



SP/GPT/03

São Paulo, 10/15 de abril de 1972

GRUPO DE ESTUDOS DE PRODUÇÃO TÉRMICA

SISTEMAS DE MANUTENÇÃO: IMPLANTAÇÃO, MÉTODOS E
TÉCNICAS

Antoninho V. De Zoppa
Wilson W. D'Andréa

LIGHT - Serviços de Eletricidade S.A.

I - SISTEMAS DE MANUTENÇÃO

1.1 - Objetivos - Para o estabelecimento de um sistema de manutenção, um dos fatores que maior importância apresenta é a fixação dos objetivos a que se propõe esse sistema.

Evidentemente, dentro das limitações existentes e do programa de funcionamento fixado, há certo condicionamento do estabelecimento dos objetivos para um mesmo equipamento. Isto significa que, dependendo das condições existentes no período, pode-se orientar a manutenção no sentido de satisfazer determinadas exigências inerentes a estas próprias condições.

Um dos objetivos básicos, sem dúvida alguma, é a minimização dos custos de qualquer processo industrial. Paralelamente a êste podemos citar, em caráter geral, segurança, confiabilidade, precisão, disponibilidade, e outros, que, inegavelmente, sempre recaem no primeiro.

1.2 - Tipos de manutenção - Teoricamente, dois são os tipos básicos de manutenção existentes: Preventiva e Corretiva. Entende-se como preventiva a manutenção que tem por finalidade única e exclusiva manter o equipamento dentro das condições satisfatórias de funcionamento pré-estabelecidas, evitando ao máximo as quebras indesejáveis. A Corretiva simplesmente conserta qualquer falha existente.

Evidentemente, tal divisão não tem caráter prático, e uma subdivisão é requerida para que se possa levar a termo qualquer sistema de manutenção.

Nesta fase influem, de um modo geral, as características particulares da Empresa. Exemplificando podemos dizer que

uma empresa de funcionamento contínuo não poderá de forma alguma se submeter a um processo de manutenção semelhante a outro de funcionamento descontínuo.

Generalizando podemos citar os seguintes tipos:

- | | | | |
|--------------|---|-------------|-------------------------------|
| - Preventiva | {
programada
sistemática
rotineira | - Corretiva | {
programada
emergência |
|--------------|---|-------------|-------------------------------|

Definindo teremos:

Preventiva programada é o tipo de manutenção que se faz baseado no acompanhamento das variáveis mais representativas das condições de funcionamento do equipamento.

Preventiva sistemática é baseada simplesmente em períodos pré-fixados de manutenção, definidos por informações do fabricante e por observação dos dados estatísticos de funcionamento dos equipamentos.

Preventiva rotineira é feita por elementos permanentemente em contacto com a operação do sistema industrial, onde se procura sanar os defeitos mais simples rapidamente, além de se dar uma cobertura permanente ao funcionamento dos equipamentos.

Corretiva programada é o tipo de manutenção que, embora haja desvios nos padrões operacionais, existem meios de supervisão e controle que permitem manter as anomalias dentro de faixas de segurança. É o chamado risco calculado.

Nestes casos os serviços podem ser programados para quando houver disponibilidade do equipamento ou for mais conveniente.

Corretiva de emergência é o tipo de manutenção levado a cabo imediatamente a fim de minimizar os custos de parada e conseqüentemente o lucro cessante, ou eliminar qualquer condição de insegurança existente.

II - IMPLANTAÇÃO

2.1 - Levantamento dos Recursos Existentes e Necessidades Adicionais

Com os conceitos já emitidos, adaptados aos objetivos de ca da unidade industrial, podemos iniciar o estudo da implantação do sistema de manutenção.

Para a implantação de um plano de manutenção devemos também considerar outros fatores que passaremos a enumerar e estudar.

- Organização de um arquivo técnico de manutenção, constando de catálogos, desenhos e lista de peças.
- Bom entendimento entre manutenção e operação.
- Estabelecimento de um programa de inspeções.
- Número suficiente de pessoal especializado.
- Almoxarifado organizado e dimensionado economicamente a fim de atender o programa pré-estabelecido.

O Arquivo deve ser atualizado, a fim de fornecer imediatamente e com riqueza de detalhes qualquer dado técnico necessário à manutenção.

Nenhum programa de manutenção pode funcionar sem um bom en tendimento entre manutenção e operação. Chamamos um bom en tendimento quando ambos os grupos estão concordes com os objetivos estabelecidos inicialmente para toda a unidade industrial.

O estabelecimento da rotina de inspeções tem por objetivo primordial evitar a chamada "quebra de máquinas".

O programa de inspeção pode ser superficial ou bem profundo dependendo dos objetivos pré-estabelecidos para a manuten-

ção, e das características próprias de cada unidade.

O mais importante de um plano de inspeção é o estabelecimento de um critério para descrição e avaliação das deficiências.

A avaliação de um sistema de inspeção como de qualquer manutenção, será através da obtenção de resultados de aumento de produção, diminuição das horas perdidas e diminuição dos custos.

O outro fator importante é o número de pessoal especializado suficiente para a execução do programa. Este número será função do programa em si e do estabelecido (frequência de inspeções, frequência de revisões, custos). *

Além do dimensionamento do número de pessoas necessárias à execução de um determinado programa, também é importante a seleção e treinamento dêste pessoal. Se existente, como treiná-lo? Se necessário como recrutá-lo? O treinamento deve ser objetivo e específico ao processo e aos equipamentos em si.

Quanto à seleção, se possível, deverá ser feita através do recrutamento de pessoas da Operação que já possuem determinado conhecimento do processo, ou através de um processo seletivo levando-se em consideração os requisitos básicos necessários ao treinamento.

Com último item podemos citar a necessidade de dimensionamento econômico de estoques a fim de atender os objetivos do programa, e não sobrecarregar, com um alto custo de estocagem, os custos totais.

Dois setores influem decisivamente no estabelecimento de

um plano de dimensionamento de estoques de componentes de reposição, prioridade do equipamento a que pertence e custo do material.

2.2 - Critério para Escolha dos Equipamentos

Evidentemente, dentro de uma unidade industrial, nem todos os equipamentos existentes receberão manutenções preventivas.

Torna-se necessário então que se estabeleçam determinados critérios segundo os quais se fará o selecionamento de quais os equipamentos que pertencerão ao plano proposto.

Dentre eles podemos citar, como de caráter geral, os seguintes:

- disponibilidade
- nível de produção
- segurança
- eficiência

E, particularmente a cada equipamento, teremos:

- período de vida útil
- facilidade de reposição
- procedência (nacional ou importado)
- custo de reposição
- outros

Por outro lado, cada um dos equipamentos selecionados terá uma importância relativa no processo industrial. Cabe então a classificação dos equipamentos segundo níveis de prioridade.

2.3 - Classificação dos Equipamentos

Estabelecida a relação dos equipamentos cuja manutenção preventiva é considerada necessária, devemos agora classificar tais equipamentos levando em consideração determinadas ca-

racterísticas que os relacionam diretamente ao processo produtivo.

Evidentemente tais características vão ser mais ou menos representativas em função das características próprias da empresa à qual se propõe o plano.

Relacionaremos a seguir 3 variáveis que, de um modo geral, deverão ser estudadas:

- qual a função do equipamento no processo produtivo.
- qual a porcentagem de reserva existente.
- qual o seu custo de reposição.

A partir da avaliação de cada equipamento segundo a orientação acima, poderemos definir o que seja PRIORIDADE.

Lógicamente o número de níveis de prioridade deverá ser estudado para cada caso em particular, mas, como medida elucidativa, definiremos três.

1ª prioridade - a este nível pertencem todos os equipamentos que influem diretamente no processo produtivo e que não contam com nenhuma porcentagem de reserva.

Os equipamentos aqui não enquadrados, mas que possuem elevado custo de reposição, também deverão ser considerados como de 1ª prioridade.

2ª prioridade - engloba os equipamentos que influem indiretamente no processo produtivo, no que diz respeito principalmente à eficiência, e também os que influem diretamente mas que possuem uma porcentagem de reserva.

