

MAJOR OVERHAUL: A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO – UM ESTUDO DE CASO*

Jefferson Monteiro Oliveira¹
Tiago Rodrigues da Silva²

Resumo

As grandes manutenções (*Major Overhauls*), para as turbinas a vapor têm seus prazos e escopos definidos por critérios técnicos tais como as características das máquinas, condições operacionais e especificações dos fabricantes. Estas revisões têm por objetivos prever e mitigar falhas garantindo a disponibilidade operacional e a longevidade das turbinas. A inobservância destes prazos pode ocasionar falhas catastróficas e grandes prejuízos operacionais e financeiros.

Palavras-chave: *Major overhaul*; Turbinas a vapor; Manutenção.

MAJOR OVERHAUL: THE IMPORTANCE OF MAINTENANCE - A STUDY OF CASE

Abstract

Major overhauls for steam turbines have their intervals and scope defined by technical criteria such as the characteristics of the machines, operating conditions and specifications of the manufacturers. These revisions aim to predict and mitigate failures ensuring operational availability and longevity of the turbines. The non-observance with these deadlines may result in catastrophic failures and major operational and financial losses.

Keywords: Major overhaul; Maintenance; Steam turbines.

¹ Engenheiro Eletricista, Bacharel, Líder Engenharia de Campo, Engenharia de Campo, TGM Serviços, Sertãozinho, São Paulo, Brasil.

² Engenheiro Mecânico, Bacharel, Engenheiro, Engenharia de Campo, TGM Serviços, Sertãozinho, São Paulo, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

As turbinas a vapor proporcionam um meio de converter para vapor saturado o vapor superaquecido ou supercrítico das caldeiras ou geradores de recuperação de calor além de fornecerem um binário de rotação e potência.

Embora existam diferenças substanciais nas condições de projeto, complexidade, tipos de aplicações, condições de vapor e tamanho de turbinas, todas elas são fundamentalmente parecidas e executam a mesma função, além de utilizarem grandes componentes e sistemas de suporte semelhantes, e conseqüentemente são submetidas aos mesmos mecanismos de falha.

Para que a operação da turbina seja confiável, é necessário que haja condições efetivas de infraestrutura para monitorar o seu funcionamento, a qualidade da água e do vapor e a saúde dos internos da turbina. É fundamental que exista e se use os procedimentos de operação e manutenção já escritos e consolidados, mantendo o agendamento da manutenção e realizando a formação para o pessoal em uma base teórica de formação contínua.

Há inúmeras causas de falhas de turbina a vapor em todo o mundo e a maior frequência de eventos tem ocorrido por incidentes nos sistemas de óleo lubrificante enquanto os eventos de maior gravidade têm sido eventos de sobrevelocidade. Além destes uma série de mecanismos de falha relacionados ao vapor como, corrosão, erosão, danos por objeto estranho (FOD) e arrastes de água também tem grande importância nas estatísticas de falhas.

O objetivo deste artigo é mostrar através de um exemplo prático como as inobservâncias dos critérios e prazos de manutenção podem levar a um acidente de grandes proporções quando um dos mecanismos de falha se faz presente.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As frequências e as tarefas de manutenção são definidas pelos fabricantes, consultores, pelo próprio pessoal da planta ou por exigências das seguradoras com base na experiência do passado. No entanto, independentemente do local do mundo ou fonte da necessidade de manutenção, os requisitos recomendados para a manutenção programada das turbinas a vapor são bastante semelhantes.

Para o estabelecimento dos intervalos de tempo entre as principais rotinas de revisão, há uma série de diferentes abordagens que são utilizados hoje em todo o mundo, mas independentemente destas, é importante que as metodologias estabeleçam os intervalos de revisão com base nas maiores parcelas de risco considerando-se a integridade das turbinas a vapor.

As tecnologias que estão sendo incorporadas em novos equipamentos são mais sofisticadas, pois estas requerem funcionamento a pressões e temperaturas mais elevadas e geralmente têm folgas menores entre suas partes móveis e fixas a fim de melhorar a eficiência. Logo, as falhas nestas tecnologias podem causar grandes perdas e exposições a riscos e, em resumo, as tarefas de manutenção e as frequências destas devem ser priorizadas para as turbinas a vapor que tem o risco mais elevado.

