1.2 Justificativa	14
1.3 Histórico da empresa	16
1.3.1 Processo de mineração na Unidade Taquari Vassouras	18
1.3.2 Sistema de manutenção Existente na Vale	23
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
2.1 Perdas Zero	26
2.2 Manutenção	28
2.3 Tipos de Manutenção Preventiva	28
2.4 Manutenção Corretiva	32
2.5 Estudo dos indicadores de manutenção	36
2.5.1 IMO – Utilização de mão-de-obra	37
2.5.2 IMP – Indicador de manutenção planejada	37
2.5.3 MTBF – Mean time between Failures	38
2.5.4 MTTR – Mean time repair	39
2.5.5 Disponibilidade física	39
2.6 Fatores que impactam na produtividade	40

3 METODOLOGIA	42
3.1 Programação semanal da manutenção	42
3.2 Cronograma mensal da manutenção	44
3.3 Atividades de apoio	45
3.4 Realização da manutenção preventiva	45
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	46
4.1 Proposta da Otimização do Sistema de Manutenção	46
4.2 Criação do Backlog	46
4.3 Banco de dados	47
4.4 Resultados	51
4.5 Conclusões obtidas da análise sobre indicadores de manutenção e produção	54
4.5.1 Utilização da mão-de-obra	54
4.5.2 Minério desmontado	54
4.5.3 Produtividade da lavra	55
4.5.4 Excelência da manutenção	55
4.5.5 Horas de manutenção preventiva	56
4.5.6 Disponibilidade física dos equipamentos	56
5 CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

Com a globalização da economia e o aumento da concorrência e busca por mercados, a qualidade total em serviços, produtos e gerenciamento ambiental passou a ser a meta das grandes corporações industriais, objetivando melhor servir os clientes. E, para isso, faz-se necessária uma abordagem ampla de um dos alicerces dos sistemas de gestão da qualidade: o sistema de manutenção.

Como há a necessidade de gerenciamento adequado do sistema de manutenção por todas as grandes empresas do setor industrial, na Companhia VALE não é diferente. Esta, para adquirir o status de liderança mundial no setor de mineração, certamente necessita de um atualizado e eficiente sistema de manutenção da operação de mineração e beneficiamento dos seus produtos.

A necessidade de manutenção de equipamentos industriais (ou equipamentos de auxílio à produção de bens de consumo) bem como a sua prática, embora desapercebida sempre existiu, mesmo nas épocas mais remotas. Essa necessidade começou a ser conhecida com o nome de manutenção por volta do século XVI, na Europa central juntamente com o surgimento do relógio mecânico, quando surgiram os primeiros técnicos em montagem e assistência.

A manutenção se expandiu ao longo da Revolução Industrial e se firmou como necessidade absoluta durante a Segunda Guerra Mundial. No princípio da reconstrução pós-guerra, Inglaterra, Alemanha, Itália e, principalmente, o Japão alicerçaram seu desempenho industrial nas bases da engenharia e manutenção de seus equipamentos.

Nos últimos anos, com a intensa concorrência, os prazos de entrega dos produtos passaram a ser relevantes para todas as empresas. Com isso, surgiu a motivação para se prevenir que máquinas e equipamentos tivessem eventuais e possíveis falhas inerentes ao uso frequente. Essa motivação deu origem à manutenção preventiva.

Em suma, apenas nos últimos vinte anos é que tem havido preocupação de técnicos e empresários para o desenvolvimento de técnicas específicas com o objetivo de melhorar o complexo sistema Homem/Máquina/Serviço. No Brasil, o planejamento e a programação da manutenção foram introduzidos durante meados dos anos 60.

A operação de um sistema de mineração requer algumas etapas básicas, e todas necessitam do auxílio de máquinas, seja em menor ou maior porte.

A mineração é do tipo subterrâneo com a profundidade variando entre 430m a 640m. A mina opera com dois poços, sendo um para serviços e transporte de pessoal e o outro somente para o escoamento da produção. O método de lavra utilizado é o de câmaras e pilares (painéis), que são abertas por mineradores contínuos e Shuttle-Cars (caçambas). Correias transportadoras conduzem o minério desmontado até o poço de extração, que conduz o minério até a superfície.

O teor médio na alimentação da usina é de 92% de KCl e a recuperação média é de 33% em produto. O cloreto de sódio não aproveitado é lançado ao mar por um salmouroduto após a dissolução.

Portanto, há a vasta utilização de equipamentos que, para o bom andamento do processo, necessitam de manutenção preventiva e eventualmente corretiva.

Este modelo de processo evidencia a real necessidade de um bom planejamento do sistema de manutenção que, por sua vez, mostra-se como principal objetivo da Gerência Geral de Fertilizante (GAFEW) da Unidade Operacional Taquari-Vassouras (UOTV) da Companhia Vale.

A função da manutenção, no contexto geral da VALE, visa primeiramente manter as instalações e equipamentos de produção dentro de seus parâmetros de controle. Esta função é estratégica para a empresa produzir o máximo com os ativos existentes dentro dos limites aceitáveis de produtividade e segurança, bem como com a qualidade desejada dos produtos. Há um desafio traçado pela diretoria da empresa visando o alcance destes objetivos. Para isso foi elaborado um projeto para implantação do sistema de gerenciamento de manutenção, cuja efetiva implantação foi planejada para o ano de 2012. Esse projeto visa promover sistemas, métodos e

procedimentos compatíveis com a responsabilidade e autoridade de gestão sobre os ativos da empresa.

Existe, atualmente, na Unidade Operacional Taquari-Vassouras um plano periódico de manutenção preventiva dos equipamentos Marietta e Shuttle-cars, que, quando em execução, pára a unidade durante cinco dias.

Este é o principal problema encontrado, ou seja, o tempo de parada da lavra em virtude da manutenção dos equipamentos. Minimizar este tempo acarretaria apreciável aumento de lavra, ou seja, aumento de produtividade, e, consequentemente, maior margem para alcance de metas e lucratividade para a empresa.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Elaborar uma alternativa de otimização ao sistema de manutenção do processo de operação do minerador contínuo (Marieta) da lavra e dos Shuttle-cars na Unidade Operacional Taquari Vassouras (UOTV) da Companhia Vale.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Descrever o processo de mineração e operação de retirada da lavra;
- Otimizar o sistema de manutenção da Marieta e dos Shuttle-cars;
- Aplicar um mecanismo de minorização do tempo de equipamentos fora de operação por manutenção;
- Contextualizar a viabilidade de elaboração de um projeto para otimização do sistema de manutenção visando um ganho de produção.

1.2 Justificativa

Os planos de manutenção são as ferramentas utilizadas no sistema de manutenção que visa evitar e prevenir a ocorrência de falhas/quebras nos sistemas que constituem os ativos. Esses planos são de suma importância, pois incorporam

que constituem os ativos. Esses planos são de suma importância, pois incorporam todos os conceitos que direcionam a rotina de manutenção dos ativos (periodicidade, tipo de manutenção, treinamento de empregados, paradas de produção, etc.)

A falta de atualização, melhorias e monitoramento dos planos para atuar de forma eficaz na prevenção de falhas dos equipamentos, impacta em vários processos da empresa. Dentre estes, a própria manutenção, gerando a necessidade de manutenções corretivas, que perfazem um dos tipos de intervenção no qual não há planejamento de atividades nem de materiais. Isto, na maioria das vezes, tem custo elevado, impactando no aumento do custo total para a produção que, por sua vez, sai de operação sem uma programação prévia e fica refém do acaso.

O processo produtivo se torna mais desgastante para os operadores e gera uma incerteza no cumprimento de metas para os gestores quando não existe o conhecimento necessário de operação e uma previsibilidade aceitável do tempo disponível de operação de seus equipamentos.

A percepção dos impactos causados pela falta de previsibilidade nos processos começou a despertar nas empresas a necessidade do planejamento e do controle, que apontaram a manutenção como um dos apêndices de sua cadeia. Assim, com o planejamento efetivo das atividades da manutenção, é iniciada uma nova fase que objetivava garantir aos ativos da empresa, através do devido registro de suas manutenções e do acompanhamento de desempenho dos ativos através de controles pré-definidos.

Como alternativa, ou forma de evitar a necessidade da manutenção corretiva, faz-se necessária uma manutenção preventiva. Porém a implementação de um sistema de manutenção preventiva só é possível após prévio conhecimento de manutenção corretiva por parte dos operadores.

O conceito de manutenção preventiva concentra-se em periodicidade de manutenção sem a necessidade de haver prévio sinal de falha pelo equipamento. Desta maneira, objetiva-se o melhor aproveitamento do valor imobilizado em maquinário, isto é, aproveitar ao máximo o equipamento e mantê-lo em perfeito estado de conservação e utilização.

Embora a manutenção preventiva seja necessária para ampliar a vida útil do equipamento com a consequente redução dos custos e aumento da sua segurança e desempenho, a limitação de recursos materiais, humanos e financeiros tem restringido o desenvolvimento de programas de manutenção preventiva em diversos unidades industriais. Porém é sabido que quando feito o balanço entre o custo devido à implementação de um sistema de manutenção preventiva e o custo com a manutenção corretiva, tem-se um saldo positivo em favor da primeira opção.

Nessa perspectiva, a manutenção preventiva configura-se como uma ferramenta estratégica para as atividades da empresa, sobretudo para aquelas que possuem altas escalas ou valor agregado na sua produção. Antes vista como um centro de custos, com impactos diretos e indiretos nos meios de produção, hoje a manutenção proporciona disponibilidade de máquinas, aumento da competitividade, aumento da lucratividade, satisfação dos clientes e produtos com defeito zero. A manutenção contribui ainda para a produção e a produtividade com eficiência, sem desperdícios e retrabalho.

Uma outra questão a analisar, inerente à Companhia Vale, no que se refere à retirada da lavra na Unidade Operacional Taquari-Vassouras, é a atual inadequabilidade do sistema de manutenção a um tempo de produção desejável. A simples existência de um sistema de manutenção preventiva não indica, necessariamente, a melhor opção, pois deve existir uma atuação sistematizada e concomitante com o processo produtivo, de modo que a manutenção atinja seus objetivos sem que seja causada perda de produtividade. Isto diz respeito à possível otimização do sistema de manutenção preventiva do maquinário de maneira a reduzir o tempo em que o processo encontra-se parado para manutenção.

Um bom programa de prevenção reduz prejuízos como: diminuição ou interrupção da produção; atrasos nas entregas; perdas financeiras; aumento dos custos; insatisfação dos clientes; perda de mercado; subutilização do potencial produtivo da mão-de-obra, dentre outros.

1.3 Histórico da Empresa

A Companhia VALE, antiga Vale do Rio Doce foi fundada no dia 1 de junho de 1942 como empresa estatal. Cerca de 55 anos mais tarde, em 1997, a

empresa foi privatizada. Esta empresa é atualmente a maior mineradora diversificada das Américas, com capitalização de mercado de aproximadamente US\$ 14 bilhões.

Dentre os principais produtos extraídos e produzidos pela VALE estão o minério de ferro, manganês, ferro e suas ligas, bauxita, ouro, caulim, potássio, alumina e alumínio, além de possuir participação em empresas produtoras de aço e fertilizantes no Brasil e no exterior. A VALE também atua como transportadora de cargas por meio de uma série de rodovias e portos pertencentes à sua principal subsidiária: a DOCENAVE (Vale do Rio Doce Navegações S/A), bem como atua no setor energético brasileiro com três hidrelétricas, além de possuir mais sete em fase de construção.

Em janeiro de 1992, a Companhia Vale do Rio Doce por meio de contrato de arrendamento com a PETROBRAS, assumiu o gerenciamento da mina de Potássio de Taquari - Vassouras (UOTV), localizada no município de Rosário do Catete, no estado de Sergipe. Até então esta Unidade pertencia à PETROBRAS que a explorava por meio de sua subsidiária, a PETROMISA S/A, descoberta quando da realização de atividades exploratórias de petróleo naquela região entre os anos de 1963 e 1966. A Unidade é a única produtora de cloreto de potássio (KCl) em atividade no Brasil, através da sua Gerência Geral de Fertilizantes (GAEW).

O cloreto de potássio é um importante componente para a produção de fertilizantes, sendo produzido através de lavra subterrânea de silvinita e, posteriormente, beneficiado por meio do processo de flotação.

A unidade é a única produtora de cloreto de potássio (KCl) em atividade no Brasil e suas reservas estão estimadas em 13 milhões de toneladas. A empresa tem uma produção atualmente estimada em 650 mil ton/ano, retirada da mina subterrânea a 650m (seiscentos e cinqüenta metros) de profundidade. Esta produção corresponde a 15% da demanda de cloreto de potássio (KCl) do mercado brasileiro. As reservas de minério bruto estão estimadas em 94,5 milhões de toneladas, o que permite exploração até 2017.

A jazida de Taquari - Vassouras, com extensão aproximada de 185 km² está localizada na parte nordeste do estado de Sergipe, no município de Rosário do Catete. A região é cortada pela Rodovia Federal BR-101, pelas Rodovias Estaduais

SE-206 e SE-208 e por Rodovias secundárias, além da malha da ferrovia Centro Atlântica – FCA.

A UOTV (Unidade Operacional Taquari Vassouras) tem capacidade de produção de 850 mil toneladas anuais de cloreto de potássio, obtido a partir do processamento da silvinita (cloreto de sódio e potássio). O regime de produção é de 24 h/dia e 365 dias/ano.

O cloreto de potássio (KCl) é largamente empregado na agricultura como fertilizante sendo um elemento essencial no desenvolvimento das plantas, dando-lhes resistência contra pragas, estiagens prolongadas e geadas, proporcionando crescimento normal e saudável.