3ª prioridade - neste item estão classificados os equipamentos auxiliares cuja influência no processo produtivo é limitada. São os chamados equipamentos de apoio ao processo produtivo.

Paralelamente a estas variáveis, outras existem que podem alterar a classificação acima, função, como já dissemos,

somente das características da Empresa.

Exemplificando, para indústrias de funcionamento descontínuo dificilmente teremos falta de disponibilidade de equipamentos para manutenção, mesmo que estes influam diretamente no processo produtivo.

Outro fator que não pode ser deixada a parte é a segurança.

Através de um equipamento, mesmo que seja de 3ª prioridade, poderá ter sua classificação alterada para 1ª prioridade, desde que influa na segurança do pessoal ou de outros equipamentos. Um exemplo típico é um Sistema Contra Incêndio, que deverá ser mantido sempre em perfeitas condições de funcionamento, embora não tenha qualquer relação com o processo produtivo.

A importância de uma classificação perfeita dos equipamentos é exatamente para a definição do tipo de manutenção que deverá sofrer e do grau de supervisão necessário ao seu funcionamento.

III - MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DOS PERÍODOS E TIPOS DE MANUTENÇÃO

3.1 - Relacionamento Equipamento/tipo de Manutenção

Classificados os equipamentos segundo prioridades, cabe agora estabelecer para cada um deles que tipo de manutenção deverá sofrer.

Evidentemente as maiores atenções deverão ser dadas aos de 1ª prioridade, e dentre êles deve ser feito um estudo rigoroso para verificação de quais os tipos que mais a cada um deles se adaptam.

Em princípio, os equipamentos de 1ª prioridade podem ser cobertos pelo tipo de manutenção preventiva programada, que dão origem às Paradas Programadas, com interrupção total da produção. Este tipo é mais ou menos característico das unidades industriais de funcionamento contínuo.

Os equipamentos de 2ª prioridade recebem o tipo de manutenção preventiva sistemática e rotineira. Para isto é feito um cronograma baseado nas variáveis condicionantes do período de manutenção ligados diretamente ao equipamento.

Os de 3ª prioridade poderão sofrer também manutenções preventivas sistemáticas e rotineiras, ou poderão, dependendo da orientação dada, ficar na dependência somente de manutenções correctivas programadas.

3.2 - Determinação das variáveis condicionantes dos períodos de manutenção

Fundamentalmente existem três tipos característicos de variáveis condicionantes e/ou determinantes do período de manutenção, ou seja: de natureza operacional, a segunda li

gada diretamente ao equipamento e a terceira de natureza supervisora ou monitora complementando as duas iniciais.

Nas variáveis de natureza operacional teremos, por exemplo, nível de produção, eficiência, consumo de combustível ou outro fluido ligado ao processo, limitações do fabricante para temperatura, pressão, vazão, voltagem, corrente e outras grandezas físicas.

Nos equipamentos em si teremos como variáveis características: a vida útil, número de horas trabalhadas, número de operações (partidas e paradas), dados do fabricante, normas que regulam o assunto.

As variáveis monitoras, que servirão para reavaliação dos períodos, podem ser: nível de vibração, temperaturas em pontos determinados (mancal, óleo de lubrificação ou isolante) ruído, óleo lubrificante (coloração, tipo de contaminação) e outras que dependerão do grau de complexidade do equipamento.

Gostaríamos de lembrar que a escolha dos tipos de variáveis depende de muitos outros fatores, tais como, tipo de unidade industrial e objetivos determinados a serem cumpridos.

Interessante também é a separação das variáveis de natureza operacional das duas outras, a fim de se estabelecer um nível de conflito em prol da segurança do equipamento.

3.3 Programação de Manutenção

Estabelecidos tipos e períodos de manutenção para cada equipamento, cabe-nos agora, através de técnicas as mais variadas possíveis, fixar uma Programação de Manutenção, ou

seja, relacionar o planejamento anterior, em função do tempo.

Esta Programação visa principalmente ordenar os equipamentos de tal forma a aproveitar ao máximo os recursos existentes de material, mão de obra, ferramentas, instrumentos etc..

Em unidades industriais extremamente complexas a programação torna-se cada vez mais importante. Isto é fácil de se verificar admitindo-se, por exemplo, a existência de um equipamento que, admitido como um todo, envolve, para sua manutenção, recursos os mais variados possíveis (mecânica, eletricidade, civil, instrumentos etc.). Programar significa fazer com que todas as especialidades de manutenção estejam voltadas para este equipamento exatamente no mesmo período, para que sejam evitadas duplicidade de paradas completamente desnecessárias. Em suma procura-se fazer uma coordenação dos recursos.

Por outro lado, a medida que a complexidade de um equipamento ou conjunto de equipamentos aumenta, torna-se necessário o emprêgo de técnicas avançadas de programação e ordenação de tarefas, como, por exemplo, o PERT e CPM. Atualmente faz-se uso de computadores para programação e controle de execução, tal é o nível de complexidade existente em determinadas unidades industriais.

Não devemos, por outro lado, nos preocupar excessivamente com a sofisticação de uma programação de manutenção e devemos sempre partir da hipótese que simplificar é melhor do que complicar.

Queremos com isto dizer que técnicas simples e eficientes deverão ser usadas a medida do possível, até que comecem

apresentar limitações. É a técnica de simplicidade.

Um processo gráfico muito utilizado é o Cronograma de Manutenção. Através dele conseguimos imediatamente ter uma visão geral de como anda o programa de manutenção, eliminando consultas demoradas a arquivos e listas, que jamais poderão dar uma visão do conjunto.

Portanto, é sempre importante lembrar que programar é ordenar serviços, para que se faça manutenção com um mínimo custo possível, dentro dos recursos disponíveis, utilizando-se de técnicas cujo grau de sofisticação e complexidade só deverá ser aumentado à medida que as anteriores não satisfaçam as necessidades.

A avaliação de um programa de manutenção pode ser feita através das respostas às seguintes perguntas:

- É baseado nos objetivos claramente definidos?
- É simples?
- É flexível?
- É balanceado?
- Usa os recursos disponíveis até o máximo possível, ao invés de condicionar seu sucesso a existência ou necessidade de novos recursos?

IV - TÉCNICAS DE CONTRÔLE

4.1 - Variáveis controladas

Controlar é verificar se tudo está sendo feito de acordo com o plano pré-estabelecido, se os objetivos propostos estão sendo atingidos.

Pela própria definição de controle verificamos que o mesmo está intimamente ligado à existência de um plano proposto e à fixação de variáveis a serem controladas que mais fielmente traduzam o comportamento do sistema.

O estabelecimento de variáveis representativas, a delimitação de suas oscilações e os meios previstos a priori de atuação devem:

- permitir a obtenção de informações sobre o andamento do plano proposto.
- permitir o estabelecimento de comparações.
- servir de instrumento para uma ação antecipada.

Para cada tipo de unidade industrial heverá variáveis que melhor caracterizam o andamento e a qualidade de manutenção. Um exemplo pode ser dado baseando-se no conceito de disponibilidade ou seja na análise, em termos de tempo, de seu funcionamento.

Podemos definir os seguintes tempos:

- tempo gasto em manutenção preventiva - T_p
- tempo gasto em manutenção corretiva - T_c
- tempo disponível para a operação - T_o

A partir dos quais poderemos estabelecer os seguintes índices:

$$\frac{T_p}{\sum T} = \text{índice de preventiva}$$

$$\frac{T_c}{\sum T} = \text{índice de corretiva}$$

$$\frac{T_o}{\sum T} = \text{índice de disponibilidade para operação}$$

Neste exemplo em particular, a finalidade principal é minimizar T_c a partir de um bom dimensionamento de T_p . Dizemos um bom dimensionamento, pois devemos ponderar muito bem, em termos de custo, também $T_p + T_c$, para que não supor dimensionemos T_p , levando T_c a zero, em troca de um alto custo de manutenção.

Como vemos, o custo de manutenção é uma variável importante a ser controlada, pois sua influência nos custos totais pode ser muito representativa.