Este risco normalmente se apresenta em turbinas a vapor com maior suscetibilidade a, por exemplo, eventos de sobrevelocidade, arraste de água ou perda de óleo lubrificante.

As grandes manutenções, ou "Major Overhaul", consistem em realizar inspeções nos internos da turbina, no rotor, porta-palhetas ou diafragmas. Estas inspeções buscam

identificar mecanismos de falha (fluência, erosão, corrosão, fadiga, fadiga térmica), a fim de detectar danos suficientemente cedo para impedir que aconteça uma subsequente grande falha.

Para a definição dos intervalos desejados para os Major Overhaul's das turbinas a vapor, toma-se em conta o projeto e a construção da turbina, bem como o tipo da indústria e aplicação da mesma. Além disto, a infra-estrutura para o monitoramento, operação e manutenção, incluindo práticas específicas de manutenção preditiva e inspeção da qualidade do vapor podem representar uma variação importante sobre estes prazos e sobre a confiabilidade operacional e consequente tomada de decisão sobre a manutenção.

3 MECANISMOS DE FALHA

3.1 Palhetas

As turbinas a vapor produzem energia através da conversão da energia do vapor pela passagem por estágios de ação ou reação. Um estágio consiste de uma fileira de palhetas estacionárias e uma fileira de palhetas rotativas.

Os principais mecanismos de falha das palhetas são a corrosão e a erosão, fadiga mecânica, fadiga térmica e danos por objetos estranhos externos ou internos (FOD/DOD).

3.2 Rotores, Diafragmas e Porta-Palhetas

Para transmitir o binário de torque produzido em cada estágio da turbina, as palhetas rotativas são fixadas a discos chavetados ou forjados, ou diretamente no eixo; que deve ser do tipo tambor.

Os diafragmas e os porta-palhetas dão suporte às palhetas fixas e, tanto o rotor quanto estes últimos, são submetidos aos mesmos mecanismos de falha e causas que se aplicam às palhetas. Não é incomum encontrar deformação permanente (fluência), fissuras e deformações por fadiga (térmica e vibratória) além de corrosão

3.3 Válvulas de Proteção

É importante para qualquer turbina sua capacidade de partir e parar em condições normais (controladas), e de emergência. As válvulas que tem função de bloqueio e proteção são conhecidas como fecho rápido ou "Trip & Throttle" (T&T), e são projetados para ser à prova de falhas. Entretanto contaminações na água ou a presença de FOD/DOD podem impedir seu correto funcionamento.

A proteção de sobrevelocidade é a proteção mais importante para a turbina a vapor e atua sobre a válvula T&T e precisa ser testada e inspecionada rotineiramente contra contaminantes no vapor.

3.4 Monitoramento e Manutenção

Independentemente do tamanho, condições de vapor, e arranjos, é essencial que as turbinas a vapor tenham monitoramento e procedimentos operacionais bem definidos.

Para gerir eficazmente a saúde e o desempenho de turbinas a vapor, há uma série de parâmetros da turbina que devem ser medidos, monitorados continuamente. Entre os parâmetros é possível destacar:

- Velocidade (RPM),
- carga (kW / MW),
- pressão e temperatura do vapor de admissão,
- pressão da câmara da roda,
- pressão e temperatura de tomada ou extração,
- expansões diferenciais do rotor (como aplicável para grandes turbinas),
- deslocamento axial e vibrações,
- temperaturas diferenciais das carcaças inferior e superior,
- ponto de saturação da água,
- pureza de vapor na admissão e no recalque da bomba de condensado,
- pressão e temperatura de escape da turbina,
- pressões e temperaturas do óleo e
- temperaturas de mancais.

A monitorização destes e outros parâmetros nos equipamentos mais modernos ou modernizados são feitos por controladores digitais e sistemas de supervisão e controle. Estes sistemas também irão lidar com a sequência de partida, a sincronização, carregamento, reguladores de velocidade, alarmes, e a lógica de trip para a turbina e gerador e quaisquer sistemas de apoio. Estes sistemas de supervisão também provisionam a parte eletrônica da proteção (turbina e gerador). O monitoramento de vibrações também deve ser feito periodicamente.