1.3.1 Processo de Mineração na Unidade Operacional Taquari Vassouras

A metodologia de trabalho para o planejamento da lavra é composta de diversas fases, iniciando-se pelas sondagens sub-horizontais em subsolo, o desenvolvimento, o tratamento dos dados geológicos com elaboração de mapas e seções geológicas, o dimensionamento dos painéis de lavra com estabelecimento de um layout, e a lavra.

As operações de sondagem rotativa no subsolo da Mina de Taquari - Vassouras são realizadas através do método de circulação reversa, em furos direcionais com desvios intencionais e testemunho contínuo.

Em 1991 a Companhia Vale do Rio Doce - CVRD assumiu a Mina de Taquari - Vassouras e no sentido de aumentar a área de reconhecimento de jazida, com a menor abertura de galerias de desenvolvimento, adquiriu duas sondas hidráulicas Boyles B-20 com capacidade de perfurar 1.000 metros de avanço em diâmetro BQ, substituindo as sondas anteriores com capacidade de avanço de 500m.

Além dos novos equipamentos, as operações de sondagem no subsolo passaram a ser realizada em uma única área, denominada de praça de sondagem, com climatização e iluminação adequadas, resultando em melhoria das condições operacionais e reconhecimento completo da área a ser escavada. A malha de

sondagem é em leque, com furos sub-horizontais que são perfilados após a conclusão do furo de 10 em 10m.

A temperatura da rocha varia de 43º a 48º, para profundidades de 430m a 640m. As rochas solíferas apresentam um comportamento plástico e a deformação varia com a temperatura.

A mina possui um amplo programa de monitoramento dos painéis de lavra, com instalação de pinos para medidas de convergência das galerias, além de uma equipe para verificar as condições de estabilidade do teto das galerias nos apinhes em lavra, nas áreas de acesso e trânsito de pessoal, com realização de um trabalho preditivo de atirantamento ou abatimento de chocos. A segurança é considerada prioridade na lavra, existindo treinamentos periódicos das equipes que trabalham na atividade de mineração.

As unidades de operação industrial em superfície, componentes da usina de beneficiamento, são britagem, concentração, secagem, compactação, além das unidades de estocagem e expedição dos produtos.

As principais unidades de apoio do processo operacional da UOTV são tanques de estocagem de salmoura, instalação de dissolução de resíduos, tanque de estocagem de combustível, central de ar comprimido, subestação principal, oficinas, almoxarifados e laboratório. As instalações estão divididas em 3 (três) agrupamentos básicos: mina subterrânea; tratamento de minério; administração/apoio.

As operações em Taquari–Vassouras consistem na lavra e beneficiamento da silvinita, mineral composto por cloreto de sódio (70%) e cloreto de potássio (30%). Os recursos e reservas combinados totalizam 13,5 Mt de produtos.

A mineração é do tipo subterrânea com a profundidade variando entre 430m a 640m. A mina opera com dois poços, sendo um para serviços e transporte de pessoal e o outro somente para o escoamento da produção. O método de lavra utilizado é o de câmaras e pilares (painéis), que são abertas por mineradores contínuos (marieta) e shuttle-cars (caçambas). Correias transportadoras conduzem o minério desmontado até o poço de extração, que conduz o minério até a superfície. Atualmente a lavra é realizada em cinco painéis. Em cada painel trabalham uma Marietta e dois Shuttle-cars.

Já o beneficiamento compreende a britagem, moagem (via úmida), flotação, secagem e compactação. Os produtos finais, classificados segundo a granulometria, são o KClarelado (menor que 1mm) e o KCl granulado (entre 1 e 4 mm). Do total da produção, 64% são de granulado e 36% dearelado.

A manutenção tratada neste trabalho refere-se exclusivamente aos equipamentos (shuttle-car e marieta) dos painéis de lavra.

O beneficiamento compreende a britagem, moagem (via úmida), flotação, secagem e compactação. Os produtos finais, classificados segundo a granulometria, são o KClarelado (menor que 1mm) e o KCl granulado (entre 1 e 4 mm). Do total da produção, 64% são de granulado e 36% dearelado.

O teor médio na alimentação da usina é de 30% de KCl e a recuperação média é de 92% em produto. O cloreto de sódio, não aproveitado, é lançado ao mar por um salmouroproduto apóss a dissolução.

A capacidade de produção atual é de 7.100.000 toneladas de minério produzido da mina (RUN OF MINE – R.O.M.) contendo em média 30% de KCl. O material lavrado tem densidade real igual a 2 t/m³ e apresenta a seguinte composição mineralógica: Silvinita (KCl: 29,90%); Halita (NaCl: 64,35%); Carnalita (KCIMgCl₂6H₂O: 0,43%); Taquidrita (CaCl₂MgCl₂: 0,25%); Anidrita (CaSO₄: 0,57%); Dolomita (CaMg(CO₃)₂: 0,30%) e Argila (1,20%).

O acesso ao subsolo é feito através de dois poços verticais, distanciados de 254m, com 5m de diâmetro e profundidade média de 440m: o Shaft n° 1, equipado com skips (equipamentos de transporte vertical de minério), funciona como poço de extração e o Shaft n° 2, equipado com elevador para transporte de materiais e pessoal, funciona como poço de serviço.

Na lavra dos painéis são utilizados mineradores contínuos de rotores Marietta 900 (Figura 01) e shuttle-car JOY (Figura 02) de 15 toneladas de capacidade. Os mineradores contínuos desmontam a camada (corte integral) e carregam os shuttle-cars que conduzem o material até os alimentadores-quebradores, numa distância máxima de 150 metros, instalados junto aos transportadores de correia que, por sua vez, direcionam o material lavrado nos diversos painéis até o pé do poço de extração para carregamento dos skips e içamento até a superfície.

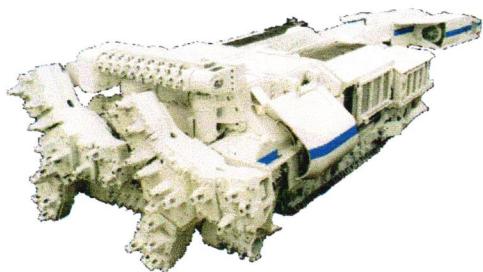


Figura 01 – Marietta
Fonte: Fabricante Eimco



Figura 02 – Shuttle-Car
Fonte: Fabricante JOY

A lavra, pelo método de câmaras e pilares retangulares – utiliza conjuntos mecanizados formados por mineradores contínuos (Marietta), transportadores sobre pneus tipo shuttle-cars , alimentadores-quebradores (feeders breakers) Figura 03, e transportadores de correia, acionados por motores elétricos.

O método prevê a utilização de câmaras com seção de altura variável entre 2,74m e 7,82m x 10,90m de largura e pilares retangulares com área de 21m x 64m. A taxa de extração varia de 43% a 49%. Neste método de lavra ocorre o abandono dos pilares.

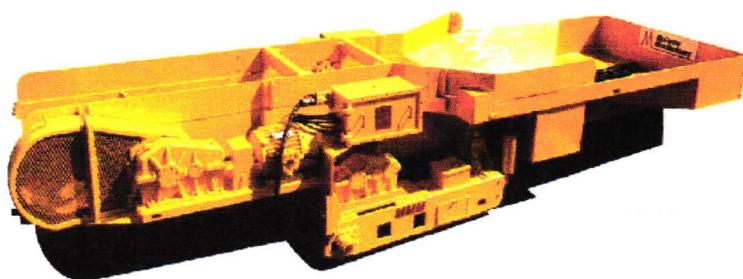


Figura 03 - Alimentadores-quebradores (Feeder-Breack)
Fonte: Fabricante Buffalo

O processo de lavra da mineração é executado pelas máquinas apresentadas nas Figuras 01, 02 e 03. O processo inicia com o minerador (MC)

efetuando o desmonte do minério através de seus rotores de corte, ver foto mostrada na Figura 04. Este minério é transportado através de uma esteira de corrente que atravessa a máquina internamente. O minério transportado pela esteira é descarregado nos caminhões rebaixados (SC) que possui uma esteira de corrente em seu vão central.

Após completar a carga o caminhão se desloca do fundo do minerador, em percursos que varia de 25 metros a 150 metros, em direção ao quebrador de minério (FB). Uma vez chegando ao quebrador, o SC aciona o seu transportador de corrente descarregando o minério no quebrador de forma dosada. O quebrador, que possui um transportador de corrente e tambor com ferramentas para quebrar o minério, faz a primeira britagem do minério eliminando grandes pedras ou placas de minério, ver foto mostrada na Figura 05.

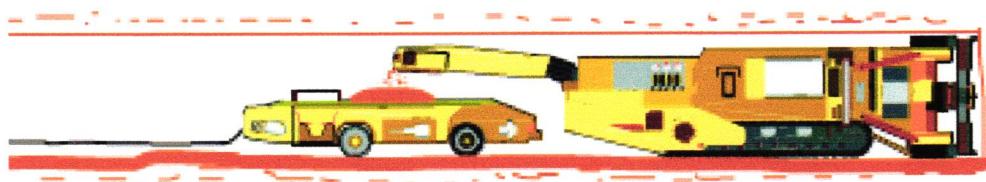


Figura 04 – Esquema de Desmonte
Fonte: VALE

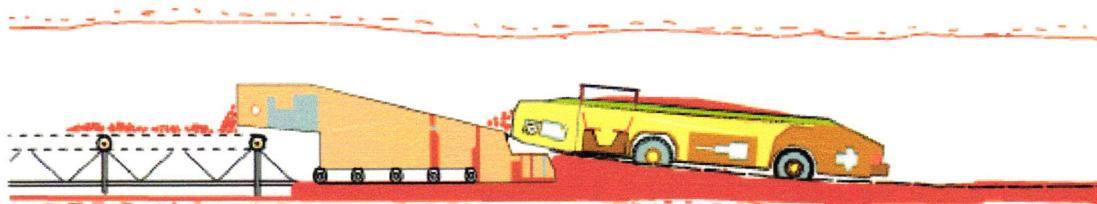


Figura 05 – Esquema de Descarregamento
Fonte: VALE

O minério produzido é tratado na usina de beneficiamento. O processo utilizado é o da concentração por flotação em meio saturado com obtenção de concentrado potássico e rejeito rico em cloreto de sódio. O rejeito, após separação da fração insolúvel, é enviado por salmouroduto até o oceano atlântico numa distância de aproximadamente 37 km.

A Usina de Tratamento de Minério tem a capacidade de produção de 850.000 toneladas anuais de Cloreto de Potássio (KCl), obtidos a partir do processamento da Silvinita. O regime de operação é de 24 h / dia, 365 dias / ano.

A usina é subdividida em três áreas, separadas por pilhas pulmões de produtos semi-acabados, possibilitando a realização de paradas de manutenção, sem a perda de todo processo produtivo.

1.3.2 Sistema de Manutenção Existente na Vale

O organograma da VALE é metas, visão e missão da gerência de área GAFEW. Esta gerência é composta de 03 coordenações:

- Operação: responsável pelo desmonte do minério nas frentes de lavra;
- Planejamento: responsável pelo planejamento de lavra com visão de curto e médio prazo;
- Manutenção: responsável em manter a disponibilidade dos equipamentos de lavra para cumprimento do plano mestre de produção. Atualmente existem em operação na Mina Subterrânea 05 frentes de lavra e 01 em desenvolvimento. As frentes de lavra são compostas por um minerador tipo Marietta, dois Shuttle-Car e um Feeder Breaker (manutenção é feita por outra gerencia).

A política de manutenção da Vale:

- Considera a manutenção atividade fundamental de seu sistema produtivo, focada na gestão otimizada dos ativos da organização;
- As ações desenvolvidas pela manutenção devem estar alinhadas à estratégia da organização, com ênfase à segurança do trabalho e preservação do meio ambiente;
- As atividades de manutenção devem ser conduzidas dentro de um sistema de gerenciamento apto a garantir a padronização dos processos, a melhoria contínua e a busca de níveis de excelência;

- O capital humano utilizado na manutenção deve ser continuamente capacitado e atualizado de forma a assegurar alto padrão técnico e gerencial e um ambiente propício à criatividade e participação;
- A manutenção deve utilizar as melhores práticas e técnicas visando maximizar a disponibilidade, a confiabilidade e a utilização dos ativos.

O sistema de manutenção vigente na UOTV é gerido pela Gerência Geral Fertilizante (GAFEW), e tem como missão:

- Garantir a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos e instalações, com retorno atrativo para a Vale;
- Controlar, através de ações sistêmicas, perfis de perdas, os riscos de acidentes e os aspectos ambientais;
- Garantir a confiabilidade do desempenho da função dos equipamentos e instalações, através de métodos e técnicas de Classe Mundial.

A GAFEW tem como visão ser considerada referência pelos resultados da gestão de manutenção, reconhecida pela excelência de suas práticas e papel estratégico desempenhado para o sucesso da Vale, até 2012.

Já a missão da manutenção da GAFEW é, em consonância às normas de segurança e a preservação do Meio Ambiente, gerir os sistemas e execução da manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos de lavra, desenvolvimento e sondagem, assegurando os índices adequados de disponibilidade, confiabilidade e custos, objetivando o atendimento do projeto de produção e contribuindo para o desenvolvimento das equipes.

E a visão da manutenção da GAFEW é estar entre as cinco (05) melhores Gerências de área de Manutenção das áreas de Mineração da VALE, atingindo e sustentando os níveis de excelência classe Mundial até 2012.

A elaboração dos planos, por parte da equipe de manutenção da GAFEW, é feita com base em condição, utilização e calendário, em que cada módulo deste desempenha uma função importante dentro das manutenções preventivas. A manutenção preventiva, baseada na condição, estabelece sua execução pelo desempenho e monitoramento de condições dos equipamentos. Com base na utilização, os planos são executados conforme as horas de operação dos

equipamentos e baseada no calendário ou tempo. Tem como fundamento a realização de intervenções programadas com base em períodos de tempo pré-determinados, todas elas visando uma maximização da vida útil dos componentes e a disponibilidade dos equipamentos.