Paralelamente a estas, inúmeras outras variáveis podem ser controladas, e dentre elas podemos citar os seguintes índices:

- I - $\frac{\text{número de MP}}{\text{nº de MP + MC}}$
- II - $\frac{\text{número de MC}}{\text{nº de MP + MC}}$
- III - $\frac{\text{Hxh gastas em MP}}{\text{Hxh gastas em MP+MC}}$
- IV - $\frac{\text{Hxh gastas em MC}}{\text{Hxh gastas em MP+MC}}$
- V - Hxh/MP
- VI - Hxh/MC

Cada um deles tem, em um sistema de controle de manutenção, uma finalidade bem definida e, de um modo geral, podemos dizer que:

- I e II - traduzem a eficiência e a qualidade da manutenção.

III e IV - têm papel importante na apuração dos custos de manutenção.

V e VI - são índices orientativos na programação de manutenção, no que se refere ao dimensionamento de recursos.

A análise estatística destes índices é uma ferramenta de grande utilidade na avaliação de um programa de manutenção e, através dela, condicionaremos as orientações futuras, fixando maiores recursos onde realmente são necessários.

4.2 - Custo de manutenção

Um dos mais complexos problemas relacionados à manutenção é o custo.

Uma pergunta que surge de imediato é: quais as parcelas que compõem o custo da manutenção?

Na manutenção, como em qualquer outro processo produtivo, podemos dividi-lo em duas parcelas: custos diretor e indiretos, compostos da seguinte maneira:

- Custos Diretos
 - mão de obra direta
 - material de consumo geral
 - componentes de reposição
 - custo de estocagem dos componentes de reposição e dos materiais de consumo geral.
- Custos Indiretos
 - supervisão
 - administração
 - planejamento

Devemos lembrar que os custos de manutenção entram na composição de custos da empresa como uma parcela do GIF (gastos indiretos de fabricação). Sendo assim, a primeira idéia seria minimizá-lo com conseqüente diminuição do custo total. Isso, no entanto, não é bem verdade, pois a minimização dos custos totais se dá com uma parcela bem determinada dos

custos de manutenção, como pode ser verificado no gráfico representativo da figura 1.

O problema está realmente em dimensionar a manutenção para atingirmos o mínimo custo total. Nesse gráfico ilustrativo verificamos que tal nível comporta uma parcela bem determinada da manutenção planejada, mas também possui uma parcela representativa de manutenção de emergência.

Isso vem comprovar o que dissemos no item anterior à respeito do dimensionamento do índice de preventiva e vem também confirmar, em termos de custo, os princípios básicos de programação do item 3.3.

Evidentemente, somente através da obtenção de dados históricos e de um sistema sólido de controle de custos é que chegaremos a tal dimensionamento.

Por outro lado, não devemos aceitar os custos de manutenção como um número imutável.

Um bom estudo sobre racionalização de trabalho, aproveitamento máximo dos recursos existentes, e um dimensionamento econômico de estoques diminuirão acentuadamente os custos referentes à manutenção planejada, trazendo os custos totais abaixo do ponto de mínimo.

Outra vantagem de um controle de custos bem feito é no desenvolvimento da previsão orçamentária.

Baseados em custos históricos de manutenção, na previsão de serviços para o período subsequente e em dados estatísticos de comportamento dos equipamentos, podemos elaborar, com grande porcentagem de certeza, um orçamento que se aproximará muito da realidade, pois os acontecimentos aleatórios

são levados a um nível previsível e bem controlado.

4.3 - Reprogramação periódica

Uma das características que qualificam um bom programa de manutenção é a flexibilidade.

Estabelecer-se hoje um ótimo programa não significa ter um bom programa daqui a um ano. Muito pelo contrário, poderemos ter um péssimo programa, isto porque ele deve estar relacionado com um processo dinâmico, onde tudo muda com o tempo. Características dos equipamentos, envelhecimento do processo em geral, novas orientações, novos objetivos, novas necessidades, modificações operacionais etc., são variáveis que poderão torná-lo obsoleto em pouco tempo.

A avaliação permanente de qualquer plano de manutenção é necessária. O acompanhamento das variáveis que traduzem sua qualidade e eficiência é um dos fatores que condicionam sua continuidade.

Através da figura 2, damos um exemplo de um processo de atualização permanente de programações flexíveis. Neste exemplo são levados em consideração a comparação do previsto com o executado além da ponderação de diretrizes da Administração e das condições do período subsequente. De um modo geral estes três fatores são suficientes para uma boa atualização, pois, a comparação do previsto com o executado nos dá a eficiência e qualidade do plano para o período atual e os dois posteriores, novas diretrizes e novas condições, fixam novos objetivos a serem atingidos ou redimensionam os existentes.

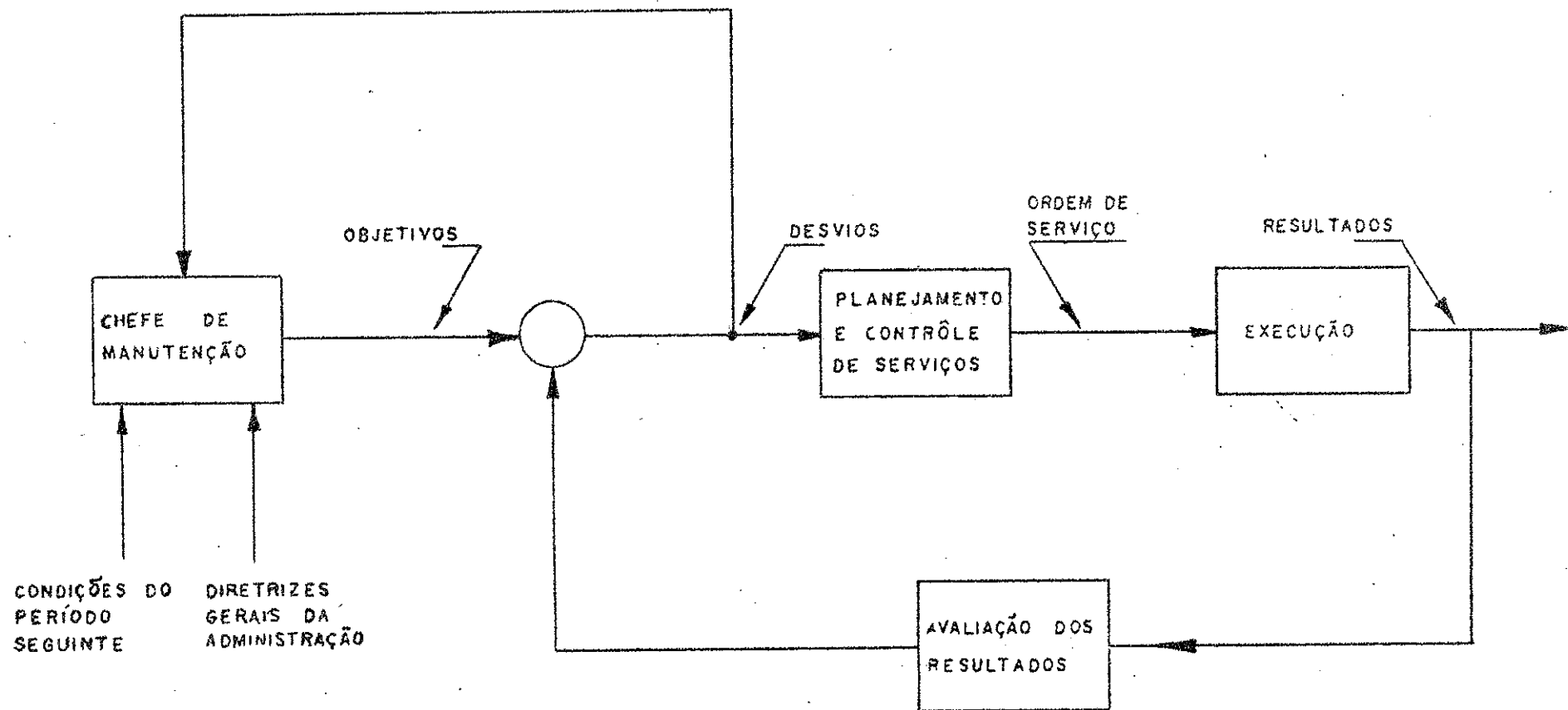


FIG. 2

V - SISTEMA DE MANUTENÇÃO DA U.T.P.