Para as unidades mais antigas pode haver um sistema de controle analógico que fornece proteção limitada juntamente com dispositivos mecânicos e/ou elétricos de proteção e há geralmente um número de parâmetros de monitoramento limitado além de toda a operação ser manual.

3.5 Major Overhaul

Um "Major Overhaul" é realizado durante uma parada planejada do turbo gerador e permite a verificação completa, uma inspeção de averiguação de todos os componentes e substituição dos itens normais de desgaste e para isto o equipamento é totalmente aberto.

As rotinas de manutenção para turbinas a vapor possuem atividades diárias, semanais, mensais, anuais e as grandes revisões são executadas normalmente a cada 50000 horas/equivalentes de operação

A duração da parada para um Major Overhaul varia de acordo com a avaliação prévia do equipamento, o projeto do turbo gerador, o escopo do trabalho e o número de pessoas envolvidas na atividade. É comum se encontrar prazos entre 20 e 30 dias de manutenção.

Este tipo de revisão busca identificar e corrigir possíveis mecanismos de falha mecânica (fluência, erosão, corrosão, fadiga, fadiga térmica), a fim de detectar danos, aumentar a longevidade do equipamento e evitar acidentes catastróficos.

4 DISCUSSÕES – ANÁLISE DE CASO

4.1 O Acidente

A turbina citada neste trabalho operou consecutivamente sem nenhum tipo de inspeção por 10 anos consecutivos atropelando todos os prazos recomendados para uma grande revisão. Os parágrafos e tópicos a seguir descrevem a falha e suas consequências.

Durante os procedimentos de partida da turbina em novembro de 2015 e possível a operação, durante a aceleração foram ouvidos ruídos excessivos no interno da máquina. A turbina foi desmontada em campo para inspeção dos conjuntos internos, e foi constatada a quebra do diafragma e palhetamento do rotor na região do 1º estágio.

4.2 Histórico de Operação

Os dados foram coletados diretamente do sistema de supervisão e controle da planta que proporcionava esta condição.

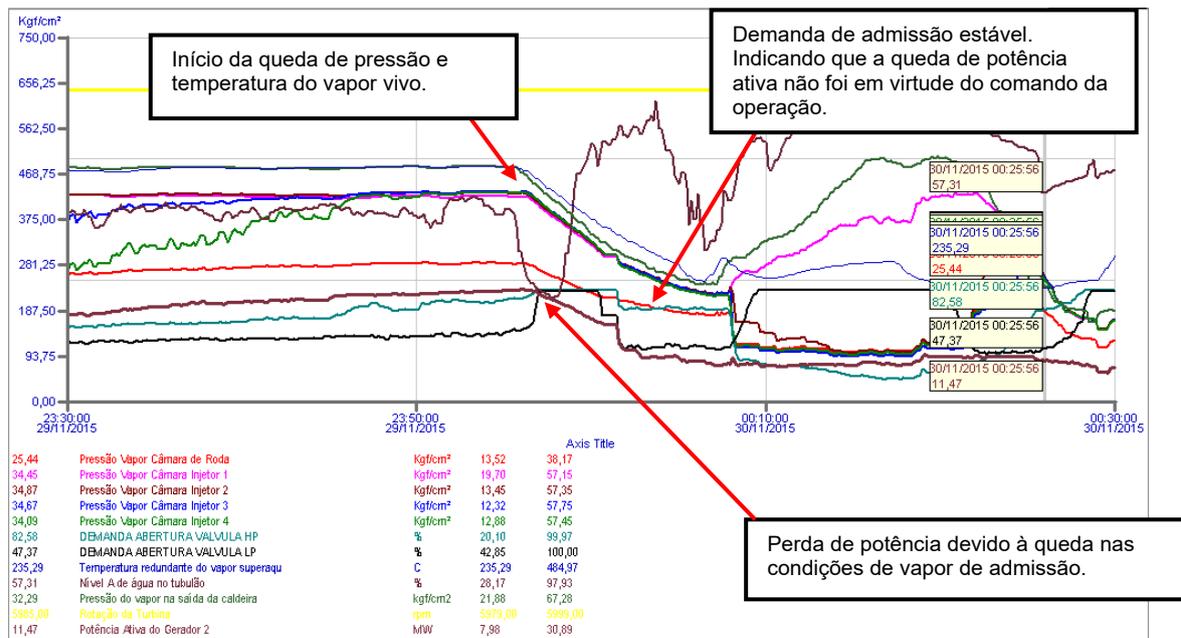


Figura 1: Variáveis de vapor e potência.