É realizado, periodicamente, estudo sobre os tipos de manutenção praticadas na GAFEW e suas aplicações dentro do processo produtivo, destacando-se a manutenção corretiva programada, manutenção corretiva não programada, manutenção preventiva, manutenção preditiva e engenharia de manutenção. Estes estudos conduzem a GAFEW à elaboração de atuações diferenciadas para os equipamentos de lavra, dependendo da sua importância dentro do processo produtivo.

Utilizam-se matrizes de criticidade, que classificam os equipamentos em classe A, B e C. Os equipamentos classes A são os Mineradores Contínuos e os feeder Breaker, pois a sua parada representa uma perda para o processo produtivo, pois está em topologia série. Já os Shuttle-Cars são considerados classe B, pois estão num circuito em topologia paralelo dentro do processo produtivo, ou seja, mesmo com a parada de um equipamento a frente de lavra continua em operação.

A empresa tem atualmente uma equipe de manutenção composta por 60 pessoas, dividindo-se em 40 pessoas na equipe de manutenção preventiva e 20 pessoas na equipe de manutenção corretiva, e há a divisão em turno de revezamento. A manutenção preventiva é realizada tendo como parâmetro o “horímetro” do equipamento, e tem-se como referencial 300 horas de operação, que dá uma média de 40 dias para sua repetição (por painel). Para a realização desta manutenção as OS`S (ordem de serviços) são programadas pela manutenção e tem como foco o plano de trabalho para a realização da mesma. A manutenção corretiva tem como principal objetivo a correção e estabelecimento do processo produtivo o mais rápido possível para não ser um fator limitador ao atingimento das metas de produção. O tempo de manutenção preventiva é de 5 dias.

O Minerador Contínuo tipo Marietta é um equipamento próprio para as atividades de produção e tem uma produtividade de 280ton/hora, que realiza entre 18 e 20 viagens de Shuttle-Car por hora, dependendo da distância entre a sua escavação e sua liberação nas correias transportadora. Estes, os Shuttle-Cars, por sua vez, têm como capacidade máxima 15ton, variando de acordo com o operador.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Perdas Zero

Com o interesse de atingir e manter a qualidade total, passando pelo sistema de manutenção, surge o termo amplamente usado nos processos de produção das grandes indústrias: *perdas*. Perdas zero, por mais difícil que pareça, faz parte dos objetivos dos sistemas de controle da qualidade e manutenção. E estes objetivos, por sua vez, fazem parte das carteiras de responsabilidades dos gestores de produção de qualquer indústria, seja qual for o seguimento de atuação, e em qual país esteja localizada.

Ferreira (2005) apresenta, entre outras, as seguintes definições para o vocábulo *perdas*:

"1. Ato ou efeito de perder; 2. Privação de uma coisa que se possuía; 3. Extravio, sumiço; 4. Dano total, destruição."

Outra explicação para a palavra perda pode seguir a análise de quantificação do espaçamento entre a condição ideal e a condição real, conforme mostra a Figura 06.

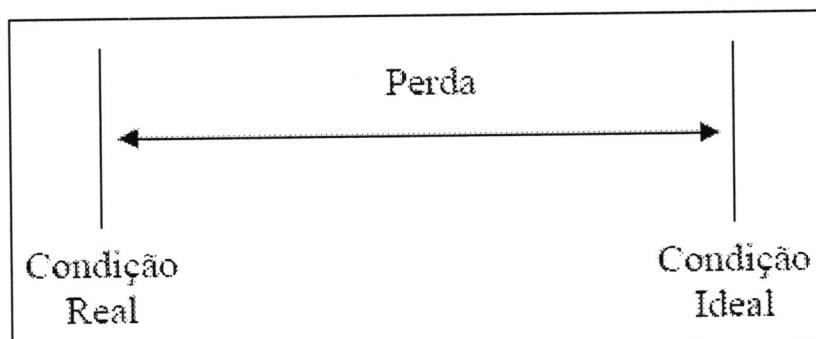


Figura 06 – Representação esquemática de perda.
Fonte: Fernandes (2005)

O Sistema Toyota de Produção, segundo Fernandes (2005), classifica as perdas em 7 categorias, a saber: Transporte; Estoque; Espera; Movimentação;

Correção (retrabalho); Processamento; Superprodução. Cada uma das categorias apresentadas tem suas particularidades e demandam uma forma específica de atuação para sua mitigação ou eliminação. Portanto, é importante classificar corretamente as perdas para que as ações sejam eficazes.

Ainda segundo Fernandes (2005), cada categoria de perda tem seu significado característico:

- Transporte: utilização de recursos para a movimentação de materiais, produtos em processo ou acabados. Geralmente ocorre quando as distâncias entre postos de trabalho são muito grandes;
- Estoque: caracterizado pelo excesso de inventário entre processos, de matéria-prima e de produtos acabados. Muitas vezes são utilizados para minimizar o impacto das ineficiências produtivas;
- Espera: tempo desperdiçado por paradas de equipamentos e mão-de-obra para esperar pelo próximo ciclo de trabalho, consertos, ajustes, etc. As quebras de equipamentos levam a grandes perdas por espera;
- Movimentação: desperdício relacionado às movimentações dos operadores. Grandes distâncias entre os comandos dos equipamentos, local de alimentação de material e posições de operação são as principais causas de geração deste tipo de desperdício;
- Correção: também denominada como retrabalho, é qualquer tipo de atividade realizada com o objetivo de corrigir alguma falha, seja no produto, no ajuste dos equipamentos ou em suas características;
- Processamento: atividades de fabricação que não agregam valor ao produto final. Incluem-se aqui as anotações, marcações indicativas, amarração de lotes que são feitas pelo operador e que não incorporam nenhuma característica ao produto;
- Superprodução: os clientes só estão dispostos a pagar pelo que pediram e quando pediram. Qualquer coisa produzida a mais não gerará faturamento e acarretará em outro desperdício, o de estoque.

Para evitar os riscos supracitados, devem ser tomadas medidas regulares e permanentes para a conservação e bom funcionamento de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações, aumentando a disponibilidade e confiabilidade destes. A confiabilidade, por sua vez, é entendida como a

probabilidade de um sistema desempenhar com sucesso suas funções específicas, em uma missão (tempo ou espaço), dentro de condições normais de utilização e operação. Trata-se de uma variável incorporada à análise do sistema de manutenção e não pode ser negligenciada, de modo que o sistema em questão seja robusto o suficiente para atender as demandas operacionais e minimizar os riscos de falhas eventuais dos equipamentos utilizados.

2.2 Manutenção

As atividades de manutenção podem ser feitas de forma programada ou rotineira. Serviços de habituais, como a lubrificação de engrenagens, são exemplos da manutenção de rotina. A manutenção programada ou planejada constitui-se em serviços periódicos de manutenção. Esses serviços são baseados no conhecimento das condições de cada um dos componentes das máquinas e equipamentos. Ensejam a verificação, ajuste ou troca dos equipamentos em períodos pré-determinados e são feitos preferencialmente durante grandes paradas dos equipamentos, como troca de turnos.

A manutenção planejada subdivide-se em quatro tipos, segundo Gouveia (2007):

- Preventiva: são procedimentos e ações antecipadas que visam manter a máquina em funcionamento;
- Preditiva: ação preventiva baseada no conhecimento das condições de cada um dos componentes das máquinas e equipamentos;
- TMP (*Total Productive Maintenance*) ou MPT (Manutenção Produtiva Total): foi desenvolvida no Japão. É um modelo calcado no conceito “de minha máquina, cuido eu”. Estimulando nos operadores o sentimento de propriedade e zelo pelos equipamentos;
- Terotecnologia: técnica inglesa que determina a participação de um especialista em manutenção desde a concepção do equipamento até sua instalação e primeiras horas de produção.

2.3 Tipos de Manutenção Preventiva

A Figura 07 ilustra uma forma de classificação dos principais tipos de manutenção, enfatizando três tipos de manutenção preventiva.

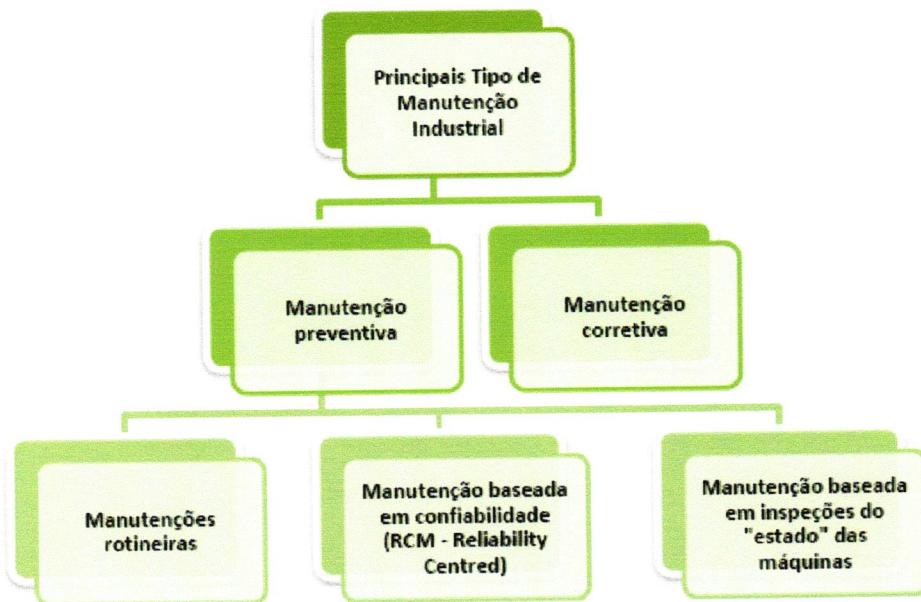


Figura 07 – Os principais tipos de manutenção industrial.

Fonte: Souza (2008).

Há na literatura muitas definições de manutenção preventiva. Porém, em sua totalidade, todos os programas de gerência de manutenção preventiva são acionados por tempo, ou seja, as tarefas e manutenção se baseiam em tempo gasto ou horas operacionais.

Há uma curva norteadora de manutenção preventiva, conhecida por “curva do tempo médio para falha” (CTMF), que indica que uma máquina nova tem uma alta probabilidade de falha, devido a problemas de instalação, durante as primeiras semanas de operação. Após este período inicial, a probabilidade de falha é relativamente baixa por um período prolongado de tempo. Após este período normal de vida da máquina, a probabilidade de falha aumenta abruptamente com o tempo transcorrido. Na gerência de manutenção preventiva, os reparos ou recondicionamentos da máquina são programados com base nessa estatística denominada CTMF.

A Figura 08 mostra um gráfico ilustrativo dos três períodos de manutenção, quais sejam: início de funcionamento da máquina; avarias normais na vida produtiva da máquina; final da vida útil do equipamento.

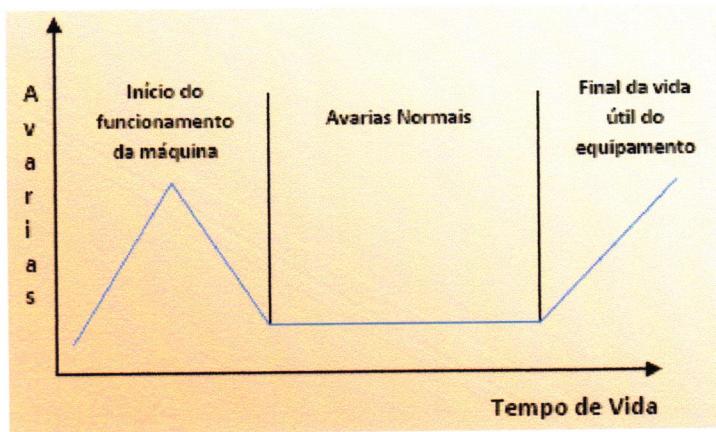


Figura 08 – Avarias de equipamento em função de seu tempo de vida.

Fonte: Souza (2008).

Da mesma forma que a manutenção preventiva, a manutenção preditiva apresenta várias definições. Porém, segundo Almeida e Pinho(2005):

A premissa comum da manutenção preditiva é que o monitoramento regular da condição mecânica real, o rendimento operacional, e outros indicadores da condição operativa das máquinas e sistemas de processo fornecerão os dados necessários para assegurar o intervalo máximo entre os reparos. Ela também minimizaria o número e os custos de paradas não-programadas criadas por falhas da máquina (ALMEIDA e PINHO, 2005).

Ao invés de se fundar em estatística de vida média na planta industrial ou industrial (p.ex., tempo médio para falha) para programar atividades de manutenção, a manutenção preditiva usa monitoramento direto das condições mecânicas, rendimento do sistema, e outros indicadores para determinar o tempo médio para falha real ou perda de rendimento para cada máquina e sistema na planta industrial. Na melhor das hipóteses, os métodos tradicionais acionados por tempo garantem uma guia para intervalos “normais” de vida da máquina.

Dos tipos de manutenção planejada anteriormente citados, a TPM apresenta-se como uma das mais utilizadas, obtendo sucesso em companhias conhecidas, como: Ford, Eastman Kodak, Dana Corp., Allen Bradley, Harley Davidson.

A Manutenção Produtiva Total nasceu no Japão no início dos anos 70, com o objetivo principal de “aumentar a rentabilidade dos negócios através da eliminação das falhas por quebras de equipamentos, reduzindo o tempo gasto para preparação dos equipamentos, mantendo a velocidade do

maquinário, eliminando pequenas paradas e melhorando a qualidade final dos produtos." (WILLMOT, 1994).