5.1 - Introdução

Nosso intuito aqui é apresentar um sistema de manutenção em funcionamento, baseado nos conceitos dados anteriormente. Procuraremos sintetizar ao máximo possível, para torná-lo elucidativo, mostrando apenas seus conceitos básicos, alguns detalhes de seu funcionamento e sua avaliação.

5.2 - Conceitos básicos

5.2.1 - Objetivos - A orientação geral dada ao sistema é fazê-lo suficiente para atender quatro objetivos básicos que traduzem também a qualidade de funcionamento de uma Usina Térmica.

- confiabilidade
- efetividade
- custos
- segurança

Confiabilidade - diretamente ligada à disponibilidade, representa a grande porcentagem de certeza a que devemos ter no bom funcionamento dos equipamentos, dentro de padrões pré-estabelecidos, para um período de tempo determinado, evitando-se ao máximo ocorrência de defeito.

Efetividade - Não é suficiente operar, devemos fazê-lo dentro do máximo de eficiência possível.

Sempre, uma diminuição de eficiência acarreta um aumento dos custos operacionais.

Custos - é uma consequência dos dois anteriores. Podemos dizer resumidamente que: estar sempre disponível para a operação com a máxima eficiência possível é gerar com baixo custo.

Segurança - é desnecessário dizer que a segurança do pessoal e do próprio equipamento deve ser sempre respeitada, mesmo que para tanto se incorra em um aumento aparente de custos.

A medida dos objetivos pode ser feita através de índices representativos. Sendo assim foram estabelecidos os seguintes principais índices de:

Confiabilidade - representada pelos níveis de disponibilidade:

- a) período de seca ($\pm$ 18 meses)
fator de disponibilidade = 94%
- b) período de chuva
fator de disponibilidade:
85% p/ as unidades c/reaquecimento
88% p/ as unidades s/reaquecimento

Efetividade -

- a) rendimento térmico global =
rendimento em relação a energia produzida.

Unid.	- Carga	-	rendimento
1 e 2	- 100 MW	-	31,00%
3 e 4	- 136 MW	-	35,00%
Global	-	-	33,44%
- b) consumo específico de óleo combustível

Unid.	1 e 2	- 0,265 Kg/kWh
Unid.	3 e 4	- 0,230 Kg/kWh
Global	---	- 0,247 Kg/kWh
- c) porcentagem de energia consumida na Usina =

Unid.	1 e 2	- 3,9%
Unid.	3 e 4	- 4,8%
Global	---	- 4,4%
- d) porcentagem de água de reposição =
Make - Up = de 0,9 a 1,0%

Aqui convém lembrar que os valores estabelecidos se referem a geração máxima. Sendo, dessa forma, tomados como referência básica.

Qualquer outra demanda, que não a de máxima geração, alterará completamente tais valores.

Custos - em relação aos custos, foi fixada a taxa de crescimento de um índice que, isoladamente, não é representativo, mas sua avaliação no decorrer dos tempos nos fornece o desenvolvimento da manutenção. Foi então fixada uma taxa de crescimento anual de 0.184% para a relação: custo de manutenção sobre valor atual do investimento sem depreciação. Esta taxa é reavaliada anualmente, através de uma análise de regressão simples, introduzindo-se os gastos reais do ano e atualizando-se os anteriores segundo índices oficiais.

Evidentemente, a análise do comportamento de cada um dos índices isoladamente não é representativa. Uma avaliação da qualidade e do comportamento da manutenção deverá ser feita através de uma ponderação entre eles.

Também aqui deveremos encarar o problema dinamicamente. Tomemos como exemplo uma situação em que o fator de disponibilidade está dentro do previsto e, para tanto, temos um determinado custo de manutenção.

Nada mais justo então que tentarmos diminuir os gastos em manutenção até que a disponibilidade comece a ser prejudicada.

A validade da orientação acima é indiscutível, mas qualquer ação tomada neste sentido deve sê-lo com o máximo de cuidado possível pois, devemos ter sempre em mente que um investimento em manutenção é um investimento a longo prazo e os resultados, de forma alguma, poderão ser medidos de imediato.

5.2.2 - Seleção e classificação dos equipamentos

Foram selecionados e classificados os equipamentos segundo os seguintes principais critérios:

- função no processo
- disponibilidade
- vida útil
- custo de reposição
- segurança
- eficiência
- porcentagem de reserva existente

Temos então os equipamentos englobados em três grupos distintos, cada um deles com um nível de prioridade bem definido. Chamamos então de:

Equipamentos de 1ª prioridade os que influem diretamente na geração; que possuem alto custo de reposição e aqueles que estão ligados diretamente à segurança do pessoal ou do equipamento. Exemplificando:

- Caldeira, turbina, gerador, excitatriz, transformadores principais, ventiladores - influem diretamente na geração.
- Bomba de alimentação - alto custo de reposição embora possua grande porcentagem de reserva.
- Instrumentos de supervisão das turbinas - não têm influência direta no processo, mas fornecem permanentemente as condições de operação das turbinas, contribuindo portanto, não só para a segurança do próprio equipamento, como também para a do pessoal.

Equipamentos de 2ª prioridade os que, embora influenciando diretamente no processo, têm grande porcentagem de reserva; que contribuem somente para a melhoria da eficiência operacional; os equipamentos auxiliares, cujo mal funcionamento prejudique, de um modo ou de outro, o bom funcionamento do processo. Exemplificando:

- Bombas de extração do condensado - estão ligadas diretamente ao processo, mas possuem 100% de reserva.
- Pontos de aquecimento - ligados diretamente à eficiência de operação.
- Controle automático de combustão está relacionado à efi-

ciência e, seu mal funcionamento prejudica sensivelmente a operação da unidade.

Equipamentos de 3ª prioridade os que não influem diretamente no processo ou aqueles que, mesmo influenciando, possuem baixo custo de reposição. Exemplificando:

- sistema de filtragem e purificação dos óleos isolante e lubrificante.
- bombas de recuperação do condensado.
- manutenção cívil em geral.
- termômetros industriais.

5.3 - Tipos de manutenção

De um modo geral são usadas na usina duas formas de manutenção preventiva: programada e sistemática; além das corretivas programadas e de emergência. Vamos nos ater aqui somente às preventivas.

A base de todo sistema de manutenção existente é constituída das chamadas PARADAS PROGRAMADAS onde são efetuados serviços de manutenção nos equipamentos de 1ª prioridade que os necessitam. Estas paradas programadas são condicionadas, basicamente, ao acompanhamento das variáveis representativas do comportamento dos equipamentos, ou à existência de normas oficiais que regem o assunto.

Podemos então dizer que uma PARADA PROGRAMADA é prevista a partir da necessidade de várias preventivas programadas. Suas características mais importantes são a duração (3 a 6 semanas) e o volume de serviço a ser executado.

Abrindo um parêntesis, convém lembrar que a programação de serviços durante as paradas programadas é feita com o auxílio de técnicas modernas (PERT e CPM), devido à complexidade e ao grande número de tarefas à executar.

Devemos ainda salientar que, de um modo geral, todos os equipamentos de 1ª prioridade têm seu acompanhamento efetuado pela existência de variáveis que traduzem suas condições de operação. Tais equipamentos então recebem manutenções preventivas programadas. Outros existem, que não nos fornecem condições de avaliação de seu funcionamento, a menos que venham a apresentar algum defeito.

Estes também têm sua manutenção incluída no período de PA-RADA PROGRAMADA devido à sua função no processo e à sua disponibilidade para manutenção somente com a unidade pa-rada.