Observa-se nos pontos indicados em vermelho na acima, que pouco antes das 00:00h entre o dia 29 e 30, começa a ocorrer queda na pressão e temperatura do vapor de admissão, diminuindo assim a potência ativa. A demanda das válvulas de admissão se mantém estável, comprovando que a queda de potência não ocorre por comando da operação, e sim pela variação observada no vapor.

Neste evento é possível observar uma queda de temperatura do vapor de admissão de aproximadamente 220°C em apenas 10 minutos, o que pode ocasionar na máquina fadigas térmicas e alterações das dilatações relativas entre o rotor e estator o que pode provocar choque mecânico entre as partes rotativa e fixa.

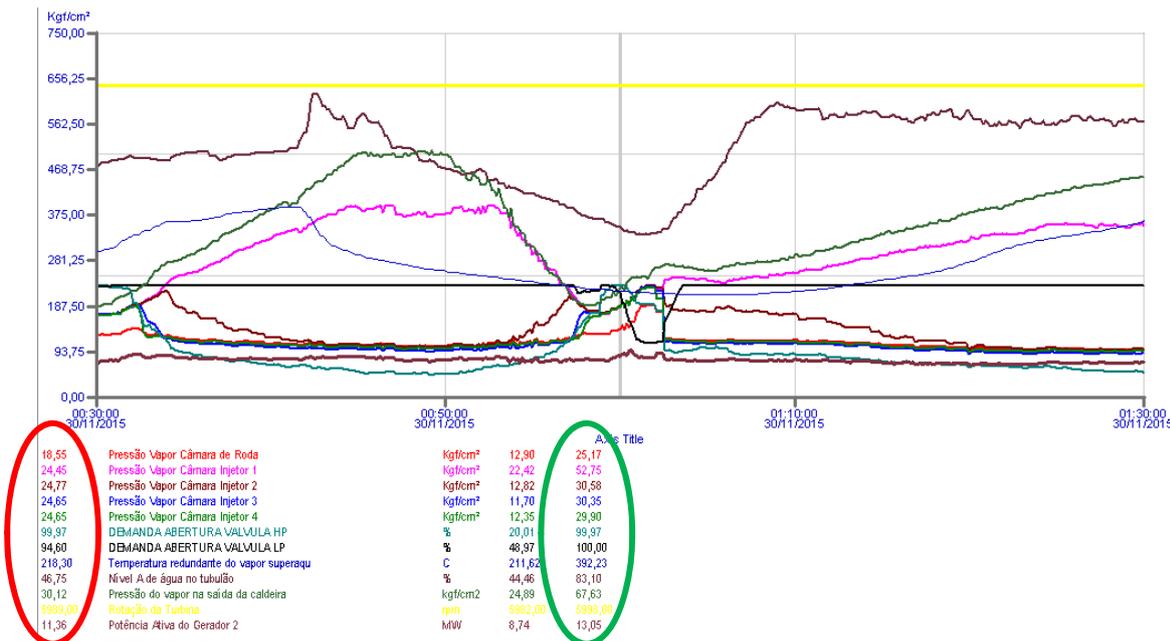


Figura 2 - Variáveis de vapor e potência.

Observa-se na elipse em vermelho, que as variáveis de pressão e temperatura do vapor na atingem valores de temperatura de 218,3°C e pressão de 30,12Kg/cm². Estas condições são suficientes para a saturação do vapor e conseqüente arraste de água, uma vez que a temperatura de saturação para o vapor na pressão de 30,12kgf/cm² é de 234,87°C.