Já a Terotecnologia, etimologicamente, deriva da união de duas palavras gregas: *tero* e *logos*, e significa tecnologia da conservação. Este termo foi definido em 1970 pela *British Standard Institution*. A terotecnologia é associada principalmente ao conceito de custo do ciclo de vida (LCC – Life Cost Cicle).

Em uma grande maioria dos empreendimentos industriais os responsáveis pela manutenção se encontram ausentes dos grupos que concebem, projetam e montam as usinas e as instalações industriais e serviços.

Embora projetar e dirigir uma instalação sem que responsáveis pelo projeto, até o momento de partida, seja uma prática atual, esta conduta constitui-se uma grande falha. A organização e a sistematização prévias das atividades de manutenção deve sempre ser realizada.

Nestes casos, nos primeiros meses de funcionamento é normal acumularem-se problemas graves e multiplicarem-se e alongarem-se as paradas por defeitos devido às seguintes insuficiências, quais sejam, segundo Almeida e Pinho (2005):

- Ausência de pessoal de manutenção com conhecimento inicial profundo das instalações;
- Escassez de dados de consulta necessários para a correta pesquisa de anomalias e para referência dos procedimentos e peças de substituição a usar, isto é, má organização da biblioteca de manuais técnicos e de manuais de manutenção;
- Escassez de desenhos de projeto detalhado correspondendo corretamente aos equipamentos instalados e às conexões efetuadas;
- Ausência de estoques corretos de peças de reposição, no que se refere à qualidade ou à quantidade dos ítems de almoxarifado;
- Inexistência de rotinas de manutenção preventiva e de diagnóstico previamente estruturadas e racionalizadas;
- Inexistência de procedimentos normalizados e racionalizados para a manutenção periódica, programada de grandes equipamentos;
- Inexistência de fichários históricos para registro de tempos e ocorrências;

- Escolha incorreta dos equipamentos e soluções;
- Negligência de aspectos de grande importância tais como: conservabilidade ou manutenibilidade dos equipamentos, tempo médio entre falhas, vida útil do equipamento, tempo médio de reparo dos equipamentos e existência de meios locais e humanos, bem como materiais para a manutenção dos equipamentos.

A Terotecnologia, segundo definição em literaturas vastas, é uma concepção global e integrada do modo como deve ser estudada, escolhida e construída uma nova instalação tecnológica, no que se refere ao sistema de manutenção dos equipamentos e do processo de uma forma geral. Os conceitos básicos são os seguintes:

- Os pontos de vista sociais, econômico-financeiros, tecnológicos, de operação e produção e de manutenção de um novo empreendimento são igualmente importantes; especialistas destas várias disciplinas devem fazer parte da equipe de concepção e acompanhamento, desde as fases iniciais (plano diretor, projeto básico, ante-projeto, projeto detalhado) e acompanhar a instalação de partida;
- Os pareceres da manutenção estarão sempre presentes em toda a fase de concepção, escolha de equipamentos e escolha de soluções de instalação;
- A manutenção deve ser previamente organizada e estruturada antes do dia da partida da instalação; nesse dia a manutenção deve ser uma "máquina" pronta a partir;
- O pessoal básico de manutenção, que ficará adstrito ao sistema, deve acompanhar todas as fases do projeto e instalação de modo a conhecer em detalhe todas as minúcias dos equipamentos e das instalações logo de início;
- A chefia da manutenção deverá ocupar um nível hierárquico no organograma idêntico ao da chefia de operação.

2.4 Manutenção Corretiva

Há ainda um outro tipo de manutenção: a corretiva, também chamada de manutenção de urgência. Este é um tipo evitado, pois as falhas devem ser prevenidas e não corrigidas. A ocorrência de falhas é um indicativo de que a prevenção não foi realizada de forma adequada. A aplicação deste tipo de

manutenção pode acarretar grandes perdas e atrasos na produção, risco de segurança para os funcionários, elevação de custos e ainda a danificação de outros ativos.

A Figura 09 apresenta uma evolução temporal dos métodos de manutenção utilizados, e uma estimativa futura previsível de qual método deve fazer parte do cotidiano das indústrias mundiais.

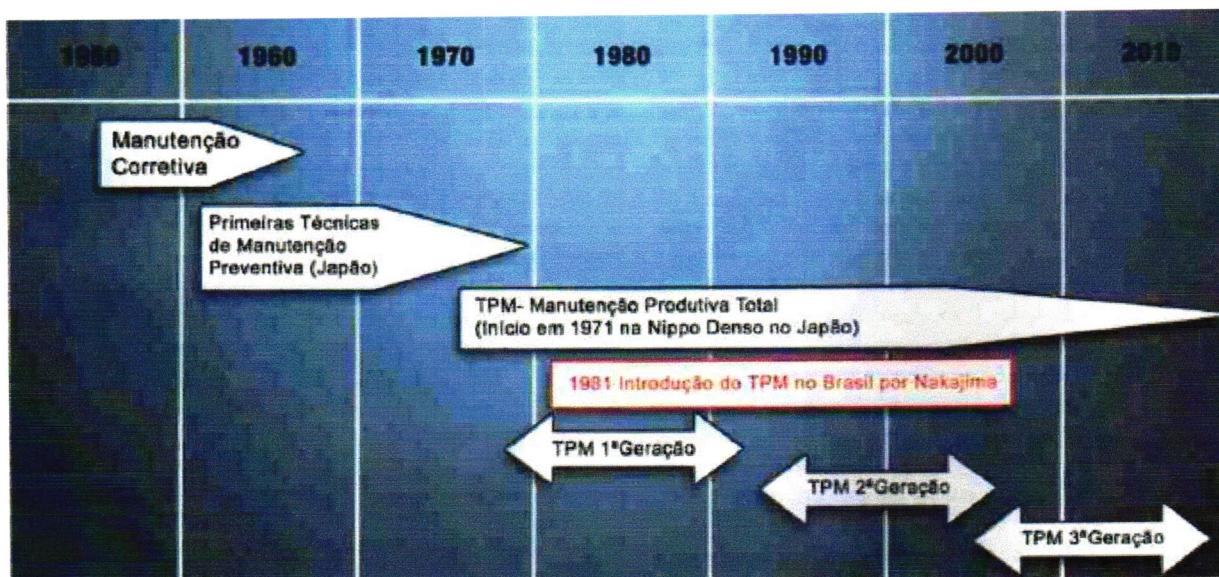


Figura 09 – Evolução da técnica de manutenção industrial
Fonte: Souza (2008)

Seja qual for o método adotado, a implantação da prevenção de perdas deve partir da alta direção da empresa, pois demanda investimentos iniciais que tornaria o processo inviável sem seu apoio. Antes de seus resultados serem visíveis, deve-se investir muito em treinamento teórico e prático em vários níveis.

Para que a implantação do sistema de manutenção não seja feita de forma improvisada, deve-se seguir alguns critérios orientadores, a saber:

- Apontar a relevância de cada equipamento para o processo produtivo;
- Fazer a seleção dos métodos mais adequados;
- Determinar os momentos adequados para as atividades de manutenção.

Tsang e Chan (2000) descrevem duas formas de implementação da Manutenção Produtiva Total, o método mais aceito e praticado atualmente, quais sejam:

- Mudança Revolucionária: propõe uma drástica e rápida quebra nos paradigmas e mudança nos processos utilizados. O objetivo é imprimir instantaneamente nos funcionários o senso de urgência e necessidade das mudanças;
- Mudança Evolucionária: propõe uma forma gradual de conscientização dos funcionários a respeito das deficiências do método atual. Desta forma, os conceitos e detalhes do novo processo são passados de forma gradual, através de educação e treinamento.

A opção pela implantação da mudança revolucionário ou mudança evolucionária em uma determinada indústria é função do grau de conhecimento do gestor de produção a cerca do pessoal de operação e maquinário existente, bem como função também da demanda da empresa. Com o conhecimento destes parâmetros é possível implementar satisfatoriamente a Manutenção Produtiva Total.

Estes são os principais fatores que influenciam o bom funcionamento do método adotado, porém, esquematicamente, pode ser vista uma outra forma de analisar estes parâmetros através da Figura 10. Observa-se que há semelhanças entre os parâmetros citados e os parâmetros esquematizados.



Figura 10 – Fatores que influenciam o sucesso de implantação do TMP na indústria.
Fonte: Souza (2008).

Há na literatura criticidades pré-estabelecidas dos equipamentos industriais. Segundo Gouveia (2007), estas criticidades dos equipamentos são classificadas em:

A – Crítico para a qualidade. Pois interrompe totalmente a produção, envolve riscos à segurança de proporções graves, possui os custos elevados e o tempo de reparo é elevado;

B – Afeta indiretamente a qualidade do produto. Pois interrompe parcialmente a produção, envolve riscos à segurança de proporção moderada, apresenta custos moderados e o tempo de reparo é aceitável, necessitando de uma especialização regular;

C – Não afeta ou causa impacto na qualidade. Pois não interrompe a produção, envolve riscos à segurança de proporções mínimas, possui custos baixos e não possui uma complexidade tecnológica.

Apesar de haver na empresa pessoal especializado na manutenção, os serviços de rotina passaram a ser realizados pelos operadores das máquinas, os quais utilizam, acompanham e registram o estado da máquina e, por esse motivo, hoje são chamados de operadores mantenedores. Após passarem por treinamento – muitas vezes realizados pelos fabricantes do equipamento que acompanham a instalação e os primeiros momentos de funcionamento – os operadores realizam reparos simples, como lubrificação e substituição de peças de baixa complexidade.

A administração do serviço de manutenção deve ocorrer de forma organizada, evitando, especialmente nas grandes empresas, a perda do seu principal objetivo, por causa, principalmente, da falta de organização e de uma administração excessivamente burocratizada.

A implantação da manutenção autônoma surge como uma ferramenta importante para a manutenção preventiva, prevendo falhas com um elevado grau de precisão, de modo a garantir a continuidade do processo. Empresas têm investido em sistemas de informação de alto desempenho para a elaboração de planos de manutenção, estabelecendo periodicidades e modelos eficazes de prevenção de falhas e equipamentos.

Apesar de todas as vantagens que a manutenção traz, no Brasil ainda não há uma cultura empresarial de prevenir riscos e perdas. Grande parte das

indústrias aqui instaladas não tem condições ou não desejam executar e implementar sistemas de gerenciamento de manutenção, devido ao alto custo (a manutenção custa por volta de 15% a 30% do custo do bem produzido, em média para o setor industrial). Entendem a manutenção como algo que não agrega nada ao produto, além de ser um problema do departamento de manutenção, devendo cada operador se preocupar apenas com o processo.

2.5 Estudo dos Indicadores da manutenção

Um dos grandes desafios da Manutenção é conceber sistemas de avaliação que permitam não só o acompanhamento das ações dos diversos programas, mas que forneçam indicadores de qualidade para todo o processo da manutenção, incluindo as fases de programação e execução, e sua contribuição para o cumprimento de metas pré-estabelecidas pela empresa.

O monitoramento de qualquer sistema depende da correta definição de itens de controle e indicadores de resultados, conforme interesse da área de atuação. Quando o sistema observado é o próprio processo de planejamento, os indicadores deveriam refletir os resultados como um todo, desde a etapa de programação até a execução das atividades, mas também medir o atendimento aos objetivos do planejamento, todos responsáveis pela qualidade do processo, sendo fracionado da seguinte forma:

Programação – atividades destinadas à geração de planos necessários ao atendimento dos objetivos do planejamento. A qualidade deste processo será resultado da coerência dos planos de ações com os objetivos do planejamento;

Execução – atividades destinadas à geração dos resultados de acordo com os planos de ação. A qualidade será decorrente da aderência das ações executadas com o objeto do planejamento.

A avaliação das atividades destinadas, a comparação dos resultados obtidos com os objetivos do planejamento, cuja qualidade será fruto da coerência das ações executadas com as ações e objetivos planejados, que serão analisados pelos seguintes fatores de qualidade desejáveis que deveram atender as seguintes características:

Eficiência – relacionada à abrangência das ações programadas;

Eficácia – relacionada à aderência das ações executadas;

Efetividade – relacionada à coerência entre as ações executadas e as planejadas;

Produtividade – relação entre os resultados alcançados e as ações e recursos utilizados para alcançá-los;

Qualidade – relacionada à consistência entre as ações programadas e realizadas com os resultados obtidos.

A análise da manutenção através de indicadores também faz parte da rotina de manutenção da unidade da Vale de Taquari Vassouras em Sergipe, servindo de base para as ações estratégicas junto às equipes e para a implementação de melhorias no processo produtivo. Estes indicadores mostram claramente como está o desempenho da manutenção e onde se deve atuar para que se façam as devidas correções. São eles:

2.5.1 IMO-Utilização de mão-de-obra

Tem como objetivo medir o percentual de utilização do HH efetivamente disponível através da correta apropriação em OS's, que sendo informadas na Programação Diária, cuja a data esteja dentro do período pesquisado. As ordens de serviço que compõem estas serão pesquisadas no sistema de manutenção, para que se possa verificar a existência de horas extras que devem ser somadas a todos HH's nelas registradas, esse valor deve representar o total da força de trabalho disponível para a execução as OS's programadas.

$$IMO = \frac{\sum HH \text{ TOTAL APROPRIADOS em OS's programação diária}}{\sum HH \text{ TOTAL DISPONÍVEL} + \sum HH \text{ Extra(Força trabalho)}} \times 100$$

2.5.2 IMP-Indicador de Manutenção Planejada

Com o objetivo de medir o percentual de como a demanda de OS's da manutenção esta sendo atendida de forma planejada, ou seja, verificando se as OS's concluídas ou encerradas estão sendo realizadas dentro do período de término efetivo planejado.

$$IMP = \frac{\sum OS's MANUT. PLANEJADA}{\sum OS's EXECUTADAS} \times 100$$

2.5.3 MTBF - Mean Time Between Failures

Significa o tempo médio entre falhas, ou seja, tempo médio em que o equipamento opera sem apresentar uma falha;

$$MTBF = \frac{t_{0(1)} + t_{0(2)} + \dots + t_{0(n)}}{n}$$

Sendo: T_0 = Tempo em Operação e n = Número de Ocorrências (falhas)

Segundo Pinto e Xavier (2005), Tempo Médio Entre Falhas é media aritmética dos tempos de funcionamento de máquinas, contados desde a colocação da maquina em funcionamento ou quando nova, ou após a correção da falha, até a próxima falha. Aponta-se como tempo de funcionamento todos os tempos de máquina funcionando, não importando o motivo de funcionamento. È calculado apenas para itens que podem ser reparados e não se aplica os itens descartáveis.