O objetivo básico destas paradas é colocar os equipamentos essenciais à geração (1ª Prioridade), em um nível tal que nos permita, com grande porcentagem de certeza, garantir seu bom funcionamento, com ocorrência mínima de defeitos, durante todo o novo período entre paradas.

Aqui recai, realmente, a dificuldade do sistema pois, qual-quer falha individual, que porventura ocorra posteriormen-te, provocará a paralização total do conjunto.

Como exemplo elucidativo do acompanhamento das variáveis que caracterizam o funcionamento de um equipamento, fixare-mos nossa atenção em uma bomba de alimentação, que cremos ser acessível a todos.

Bomba de Alimentação da caldeira -	Dados	Técnicos
Tipo -	centrífuga horizontal	6 WC-2
Número de estágios -		9
Rotação -		3.575 rpm
Fluido -	água de alimentação	
Temperatura do fluido -	303,8°F (máxima)	
Densidade específica -		0,917
Pressão do vapor -		56,2 psig.

Capacidade (à 303,8°F)	1198 gpm	ou 550.000 lb/h.
Potência do eixo -		2.225 HP
Eficiência -		75% (a 1198 gpm)
Altura total da sucção -	(acima da bomba)	220 pés
Altura dinâmica total -		6.000 pés
Altura de descarga -		6.220 pés
Pressão total da sucção -		87 psig.
Pressão de descarga -		2.470 psig.
Elevação de pressão na bomba -		2.383 psig.

Quadro de Acompanhamento (vide página 24A)

Paralelamente a este tipo de manutenção, no período entre paradas programadas, são desenvolvidas manutenções preventivas programadas, quando necessárias, e manutenções preventivas sistemáticas (equipamentos de 1ª e 2ª prioridade).

As primeiras regidas pela necessidade, caso contrário recairemos em corretivas programadas e posteriormente em corretivas de emergência. Exemplificando tal fato podemos analisar uma variável muito importante do turbo gerador:

Temperatura do mancal de encosto, para a qual são fixados os seguintes limites: (fig.3).

A sistemática é constituída basicamente pelo estabelecimento de períodos de manutenção para cada equipamento, períodos estes fixados à partir das recomendações dos fabricantes e do acompanhamento de dados históricos. Fixados tais períodos teremos, para cada equipamento, a relação dos serviços a serem executados durante cada manutenção. Como exemplo temos: Válvula de controle de suprimento de óleo combustível.

Dados técnicos:

Estilo -	XWDA
Classe -	1 B
Série -	nº H49814 - 15
Tamanho -	2"
Fluido -	óleo combustível
Pressão de trabalho	660 psig.

[illegible]

GRÁFICO DE OPERAÇÃO DO MANCAL DE ENCÔSTO

temperatura do óleo de entrada : 115°F

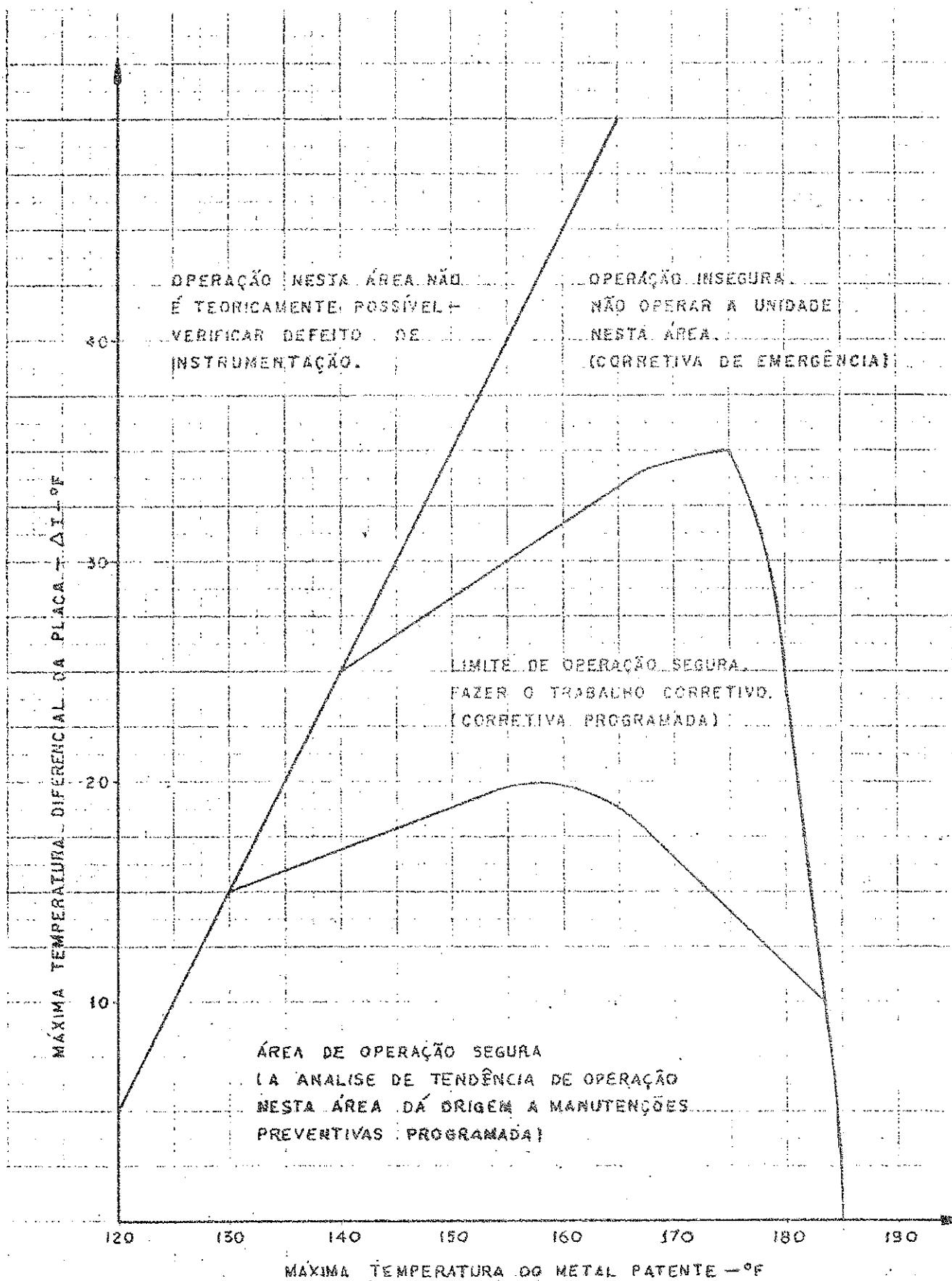


FIG. 3

Temperatura de trabalho	225° F
Máxima capacidade	72.000 lbs/h.
Perda de carga a capac. máxima	50 psig.
Curso da haste -	3/4"

Serviços a serem realizados:

Período - 6 meses: verificar a válvula piloto do posicionador. Aferir a calibração do posicionador. Testar diafragma de acionamento quanto a vazamentos. Verificar e lubrificar a conexão da haste de realimentação.

Período - 1 ano: Abrir a válvula para verificação do plug e assento. Revisão completa do posicionador. Testar diafragma de acionamento quanto a vazamento. Aferir curso da haste. Verificar hermeticidade.

Como consequência das manutenções preventivas sistemáticas temos a troca de componentes, cujas condições não são satisfatórias, evitando assim falhas ocasionais.

Os tipos de manutenções citados anteriormente são aplicados a todos os equipamentos de 1ª e 2ª prioridades.

Quanto aos restantes, de 3ª prioridade, suas manutenções são condicionadas a existência de recursos, embora programados com antecedência, devido à sua condição de nenhuma influência no processo.

5.4 - Contrôles de manutenção

O sistema básico de controle da manutenção na U.T.P. pode ser representado pela malha de controle da figura 2 do item 4.3.

Sua característica principal é a centralização através de um sistema de arquivos "VISIRECORD" onde são feitos registros e ordenação de dados, e onde podem ser encontradas o-

rientações para qualquer tipo de manutenção.

Básicamente este sistema é composto de três fichas principais e duas auxiliares.