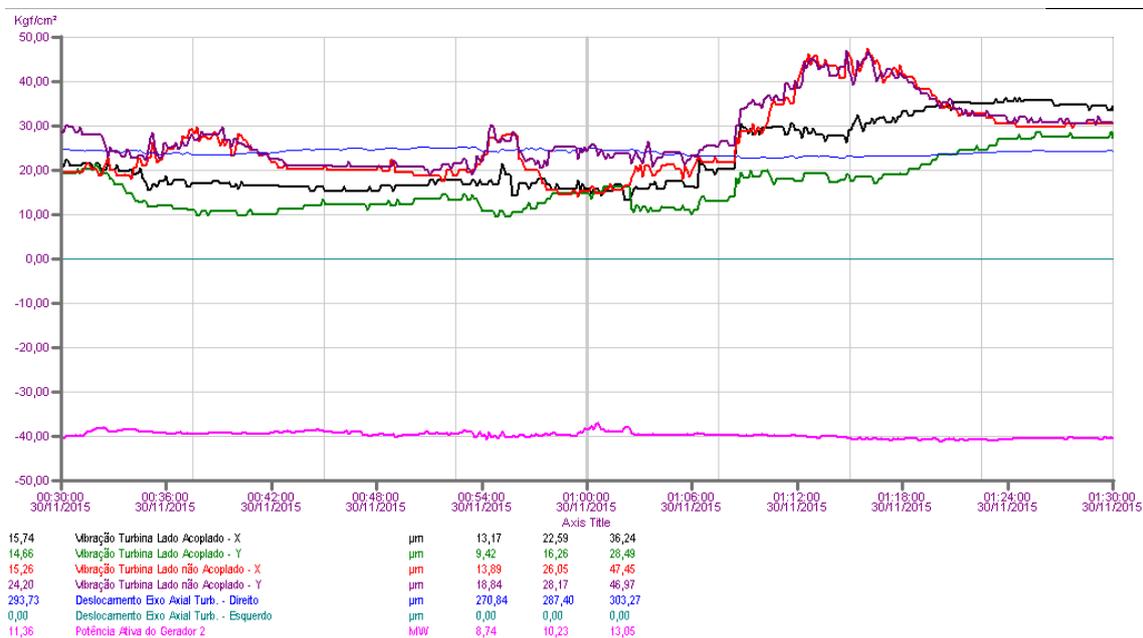


Figura 3 - Variáveis de vibração, deslocamento e potência.

Conseqüentemente, os valores de vibração da turbina sofreram aumento das amplitudes logo após a 01:06h do dia 30/11, o que é condizente com a gravidade do evento observado.

4.3 Inspeção de Fábrica

Nos trabalhos de desmontagem da turbina foi possível mensurar os danos mais críticos no conjunto: quebra do palhetamento do 1º estágio, danos excessivos no disco do rotor, quebra do diafragma de 1º estágio, amassamento e danos nas palhetas da roda de regulação e no 2º estágio.