Para facilitar o entendimento sobre o comportamento do MTBF, Tavares (2005) exemplifica que a media do somatório dos Tempos Entre Falhas (TEF) é obtido pela soma do Tempo Para Falha (TPF) que é o tempo gasto para a ocorrência de falha, Tempo Administrativo (TAD) que é o tempo gasto com a locação dos recursos para a realizar a manutenção e Tempo Para Reparo(TPR) que é o tempo gasto para restabelecer a função requerida. O exemplificado a baixo:

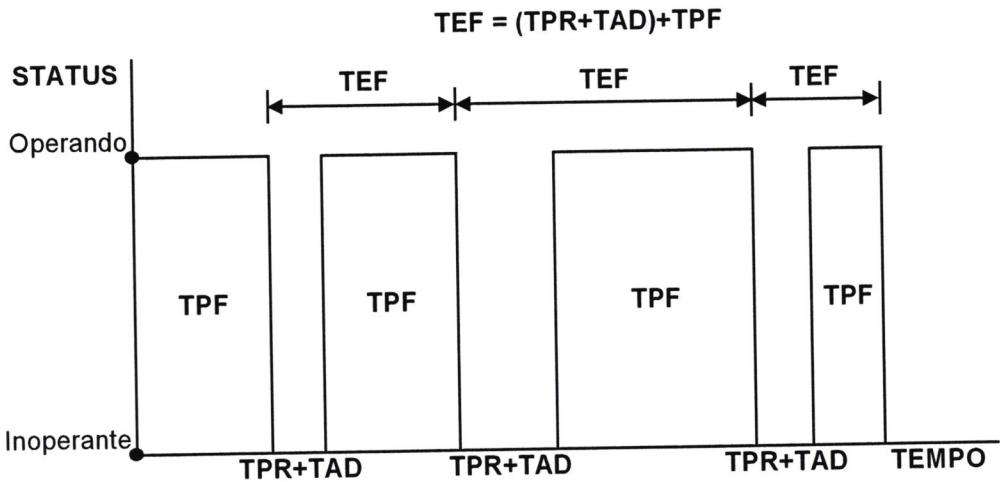


Figura 11 – Tempo Médio entre Falhas(MTBF)

Fonte: Branco Filho(2000)

2.5.4 MTTR - Mean Time Repair

Significa o tempo médio para reparo, ou seja, tempo médio gasto para restabelecer a função de ativo de produção;

Como descrito por Menezes (2002), este índice aponta a media dos tempos que a equipe de manutenção leva para repor maquina em condições de operar desde a falha até o reparo ser dado como concluído e a maquina ser aceita como em condições de operar.

Tempo Médio Para reparo é a medida do grau de dificuldade de que um item apresenta para executar a sua manutenção, ou seja, o tempo médio gasto para recuperar a função de um equipamento, componente ou item. É obtido pela relação entre o somatório dos tempos totais de maquina parada e o número de intervenções de manutenção ou pelo inverso da taxa de reparo (μ), estas são denotadas pelas seguintes expressões matemáticas.

$$MTTR = \frac{t_{p(1)} + t_{p(2)} + \dots + t_{p(n)}}{n} \quad \text{ou} \quad MTTR = \frac{1}{\mu}$$

2.5.5 Disponibilidade Física

É a diferença entre a hora calendário menos à hora de manutenção dividida pela hora calendário, ou seja, disponível real do ativo para produção.

$$DF = \frac{HC - HM}{HC}$$

Sendo: HC = Horas Calendário e HM = Horas de Manutenção

A maioria dos problemas existentes na manutenção ocorre pelo fato do equipamento não ser capaz de cumprir a função para o qual foi projetado, e a maioria das vezes o motivo é a sobrecarga ou aplicação incorreta dos equipamentos ou dos itens que fazem parte dos mesmos.

As técnicas de análises de falhas identificam a causa do problema, sugerem uma ação de bloqueio e solução dos problemas que impactam negativamente na confiabilidade de equipamentos ou instalações.

A princípio foi realizado um levantamento de todos os equipamentos que fazem parte das frentes de lavra e sondagem, com o objetivo de se conhecer o cenário do problema. Este conhecimento foi primordial para que fosse realizada a classificação dos equipamentos quanto à sua criticidade, ou seja, quanto ao grau de importância do equipamento para o processo produtivo. Os critérios utilizados para classificação foram: Qualidade, Atendimento, Segurança, Custo de reparo e Complexidade tecnológica.

Quando se trata da Qualidade como critério classificatório, refere-se sobre os efeitos da falha do equipamento sobre a qualidade do produto final, o Atendimento refere-se aos efeitos da falha sobre o processo produtivo, se interrompe ou não. No caso da Segurança, relaciona-se com os riscos potenciais para as pessoas e o meio ambiente. Já o Custo é relacionado aos valores envolvidos nos reparos dos equipamentos e a Complexidade tecnológica diz respeito ao nível de tecnologia que o equipamento possui, se o seu reparo é complexo ou não.

2.6 Fatores que impactam na produtividade

Quando se refere diretamente na produtividade de lavra em um painel de produção da mina subterrânea, tem que ser avaliado dois principais componentes de importância muito relevante que é:

Disponibilidade dos SC's: Tempo que o equipamento estará disponível em perfeitas condições de operação.

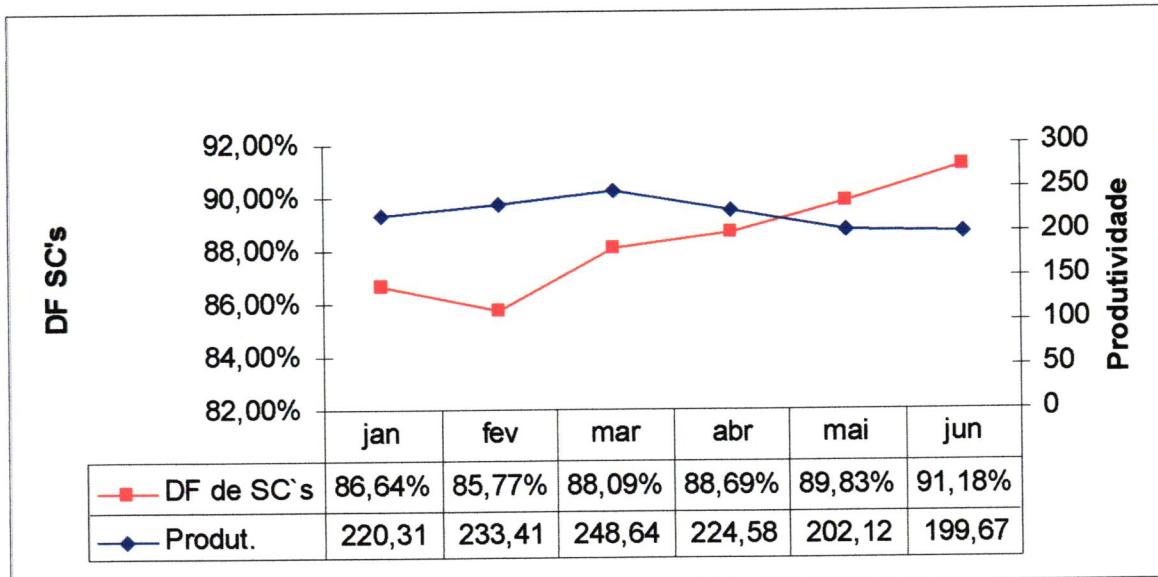


Gráfico 01 – Comparação do DF de SC's em relação a Produtividade

Ciclo operacional: Tempo que o equipamento(SC) gasta desde a saída após o carregamento até seu retorno descarregado, onde todo o processo se repete novamente, que é calculado através: $CO = TC + TEM$. Onde o Tempo de carregamento (TC) depende do Avanço do Minerador e as condições de Bits(ferramenta de corte da rocha), e o Tempo de Espera do Minerador (TEM) que depende da Distância do FB / MC, Distância do SC / MC e Inclinação do FB.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho apresenta fortemente características de pesquisa quantitativa, pois quantificar o tempo gasto no processo de manutenção segundo os modelos apresentados foi necessário para a realização da proposta.

Porém a sistemática qualitativa não foi deixada de lado, ou seja, procurou-se entender qualitativamente as variáveis que afetam o processo de mineração e, principalmente, as variáveis referentes ao sistema de manutenção, quais sejam: equipamentos operacionais, equipe disponível para manutenção e, principalmente, logística de manutenção.

Portanto, o método qualquantitativo foi utilizado para o desenvolvimento deste trabalho. Este método permite fazer a análise das causas e efeitos dos sistemas de manutenção e, concomitantemente, quantificar as variáveis tempo e lucratividade para cada modelo de manutenção.

Toda a pesquisa necessária foi feita em bibliografia específica referente aos sistemas de manutenção e modos de produção, bem como houve a pesquisa em documentos da empresa VALE.

De acordo com o plano de manutenção atual praticado na Vale, pode-se verificar a existência do mau uso da mão-de-obra, da má distribuição das atividades na sua execução e principalmente no tempo de equipamento parado para manutenção preventiva, ou seja, tempo que o equipamento fica fora de operação, gerando assim, perda de produção.

3.1 Programação semanal da manutenção

A programação semanal da manutenção atualmente praticado pode ser observado na Tabela 1, na qual consta, qual o tipo de atividade será executada, em qual equipamento será realizado. O número da ordem de serviço inicialmente fica com status aberta até a conclusão da atividade, quando muda-se o status para concluído, estando relacionada com a atividade e o número do coletor de dados,

onde o mesmo é o equipamento manual onde está contido informações da ordem de serviço a ser executado.

Tabela 01 - Programação das OS'S (Ordens de Serviço) a serem executadas.

PROGRAMAÇÃO SEMANAL

Coletor Dados	Ordem Serviço	Equip.	PROGRAMAÇÃO DA PREVENTIVA
PTVLAV019	2008-20621050	14MC01	SUBSTITUIR TORPEDO ROTOX XM
PTVLAV019	2008-20620944	14MC01	SUBSTITUIR CONJ. DE ACIONAMENTO DO ROTOR LADO DIREITO
PTVLAV019	2008-20620887	14MC01	RETIRAR BITS DO TAMBOR INFERIOR
PTVLAV019	2008-20564148	14MC01	INSTALAR PROTEÇÃO DA CORRENTE DA TRANSPORTADORA
PTVLAV019	2008-19465199	14MC01	LIMPEZA DO BI-PARTIDO
PTVLAV019	2008-15036167	14MC01	TROCAR CICLINDRO DA EXTENSIVA 10R
PTVLAV019	2008-21776501	14SC08	SUBSTITUIR MOTOR ELÉTRICO E BOMBA HIDRÁULICA P-30 (1200 hs ou 32 sms) Preditiva
PTVLAV019	2008-21776490	14SC08	Efetuar a revisão no circuito da sirene, devido a mesma não estar funcionando
PTVLAV019	2008-21419379	14SC08	SUBSTITUIR REDUTOR DE TRAÇÃO LADO ESQUERDO (1200 horas ou 32 semanas) Preditiva
PTVLAV019	2008-21418943	14SC08	PREDITIVA ELETRICA NO RÁDIO 02 OBELIX DO MINERADOR (300 Horas ou 8 semanas)
PTVLAV019	2008-21416274	14SC08	SUBSTITUIR CUBO DE RODA TRASEIRO LADO DIREITO (600 horas ou 16 semanas)
PTVLAV019	2008-20614069	14SC08	SUBSTITUIR TAMBOR DO ENROLADOR DE CABO (1800 horas ou 48 semanas)
PTVLAV019	2008-18081344	14SC08	TROCAR MANÔMETRO DE PRESSÃO SO SISTEMA HIDRÁULICO
PTVLAV019	2008-11235034	14SC08	TROCAR PROTEÇÃO DO COMANDO DAS PATOLAS
PTVLAV019	2008-21776551	14SC11	Instalar lâmpada no farol LE que está sem lâmpada
PTVLAV019	2008-21419399	14SC11	SUBSTITUIR CUBO DE RODA DIANTEIRO LADO DIREITO (600 horas ou 16 semanas)
PTVLAV019	2008-21418933	14SC11	SUBSTITUIR CONJUNTO ACIONAMENTO DA TRANSPORTADORA (1200 hS ou 32 semanas)
PTVLAV019	2008-21416275	14SC11	PREDITIVA ELETRICA MM CALIBRAÇÃO SENSOR METANO (300 Horas ou 8 Semanas)
PTVLAV019	2008-20614099	14SC11	PREDITIVA ELÉTRICA DO PAINEL DE COMANDO LATERAL MM (300 Horas ou 8 Semanas)
PTVLAV019	2008-18081341	14SC11	TROCAR JANELAS DA TAMPA DE VISITA DAS PONTEIRAS
PTVLAV019	2008-11235030	14SC11	TROCAR PONTEIRA SUPERIOR CO CUBO DE RODA LADO DIREITO DIANTEIRO
PTVLAV019	2008-21776508	14MC01	Instalar lâmpada no farol LE que está sem lâmpada
PTVLAV019	2008-21776492	14MC01	Efetuar a revisão no circuito da sirene, devido a mesma não estar funcionando
PTVLAV019	2008-21419372	14MC01	SUBSTITUIR MOTOR E CASARIA LADO ESQUERDO
PTVLAV019	2008-21418948	14MC01	TROCAR BORRACHA DE PROTEÇÃO DO FUNDO DO MINERADOR
PTVLAV019	2008-21416277	14MC01	PREDITIVA ELETRICA MM CALIBRAÇÃO SENSOR METANO (300 Horas ou 8 Semanas)
PTVLAV019	2008-20614066	14MC01	VERIFICAR VAZEMENTO NAS TAMPAS SUPERIOR
PTVLAV019	2008-11235035	14MC01	PREDITIVA ELETRICA MM (300 Horas ou 8 Semanas)
PTVLAV019	2008-21776504	14MC01	Instalar lâmpada no farol LE que está sem lâmpada

Estas atividades são fornecidas pela programação com os números de OS's (Ordem de Serviço), atividade a ser executada e o equipamento que receberá o mesmo, sendo que, após ser realizada a atividade, dar-se baixa na ordem de serviço e envia para tratamento de possíveis desvios.