Fichas principais:

FM - FICHA MESTRE (anexo 1) - que contém todas as principais características do equipamento a que se refere, bem como informações e dados técnicos para a realização do serviço. Além de sua característica informativa, é a base para a emissão de ordem de serviço, por possuir em si toda uma programação para o equipamento. Através dela são fornecidas ao executor as orientações básicas para a execução do serviço, o tipo de serviço a ser executado, e os principais recursos técnicos e de execução necessários.

FC - FICHA DE CUSTOS (anexo 2) - onde se faz a coleta de informações relativas ao serviço executado para fins de cálculo de custos. Nesta ficha são apurados os custos de mão-de-obra e materiais empregados para a execução do serviço. Ela é, considerando-se o equipamento isoladamente, uma forma de controle do objetivo custos. O conjunto destas fichas nos dá parte do custo total de manutenção.

FH - FICHA HISTÓRICA (anexo 3) - onde são lançados os dados históricos de manutenção, através dos quais parte-se para reprogramações, dimensionamento de estoque de materiais de reposição e, o mais importante, para a avaliação do comportamento do equipamento no decorrer dos tempos.

Fichas auxiliares:

MP - FICHA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA (anexo 4) - tem duas finalidades importantes. A primeira é como ordem de execução, contendo todos os dados necessários, retirados da Ficha Mestre. A segunda como portadora das informações para lançamento nas fichas histórica e de controle de custos. Paralelamente, contém todos os dados necessários para qualquer eventual necessidade de alteração do programa de manutenção, além de sugestões do executor e das condições do equipamento antes da manutenção. É, sem dúvida alguma, uma fonte de referência para a reavaliação do programa proposto, devido ao conteúdo de suas informações.

SS - FICHA DE SOLICITAÇÃO DE SERVIÇOS (anexo 5) - É básicamente, o meio de comunicação entre o solicitante e o executor. Através dela são feitas comunicações de defeitos em equipamentos e solicitações de serviços de qualquer espécie à manutenção. Quando do seu retorno, após a execução dos serviços solicitados, também contém todas as informações necessárias ao lançamento nas fichas histórica e de controle de custos.

O harmonograma da figura 4 nos mostra a movimentação destas fichas e o fluxo de informações existente no nosso sistema de manutenção.

Paralelamente, são fornecidas pelo VISIRECORD todas as informações necessárias à avaliação do comportamento da manutenção. São então gerados gráficos de acompanhamento das variáveis que, com maior fidelidade, indicam os desvios existentes entre o real e o planejado.

5.5 - Avaliação

A avaliação de qualquer sistema de manutenção está relacionada com a interdependência entre desempenho e custos.

Como já foi dito anteriormente, uma das variáveis eleitas para medida do desempenho foi disponibilidade.

Podemos verificar que o fator disponibilidade de uma Usina Térmica, num sistema predominantemente hidráulico, tem seu valor máximo a ser atingido no período de secas. Neste período exige-se disponibilidade de 94% para máquinas com reaquecimento e 95% para máquinas sem reaquecimento. Este ciclo é perfeitamente caracterizado pela curva da Fig. 5.

Baseados neste objetivo, fora do período de secas, procuramos recolocar os equipamentos dentro dos padrões pré-estabelecidos de operação, sacrificando em consequência o fator disponibilidade.

FLUXO DE MPS

SP/GPT/03

ORDEN	ATIVIDADES	VISI-REC	ENG.	ENCARRER	EXEC.	ESCRIT.
1	Emite ordens de execução de MP	MP 1 via				
2	Autoriza execução e orienta os serviços.		MP			
3	Distribui e orienta os serviços			MP		
4	Executa os serviços e fornece as informações solicitadas na ficha.				MP	
5	Analisa os serviços e confere informações.			MP		
6	Analisa os serviços executados, sugestões e condições encontradas antes da manutenção. Compara o executado com o planejado. Dá orientação de reprogramação ao VISI-RECORD. Se necessário, altera dados técnicos.					
7	Apura custos de material e mão-de obra.					MP
8	Faz lançamentos e arquiva.	MP ↓				

FIG. 4 (c)

FLUXO DE SSS

SP/GPT/03

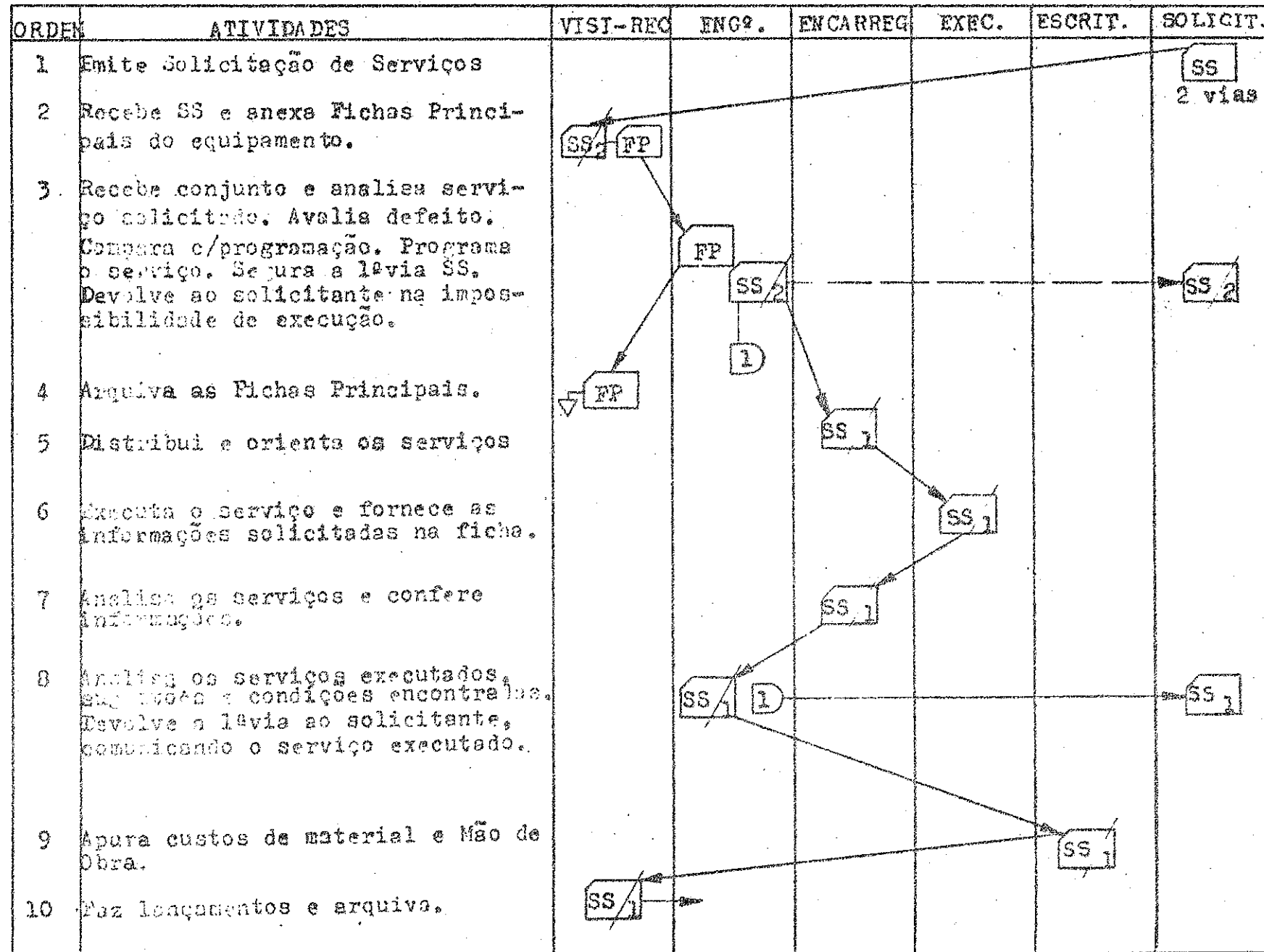


FIG. 4 ()

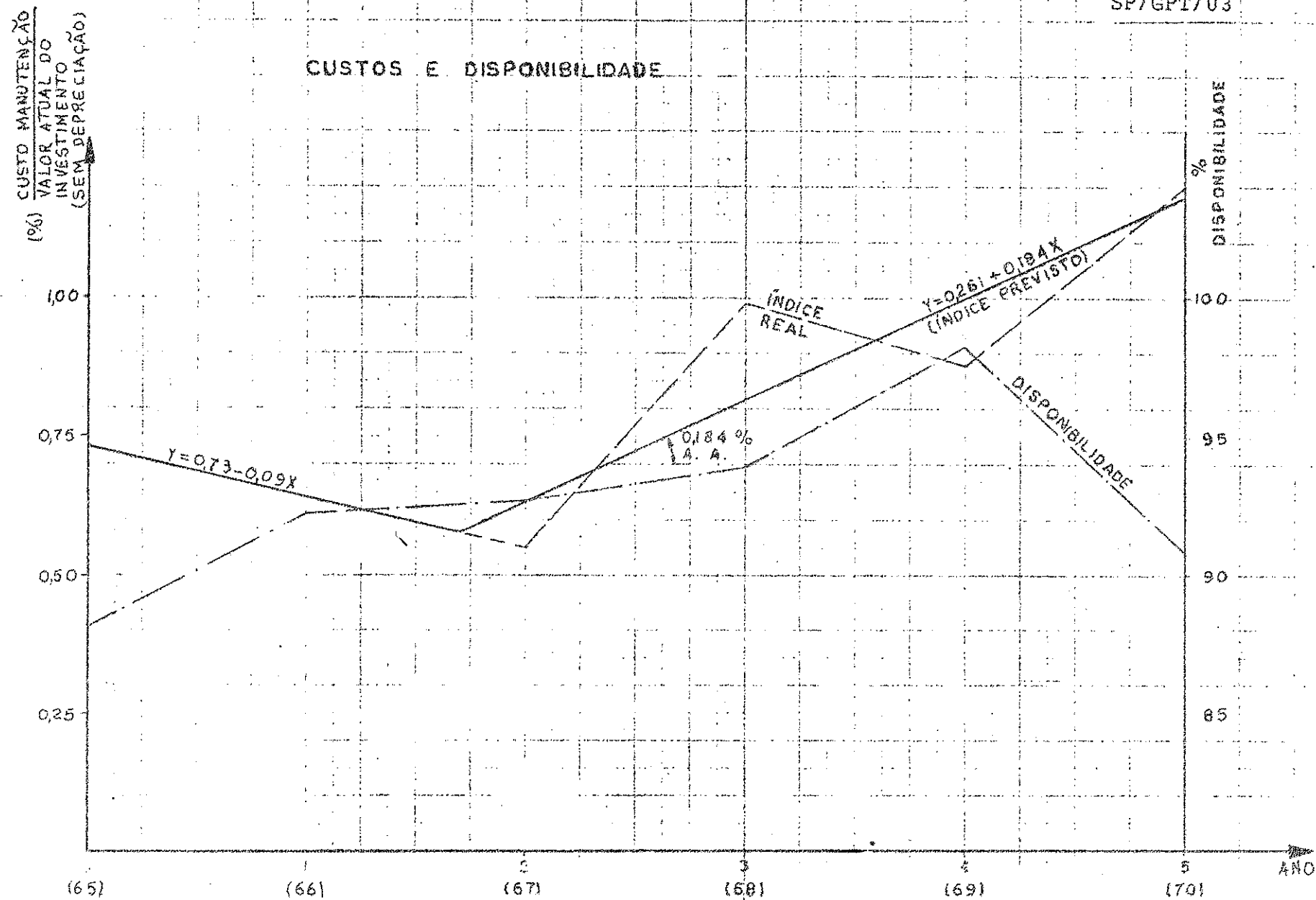


FIG. 5

Quanto aos custos (fig.5), sua avaliação torna-se difícil, devido a falta de dados de companhias semelhantes. Face a isto, são avaliados com base em dados históricos. Esses dados nos darão, ano a ano, novos elementos para reavaliação, mostrando-nos as tendências para os anos futuros.

Como podemos verificar, na Usina Piratininga, já passamos pelo ponto de mínimo e estamos com um crescimento, na base de 0,184% a.a. do custo de manutenção em relação ao capital investido sem depreciação. (Este valor é reavaliado anualmente acrescentando-se os custos reais do ano).

Nossa etapa seguinte será baixar os custos visando obter informações sobre até que ponto os mesmos têm influência no fator disponibilidade que, como podemos verificar pelos gráficos anexos, está sendo ultrapassado. É a procura do ponto de equilíbrio.

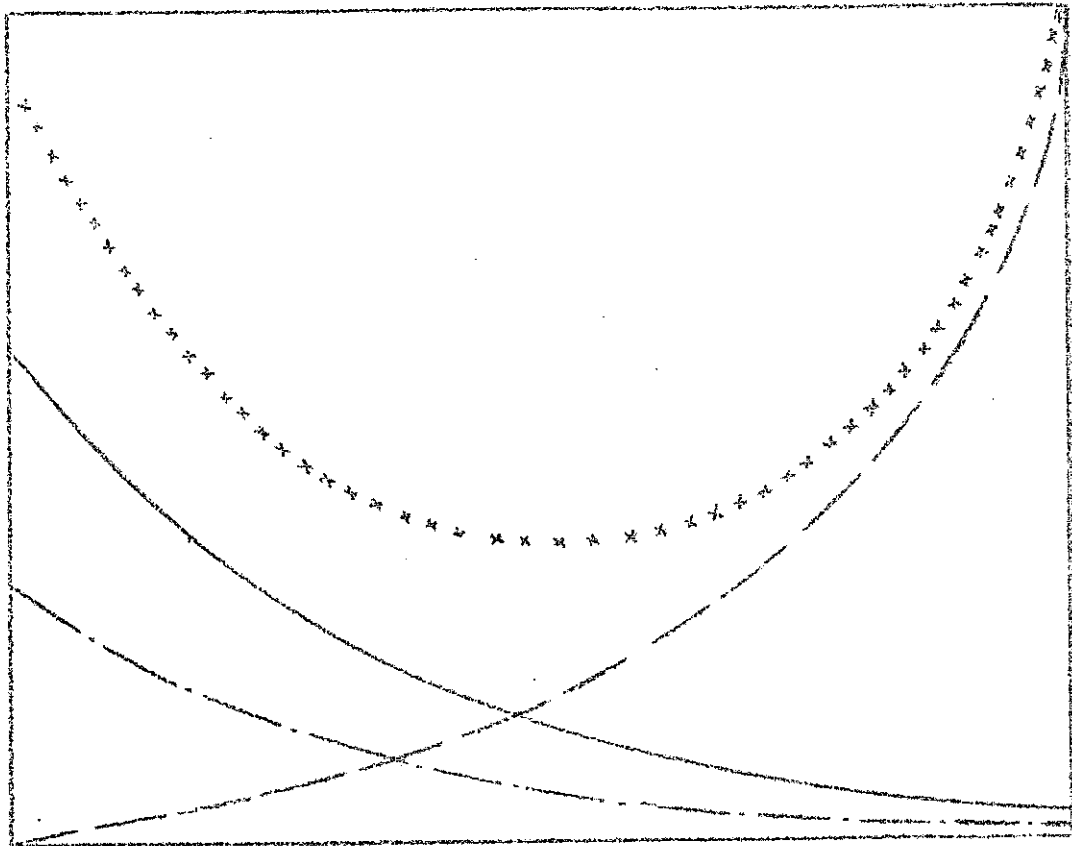
Com relação a avaliação da eficiência (Fig.6), torna-se como nos outros casos, difícil o estabelecimento de comparações. Nossa meta é constituída de valores ótimos para geração a plena carga. Qualquer alteração da demanda altera acentuadamente os valores representativos de eficiência de operação, impossibilitando-nos de atingir o previsto, pela própria característica funcional das unidades.