3.2 Cronograma mensal da manutenção

O cronograma mensal da manutenção atualmente praticado pode ser observado no Quadro 1. Este cronograma é feito pela programação, no qual é projetado o calendário de manutenção preventiva para todo o mês e painéis, de acordo com a necessidade de horas horimetro.

Quadro 01 – Cronograma mensal de manutenção

NOVEMBRO						
D	S	T	Q	Q	S	S
						1
2	3	4	5	6	7	8
	LIMPEZA 3:00h PREV. 18:00h M - CMM-3 INSP de 2:00 O - CMA-1	PREV. 24:00h M - CMM-3	PREV. 24:00h M - CMM-3 INSP de 2:00	PREV. 24:00h M - CMM-3 ACOMPANHAR K5 - CMM-1	HIDRO	
9	10	11	12	13	14	15
	LIMPEZA 3:00h PREV. 21:00h F8 - CMM-4 INSP de 2:00 M - CMM-3	PREV. 24:00h F8 - CMM-4	PREV. 24:00h F8 - CMM-4 INSP de 2:00	PREV. 24:00h F8 - CMM-4 E2C - CMM-5	PREV. 24:00h F8 - CMM-4 ACOMPANHAR F8 - CMM-4	
16	17	18	19	20	21	22
	LIMPEZA 3:00h PREV. 21:00h F8H - CMM-2 INSP de 2:00 O - CMA-1	PREV. 24:00h F8H - CMM-2	PREV. 24:00h F8H - CMM-2 INSP de 2:00	PREV. 24:00h F8H - CMM-2 K5 - CMM-1	PREV. 24:00h F8H - CMM-2 ACOMPANHAR F8-H - CMM-2	
23	24	25	26	27	28	29
	LIMPEZA 3:00h PREV. 21:00h E2C - CMM-5 INSP de 2:00 M - CMM-3	PREV. 24:00h E2C - CMM-5	PREV. 24:00h E2C - CMM-5 INSP de 2:00	PREV. 24:00h E2C - CMM-5 F8 - CMM-4	PREV. 24:00h E2C - CMM-5 INSP de 2:00	

3.3 Atividades de apoio

Para a execução da manutenção preventiva, existe uma logística de apoio necessário para que seu desenvolvimento tenha uma sequencia na execução das atividades, sem que haja tempo de espera devido a esta logística, aumentando assim, tempo maior do que o programado para a finalização da manutenção preventiva.

Os itens de apoio necessário são:

A disponibilidade no painel dos equipamentos moveis que auxiliam em movimentação de sub-conjuntos durante sua manutenção;

A disponibilidade no painel dos sub-conjuntos necessário para substituição de acordo com as Ordens de serviço;

A disponibilidade no painel do caminhão de ferramentas, onde consta todas as ferramentas e suporte de apoio necessário;

A disponibilidade no painel dos focais, que são pessoas qualificadas que atuam como operadores nas frentes de lavra quando não há manutenção preventiva.

3.4 Realização da manutenção preventiva

A manutenção preventiva não necessita de deslocamento dos seus equipamentos para oficina ou local mais iluminado, o mesmo é executado no local de operação, onde ele é apenas posicionado no meio da galeria, com isso não existe perda de tempo com deslocamento, e também no retorno do painel ao seu processo produtivo.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Proposta da Otimização do Sistema de Manutenção

Com base na análise feita através da programação e cronograma extraídos do sistema de manutenção utilizado pela empresa, a proposta de otimização da manutenção irá contribuir na funcionalidade correta das programações, na distribuição da mão-de-obra em relação a execução das atividades e no ganho da produção, melhorando assim índices de controle que estão ligados direto com a manutenção dos equipamentos. Gerenciar corretamente os modernos meios de manutenção exigem habilidades e conhecimentos, pois equipamentos parados em momentos inoportunos comprometem a produção e geram um alto custo para a manutenção.

4.2 Criação do Backlog

Criação de uma tabela de Backlog, Tabela 02, com média dos tempos de execução de cada atividade ou componentes a serem executados durante a preventiva, para servir de orientação e controle das mesmas para cada tipo de equipamento individual. Informações estas que já existem no sistema da empresa, ou seja, existe na Vale um banco de dados no qual constam a média do tempo de execução e quantidade de pessoas que realizou a atividade. Este material foi retirado das ordens de serviços executados durante 03 anos anteriores.

Tabela 02 – Tabela de Backlog

PAINEL: M		DATA. PREVENTIVA: ___/___/___	
Equip.	Sistema	Horas	Q.H.
14MC07	Cilindro Tambor Inferior Lado D/E	2,15	4
	Matriz	0,5	2
	Cilindro da Extensiva	1,5	2
	Radiador de Água	0,5	2
	Cilindro de Nível Dianteiro	1,2	2
	Bi-Partido	2	1
	Manometro de Pressão do Sist. Hid.	0,17	1
	Cardan	3,2	2
	Flange do Cardan	2,5	2
	Conexão da Bomba	0,35	1
	Cilindro Tensionamento corrente Transp.	0,36	1
	Motor Hidraulico	1,25	2
	Bomba Hidraulica	1,35	2
	Metanômetro	0,33	1
	Chave de Emergência	0,41	1
	Proporcional	0,48	1
	Borracha de Proteção Bolsa de Gás	0,45	2
14SC13	Borracha Anti-Impacto Traseiro	1,3	2
	Rolete Tensionador da Transportadora	3,1	3
	TOTAL	23,1	
	Provavelmente passara previsto		
	Atenção com tempo		
	Tempo suficiente		
	Válvula de Direção	0,4	1
	Cilindro Mestre	1	1
	Conjunto Motor Bomba	0,5	2
	Cubo de Roda	6,45	2
14SC14	Cilindro da Patola	1,4	2
	Pacote de Freio	2,4	2
	Ponteira da Roda	2,1	1
	Motor Eletrico da Transportadora	2,22	2
	Motor e Bomba Hidraulica	2,09	2
	Bomba Hidraulica	1	2
	Quadro Eletrico Lateral	1,5	2
	TOTAL	20,7	
	Pneu	0,5	3
	Válvula de Freio	0,4	1
14SC14	Tambor Enrolador de Cabo	4,3	2
	Cardan do Motor da Tração	0,55	1
	Cardan do Motor do Cubo de Rd	0,5	1
	Braço de Direção	2,33	2
	Válvula de Elevação da Cabeça	0,55	1
	Redutor de Tração	2,11	2
	Motor Eletrico de Tração	4,3	2
	Banco da Cabine	0,46	2
	Ponteira do Triangulo	1,55	1
	TOTAL	17,6	

Com este backlog preenchido, tem-se uma informação de tempo e pessoas necessária na execução das atividades, podendo fazer uma melhor distribuição da mão de obra em suas atividades.

4.3 Banco de dados

Feito estudo de tempos e Quantidade da mão-de-obra, onde esses dados foram introduzidos em um banco de dados no sistema da empresa, no qual indica o tempo e a quantidade de executantes necessários para a substituição de vários tipos de componentes dos equipamentos de frente de lavra (Tabela 03), informações que

backlog utilizará para guia e controle das atividades, este estudo foi baseado nas ordens de serviços executados no período de 03 anos.

Tabela 03 – Média do tempo de execução e quantidade de pessoas

TROCA DE SUBCONJUNTOS DA MARIETTA	HORAS	HOMENS
Cilindro Tambor Inferior Lado Direito/Esquerdo	2,15	4
Matriz	0,5	2
Cilindro da Extensiva	1,5	2
Radiador de Água	0,5	2
Cilindro de Nível Dianteiro	1,2	2
Bi-Partido	2	1
Manômetro de Pressão do Sistema Hidráulico	0,17	1
Cardam	3,2	2
Flange do Cardam	2,5	2
Conexão da Bomba	0,35	1
Cilindro Tensionamento corrente Transportadora	0,36	1
Motor Hidráulico	1,25	2
Bomba Hidráulica	1,35	2
Metanômetro	0,33	1
Chave de Emergência	0,41	1
Proporcional	0,48	1
Borracha de Proteção Bolsa de Gás	0,45	2
Borracha Anti-Impacto Traseiro	1,3	2
Rolete Tensionador da Transportadora	3,1	3

TROCA DE SUBCONJUNTOS DO SHUTLERCAR	HORA	HOMENS
Pneu	0,5	3
Válvula de Direção	0,4	1
Válvula de Freio	0,4	1
Cilindro Mestre	1	1
Conjunto Motor Bomba	0,5	2
Cubo de Roda	6,45	2
Cilindro da Patola	1,4	2
Pacote de Freio	2,4	2
Ponteira da Roda	2,1	1
Motor Elétrico da Transportadora	2,22	2
Motor e Bomba Hidráulica	2,09	2
Bomba Hidráulica	1	2
Quadro Elétrico Lateral	1,5	2

A Tabela 03 está exemplificando apenas as atividades que mais tem freqüência durante a execução de preventivas. No banco de dados existente, o conteúdo é bem maior, e tanto para a manutenção da Marietta quanto para a manutenção dos Shuttle-cars não são realizadas todas as operações previstas no banco de dados, pois as ordens de serviço, embora seja uma manutenção

preventiva, baseiam-se nas atuais observações de cada sistema de peças do equipamento em questão.

Em uma frente de lavra, para orientação das equipes é necessário um projeto de etapas de escavação (Figura 12), no painel de frente de lavra existem 2 shutller-cars em operação e uma Marietta (Figura 13), sendo que ao iniciar a manutenção preventiva, ou seja, no primeiro dia, ficará um Shuttle-car em operação normalmente e outro será deslocado para fora do painel (Figura 14). Será, então, feita sua preventiva individual. Assim que concluída, será feita a substituição pelo outro shuttle-car que estava em operação e, logo que termine a preventiva no segundo shutller-car, para-se o painel para executar a preventiva somente na Marietta. Com isso tem-se um ganho de 48h de operação com 01 shutller-car e 24 h a mais com dois shutller-car (Quadro 02).