Tal fato pode ser comprovado no ano de 1970 onde, com um regime de carga intermitente, com partidas e paradas diárias, atingimos os piores índices verificados até então.

Em casos similares, os objetivos básicos de manutenção deveriam ser alterados para valores, pelo menos acessíveis funcionalmente, ou, mantidos os ótimos, dever-se-á ter consciência das limitações existentes e da máxima qualidade que poderá ser atingida.

VI - BIBLIOGRAFIA

- MORROW, L. C. - Maintenance Engeneering Handbook
Mac Graw - Hill
- MACHLINE - SÁMOTA - SHOEPS - WEIL -
Manual de Administração de Produção - vol. 1
Fundação Getulio Vargas
- SKROTZKI AND VOPAT - Power Station
Engineering and Economy
Mac Graw - Hill
- CARROLL, Grady C. - Industrial Instrument
Servicing Handbook
Mac Graw - Hill
- STANIAR, William - Plant Engineering
Handbook
Mac Graw - Hill
- RUY AGUIAR DA SILVA LEME - Curso de
Estatística.
- RINO CURTI - Manutenção Moderna
Organização
- YVON DE CASTRO GONÇALVES - Manutenção
Industrial
Management Center do Brasil
- PLANEJAMENTO - 1º e 2º Volumes do
III Seminário do Instituto Brasileiro
de Petróleo.



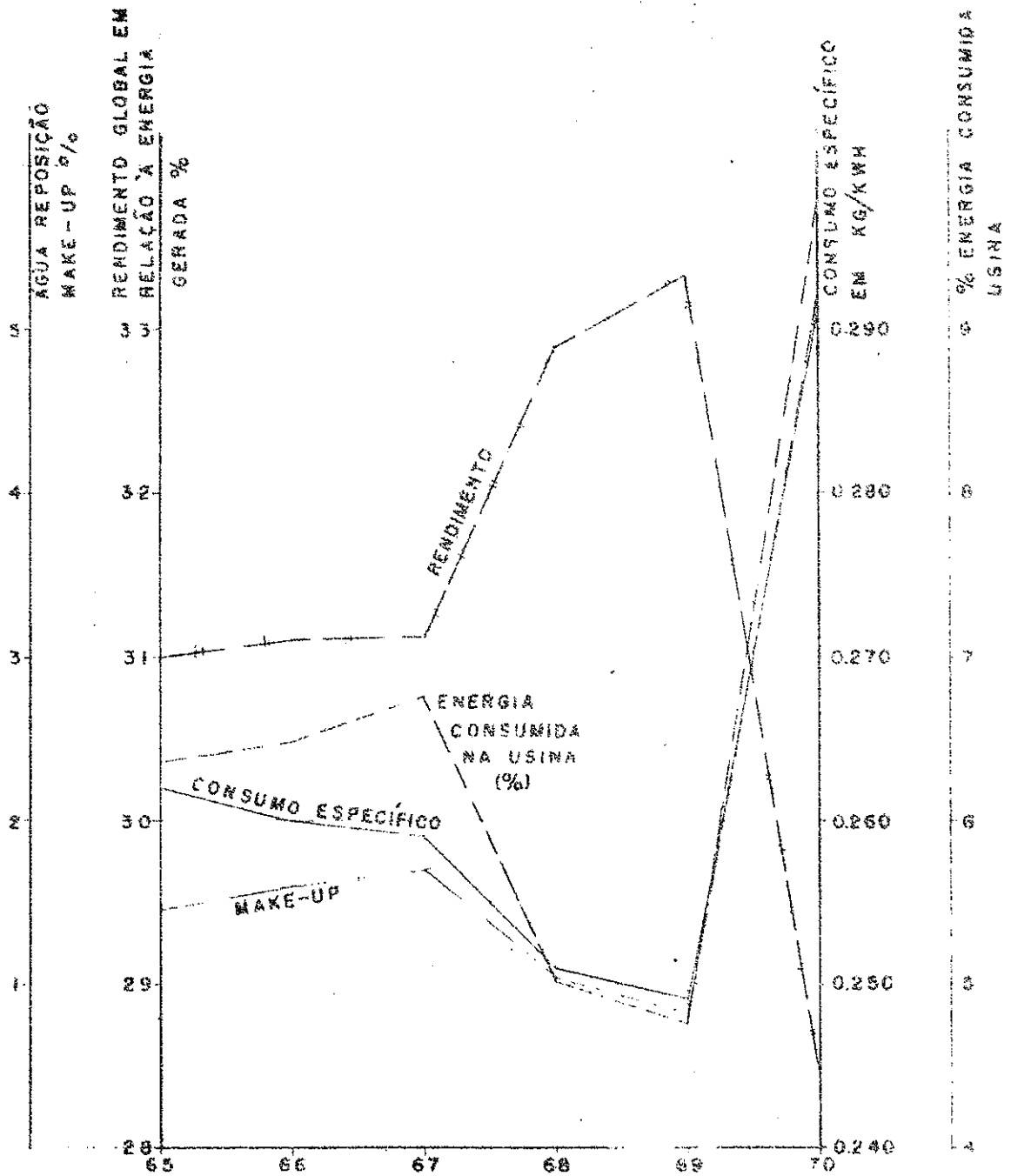
NÍVEL DE
MANUTENÇÃO

xxxxxxx	CUSTO TOTAL
—————	CUSTO DE PARADA DE MÁQUINA
—————	CUSTO DE REPAROS DE EMERGÊNCIA
—————	CUSTO DE MANUTENÇÃO PLANEJADA

fig 1

EFETIVIDADE

SP/GPT/03



LOCALIZAÇÃO

TÍTULO

CONTA INTERNA

[illegible]

C A R A C T E R Í S T I C A S			
FABRICANTE	NÚMERO	SERIE	
TIPO	MODELO	CATÁLOGO	
PESO	DIMENSÕES	CUSTO	
P. O. Nº	DATA	FORNECEDOR	
TÍTULO			F. I. Nº I. M. Nº F. E. Nº

ITEMS SEMANA

[illegible]

* MARCAR NA ÚLTIMA COLUNA OS ITENS CUJOS PERÍODOS ULTRAPASSEM 1 ANO *

[illegible]

LOCALIZAÇÃO

1240

OBSERVAÇÕES

HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO

[illegible]

CÓDIGO LOCALIZAÇÃO		SOLICITAÇÃO DE SERVIÇOS				MC Nº 08260	
CÓDIGO IDENTIFICAÇÃO		LICENÇA P/ TRABALHAR SIM/NÃO N.º		SERVIÇO TERMINADO ÀS			
FLUXO	DE	PARA	PARA	PARA	HS. DE ____/____/____		
P E D I D O				A T I V A Ç Ã O D O S S E R V I Ç O S			
EMISSÃO	DATA	TURMA	UNIDADE	URGÊNCIA	DATA	PESSOA	RESPOSTA
	HORA						
EQUIPAMENTO				A ☐ C ☐			
				B ☐ D ☐			
LOCALIZAÇÃO				INFORMAÇÕES SOBRE O SERVIÇO			
OCORRÊNCIA				EXECUÇÃO	PROVISÓRIA ☐	DEFINITIVA ☐	PARCIAL ☐
				☐ INCLUIDA NA PRÓXIMA "MP"			
				☐ INCLUIDA NA PARADA ANUAL			
SUGESTÕES DE CAUSA				☐ CANCELADA EM ACORDO COM A SEÇÃO SOLICITANTE			
				☐ VIDE S.S. N.º			
				☐ EQUIPAMENTO NÃO ENTREGUE DENTRO DA URGÊNCIA			
INFORMAÇÕES ADICIONAIS, JUSTIFICATIVA DA URGÊNCIA				OUTRAS INF. E CUIDADOS A OBSERVAR			
SOLICITANTE		VISTO	DATA	VISTO		DATA	
		CHEFE SEÇÃO SOLICITANTE		PREENCHIDA POR		VERIFICADA POR	
FORM. DEG - 706-A - (REF. 6/69) - LIGHT S.E. S.A.							1.ª VIA

[illegible]