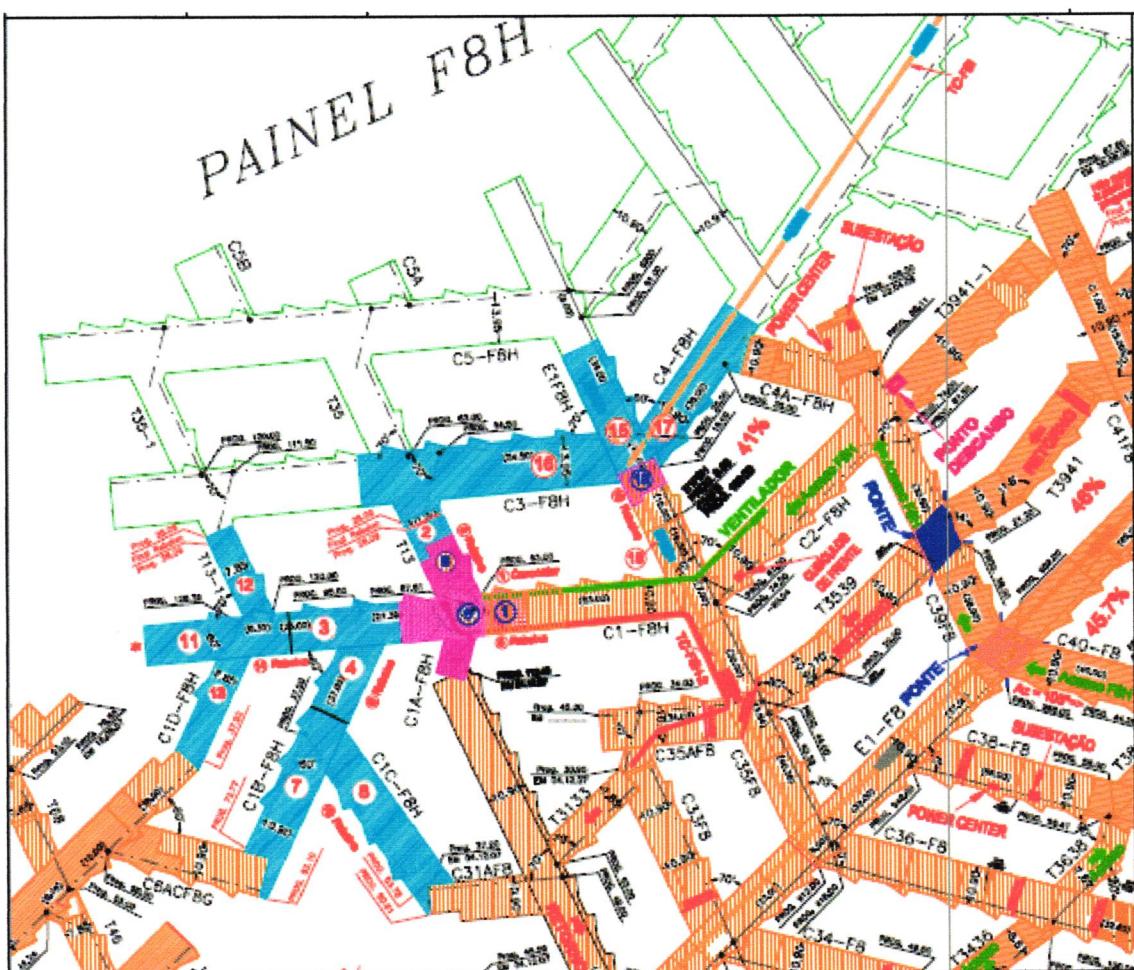


Figura 12 – Projeto da Lavra
Fonte: Vale

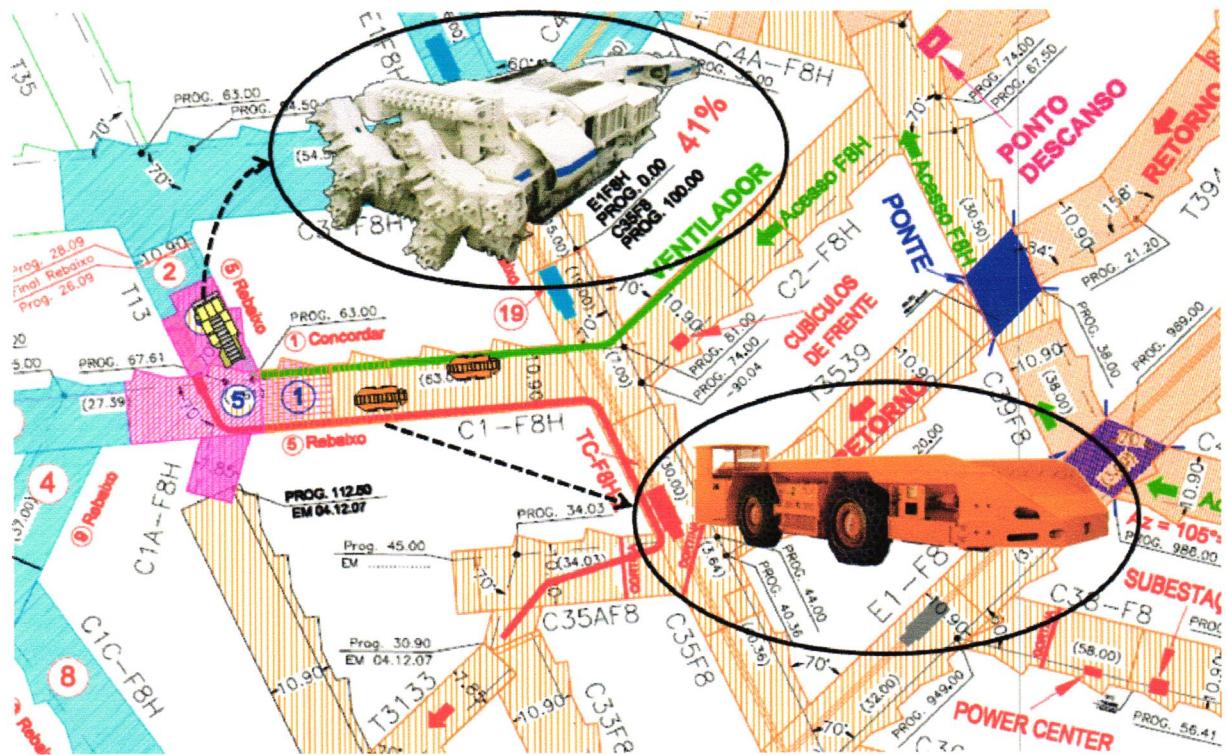


Figura 13 – Projeto da Lavra Atual
Fonte: Vale

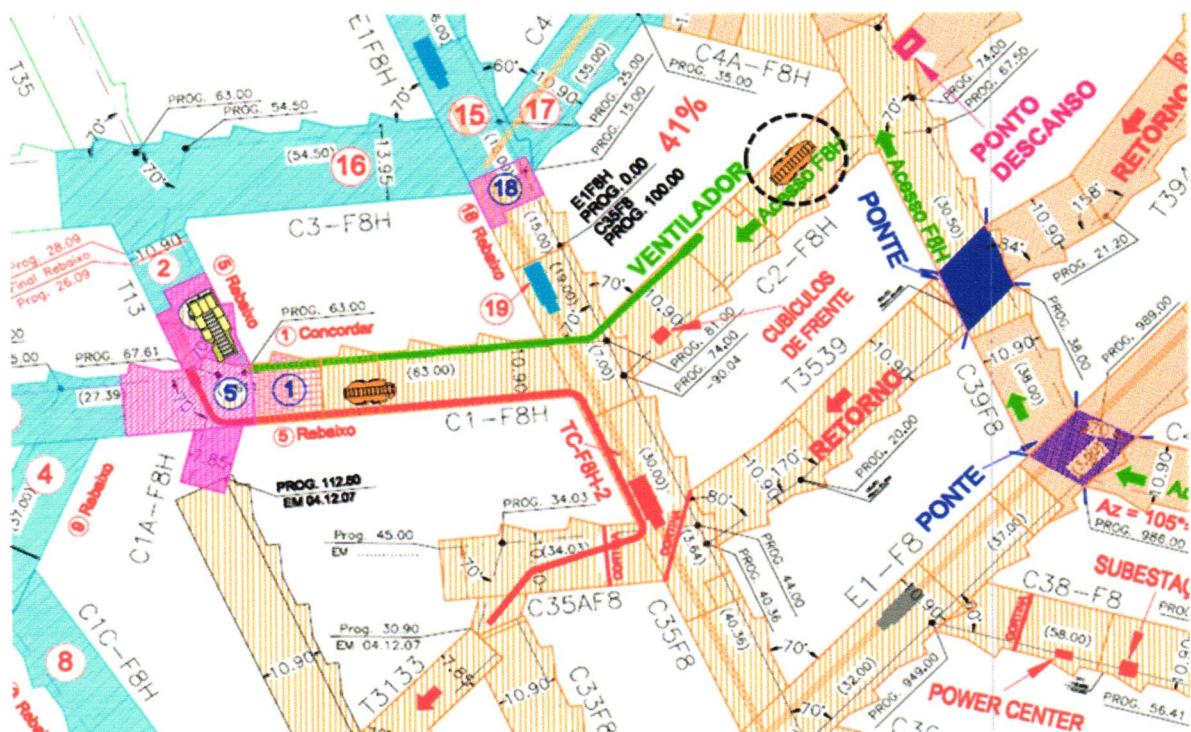


Figura 14 – Projeto da Lavra Modificada
Fonte: Vale

Com a execução desta proposta (Quadro 02) os operadores ficam mais direcionados às suas atividades, facilitando assim sua melhor distribuição em outras atividades que necessitam mais mão-de-obra ou mais tempo.

Quadro 02 – Cronograma semanal de manutenção

Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Operando com SC A	Operando com SC B	Parado o Painel MARIETTA	Parado o Painel MARIETTA	Rodando com 2 SC – A e B
50 % Produção (24 horas)	50 % Produção (24 horas)	Produção Parada (24 hs)	Produção Parada (24 hs)	Produção Normal

4.4 Resultados

Pode ser feito um cálculo da perda de produção e financeira para os 5 dias de parada praticados atualmente em cada painel. A Tabela 04 mostra estes resultados.

Tabela 04 – Resultados de produção para 5 dias parados

Equipamento	2 SC
Cargas por hora	18 viagens
Cargas por dia	432 viagens
Cargas em 5 dias	2.160 viagens
Produção de Lavra	32.400 ton
Produto Final (KCI)	10.962 ton
Perda Financeira	R\$ 7.794.468,00

Levando-se em consideração a premissa de que os Shuttle-Cars são considerados criticidade classe B, propõe-se, com este trabalho, a elaboração de um sistema cronológico de manutenção para cada Shuttle-Car separadamente. Isto é, faz-se a manutenção de um Shuttle-car em um dia enquanto o outro continua em operação. Concluída a manutenção deste, revesa-se e a manutenção do segundo Shuttle-car é feita. Por fim, faz-se a manutenção da Marietta em dois dias.

Ainda propõe-se a realização de uma operação de otimização da emissão das ordens de serviço, com a finalidade de melhor gerenciar todo o sistema de manutenção e, com isso, obter o ganho de mais um dia de operação.

Portanto, há o ganho de operação de um dia em cada Shuttle-car, ou seja, dois dias, e mais um dia de ganho com a otimização da emissão das ordens de serviço.

A Tabela 05 mostra um cálculo estimativo da perda de produção e financeira com esta nova concepção de manutenção.

Tabela 05 - Resultados de produção para 2 dias parados

Equipamento	2 SC
Cargas por hora	18 viagens
Cargas por dia	432 viagens
Cargas em 2 dias	864 viagens
Produção de Lavra	12.960 ton
Produto Final (KCI)	4.276,8 ton
Perda Financeira	R\$ 3.117.787,20

A Tabela 06 e o gráfico 02 mostra a comparação entre 5 e 2 dias de perdas produtivas em toneladas. Esta comparação demonstra que em ambas as situações há perdas, porém, com a implementação da proposta há uma redução para 2 dias de perdas apenas, ao invés de 5, como ocorre atualmente.

Tabela 06 – Tabela de comparação

EM 5 DIAS DE PARADA		EM 2 DIAS DE PARADA	
Equipamento	2 SC	Equipamento	2 SC
Cargas por hora	18 viagens	Cargas por hora	18 viagens
Cargas por dia	432 viagens	Cargas por dia	432 viagens
Cargas em 5 dias	2.160 viagens	Cargas em 2 dias	864 viagens
Produção de Lavra	32.400 ton	Produção de Lavra	12.960 ton
Produto Final (KCI)	10.962 ton	Produto Final (KCI)	4.276,8 ton
GANHO DE PRODUÇÃO		6.685,20 ton	
Perda Financeira	R\$ 7.794.468,00	Perda Financeira	R\$ 3.117.787,20
GANHO FINANCEIRO		R\$ 4.676.680,80	

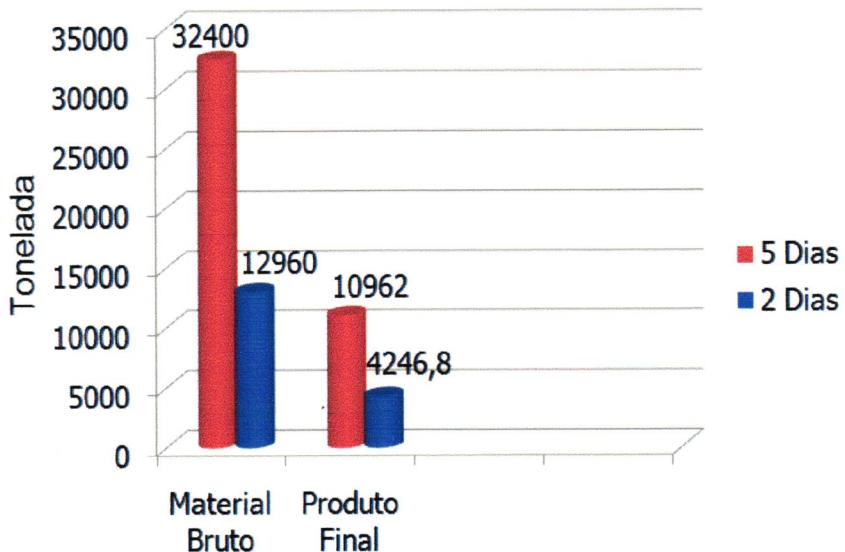


Gráfico 02 – Comparação de perda de produção (ton.)

O gráfico 03 demonstra a relação e desenvolvimento das metas programadas da empresa, o controle das medições e aproveitamento da capacidade de extração do minério bruto oriundo do sub-solo na mina da VALE, com a comparação do ganho realizado com a otimização do novo cronograma da manutenção preventiva, que mostra uma proximidade em atingimento das metas estabelecidas, visto que neste período de análise, alguns desvios não programados, ocasionaram uma redução no atingimento no desempenho programado de extração de minério. Observa-se que sem a modificação do cronograma de manutenção, a meta mensal não foi atingida em nenhum mês destes colocados como exemplo.

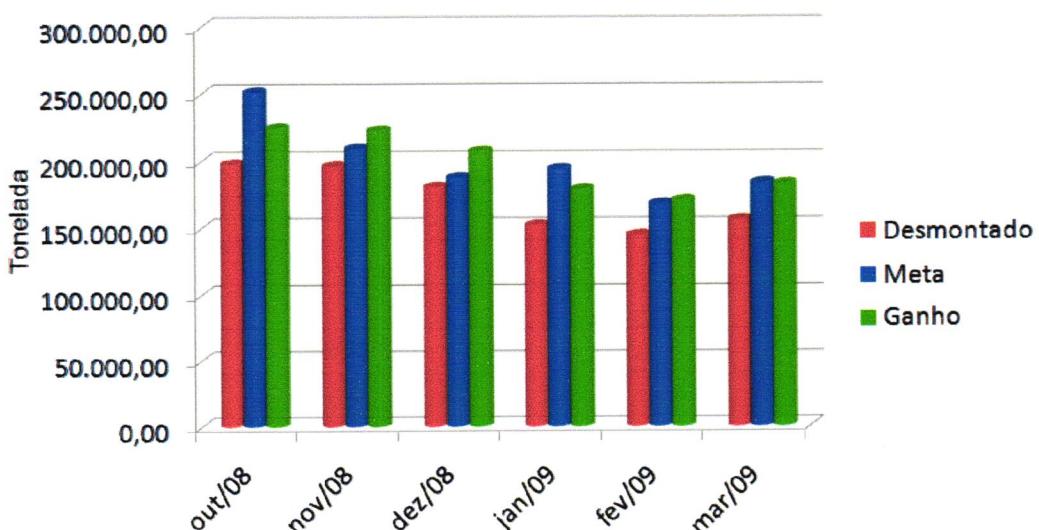


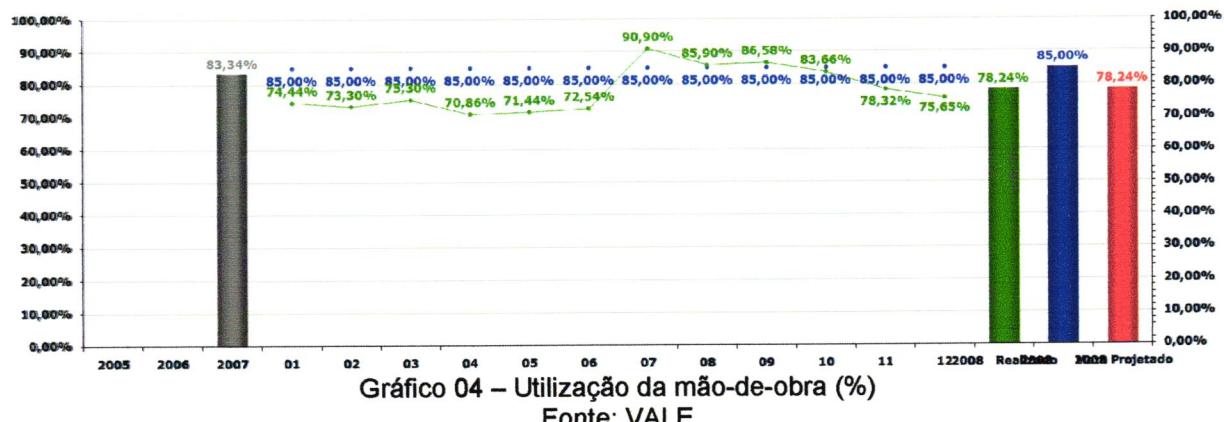
Gráfico 03 – Comparação entre desmontado, meta e ganho produção

4.5 Conclusão obtidas da análise sobre indicadores de manutenção e produção

A proposta de otimização do sistema de manutenção proporcionará ganhos significativos principalmente na produção e melhorias dos indicadores de manutenção e produção da vale, os indicadores que terá relação direta são: indicadores de utilização da mão-de-obra, minério desmontado, produtividade da lavra e o índice de excelência da manutenção, horas de manutenção preventiva e disponibilidade física dos equipamentos.

4.5.1 Utilização da mão-de-obra

A mão-de-obra utilizada na manutenção é de importância muito significativa, pois, ela é responsável direto na qualidade da execução, sendo que, o treinamento constante e uma distribuição organizada da mão-de-obra em relação às atividades a serem executadas, terá um resultado significativo para a melhoria dos números indicadores da utilização da mesma. O gráfico 04, demonstra a utilização em % da mão-de-obra em relação a meta e o projetado, indicando uma melhoria dos números seus números.



4.5.2 Minério desmontado

Para haver uma melhora neste índice, é necessário uma melhora na qualidade de manutenção executada no equipamento, fazendo com que o mesmo tenha maior rendimento na execução do desmonte da lavra. O gráfico 05, demonstra em tonelada melhorias do indicador em relação ao minério desmontado.

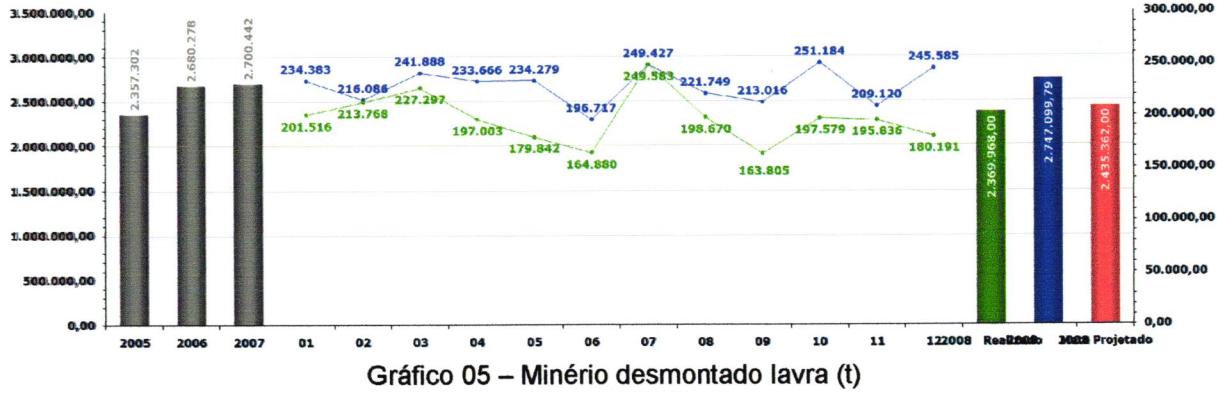


Gráfico 05 – Minério desmontado lavra (t)

Fonte: VALE

4.5.3 Produtividade da lavra

A produtividade da lavra está ligado à relação entre os resultados alcançados e as ações e recursos utilizados para alcançá-los, desta forma, a Vale busca constantemente a melhoria neste índice. Exemplos de fatores que impactam na Produtividade, são eles : Disponibilidade de SC's – (performance dos SC's); Fator de Carregamento – (apropriação de viagens, painéis rampados); Ciclo Operacional – (avanço do minerador, distância entre o FB/MC, distância entre o SC/MC, inclinação do FB); Horas Improdutivas – (acertos de pisos, realce de tetos). Perfil do Painel – (respeitando as trocas do SC's mais próximos possíveis do MC). O gráfico 06, demonstra a melhoria do indicador de produtividade da lavra em tonelada por hora, em relação a meta e o projetado.

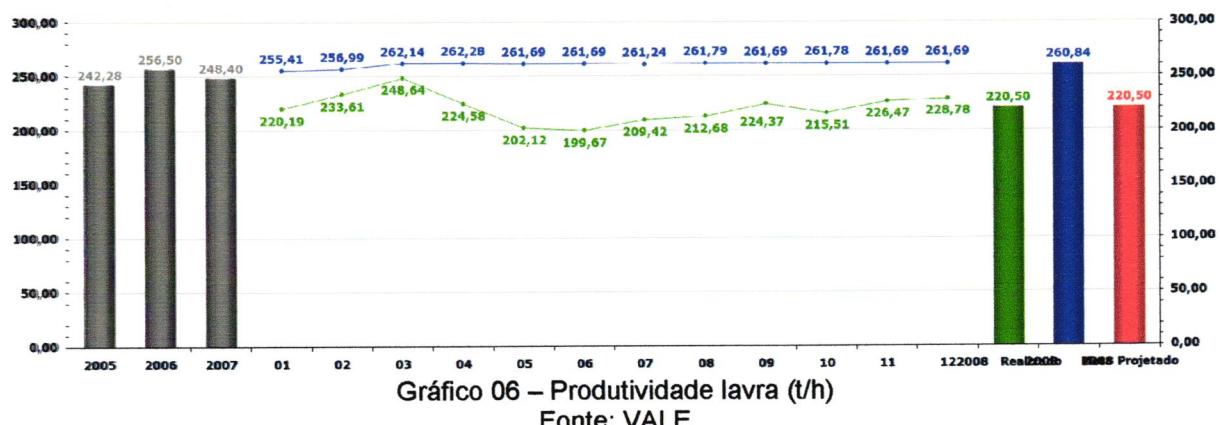


Gráfico 06 – Produtividade lavra (t/h)

Fonte: VALE

4.5.4 Excelência da manutenção

A excelência da manutenção para as empresas é um dos seus maiores objetivos, que propõem a redução dos custos com manutenção, aumentar a disponibilidade dos equipamentos da frota e minimizar o risco de quebras ou falhas,

através do cumprimento do plano de revisões programadas conforme a operação. O gráfico 07, demonstra o melhoramento do índice de excelência da manutenção em %, em relação a meta e o projetado.



Gráfico 07 – Índice de excelência da manutenção (%)

Fonte: VALE

4.5.5 Horas de manutenção preventiva

A constante busca de melhoramento ou de mudanças neste item está relacionado muitas vezes à qualidade da execução da atividade, pois, para tal fim é necessário um planejamento eficiente e coerente para a real necessidade que o mesmo apresenta, visto que, se há ganho em tempo na liberação do equipamento para seu fim(operação), consequentemente outros indicadores ligados ao mesmo sofrerá modificações. O gráfico 08, demonstra uma melhoria da utilização das horas de manutenção preventiva.

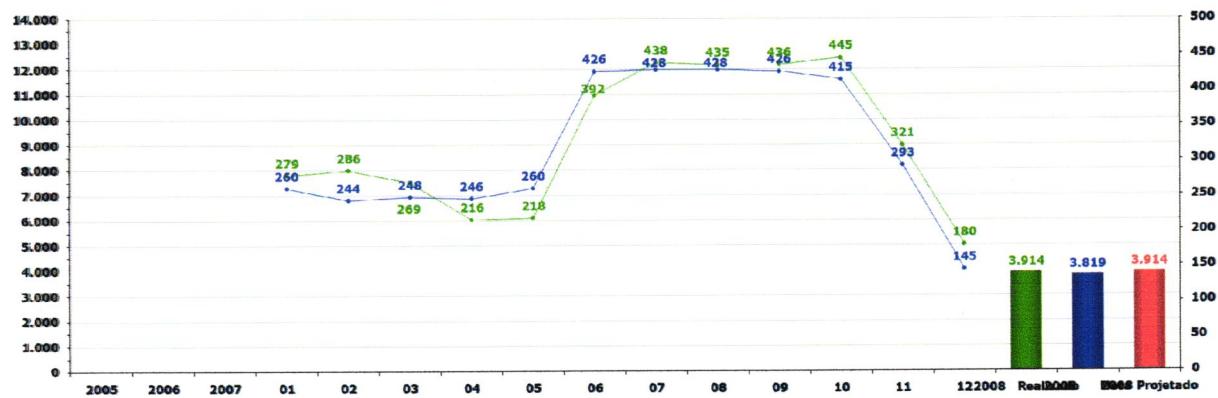


Gráfico 08 – Horas de manutenção preventiva (horas)

Fonte: VALE

4.5.6 Disponibilidade Física dos equipamentos

A disponibilidade física é o disponível real do ativo para produção, ou seja, que a manutenção(corretiva, preventiva, preditiva) seja realizada de forma

rápida e eficiente a fim de reduzir ao mínimo o tempo parado do equipamento. Este indicativo é calculado através das horas calendário – horas de manutenção / pelas horas calendário.

$$DF = \frac{HC - HM}{HC}$$

DF = Disponibilidade Física

HC = Hora Calendário

HM = Hora Manutenção

5 CONCLUSÃO

O sistema de gerenciamento da manutenção dos equipamentos de lavra para cada painel, atualmente, aponta possibilidades de otimização.

Também foi observado que uma proposta de otimização é cabível ao sistema de manutenção atualmente praticável. Os números comparativos do sistema atual e do sistema proposto apontam um ganho de produção satisfatório.

Como observado, a proposta para otimização do sistema de manutenção preventiva apresenta pertinência técnica, visto que, atualmente, há uma má distribuição de mão de obra por tempo demandado para a manutenção dos equipamentos de mineração aqui mencionados.

Esta proposta de otimização, principalmente, será capaz de oferecer ganho financeiro final em torno de 4,6 milhões de reais por painel. Se multiplicado este valor por cinco painéis em operação há um ganho total de aproximadamente 23 milhões de reais por mês em cada parada da mina para manutenção dos equipamentos. O investimento financeiro para essa otimização será zero, ou seja, não terá despesas para a implantação desta nova proposta. Portanto, coexistem viabilidade técnica e financeira para a implementação do modelo de otimização proposto.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D.A; PINHO, A.F. **Indicador de Desempenho Intra-Falha: Uma abordagem Racionalizadora para Liberar Capacidade Produtiva em Empresas do Setor Elétrico.** In anais do VI Congresso Latino Americano Generación y Transporte de la Energia Electrícia – GLAGTEE, Argentina, Novembro de 2005.

ALEXANDRE SOUZA, TMP – **Manutenção produtiva total (total productive maintenance).** Revista da ABIFA- Fundição & Matérias-Primas Edição 102 Novembro de 2008 -103 Dezembro 2008.

FERNANDES, A. R. **Manutenção produtiva total: uma ferramenta eficaz na busca pela perda-zero.** Universidade Federal de Itajubá. Itajubá – MG. 2005.

FILHO, GIL BRANCO. **Dicionário de Termos de Manutenção e Confiabilidade, 2.** ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna., 2000.

GOUVEIA, M. A. S. **Planos de manutenção como principal estratégia para recuperação da confiabilidade dos equipamentos de Lavra da Mina de Potássio na UOTV – CVRD/SE.** FANESE, Aracaju – SE. 2007.

MENEZES, Ivan Montenegro de e ALMEIDA, Magnus de Lelis. **Manual de manutenção Industrial.** Itabira: Cia Vale do Rio Doce, 2002.

PINTO, Alan Kardec e XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção: Função estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2005.

TAVARES, Lourival Augusto. **Manutenção centrada no negócio.** Rio de Janeiro: Novo pólo publicações, 2005.

TSANG, A. H. C. & CHAN, P.C. **TPM Implementation in China: A Case Study.** International Journal of Quality & Reliability Management, MCB University Press, Vol.17, No. 2, 2000, pp.148-156.

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