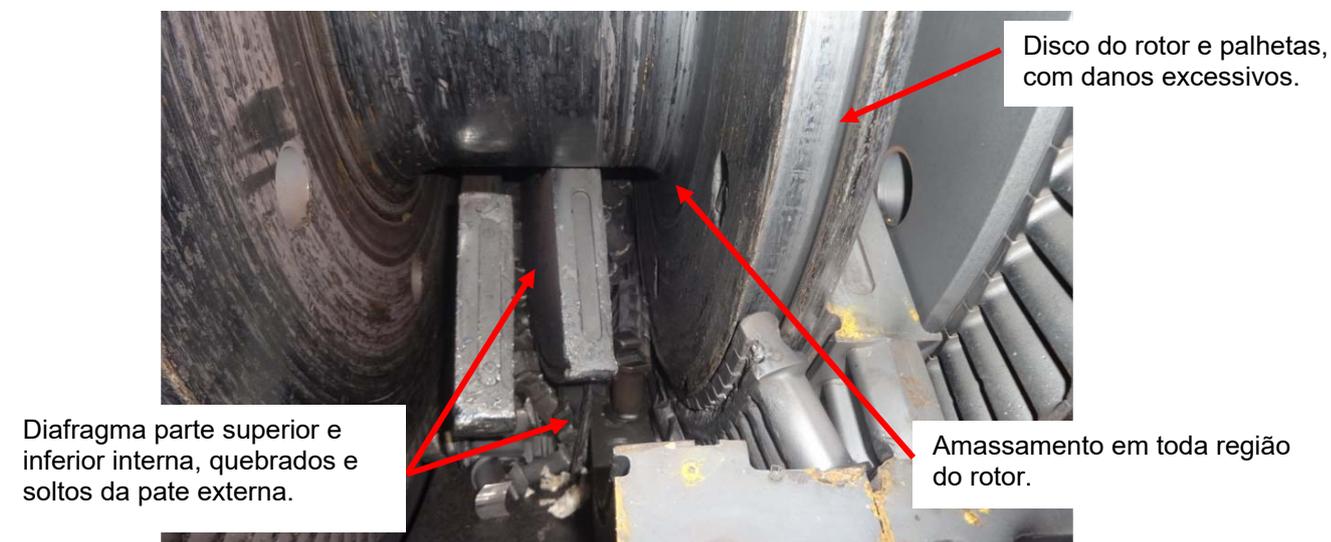


Figura 4 – Quebra do palhetamento e diafragma, ambos primeiro estágio.



Figura 5 – Quebra do palhetamento e diafragma, ambos primeiro estágio.



Figura 6 – Palhetas do 1º estágio com material do disco rotor fundido devido a alta temperatura ocasionada pelo contato com o diafragma.

4.4 Análise da Causa

O diafragma do 1º estágio sofreu deformação no sentido do rotor, causado pelo golpe d'água, ocasionando assim o choque mecânico com o rotor. A figura 7 mostra como o disco do rotor da turbina sofreu perda de material considerável devido o atrito com o diafragma e que o material do disco rotor chegou a apresentar fundição ocasionada pelo sobreaquecimento provocado pelo atrito entre a parte fixa “diafragma” e a rotativa “rotor”.

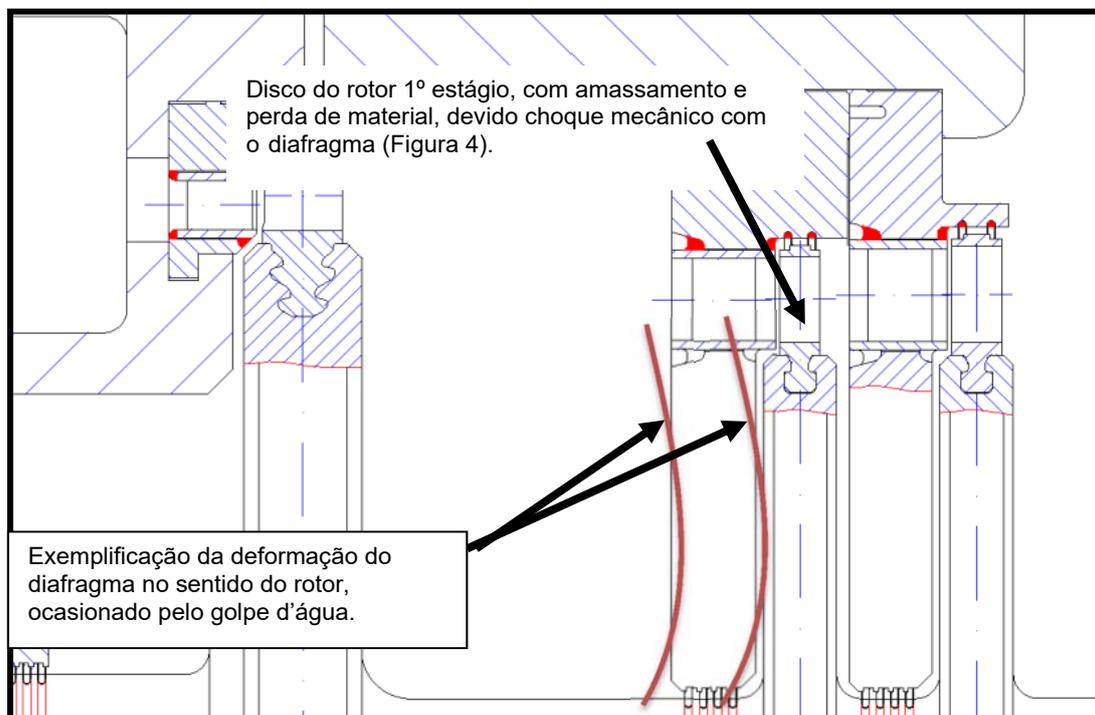


Figura 7 – Exemplificação da deformação do diafragma do 1º estágio, gerando o choque mecânico deste com o disco do rotor do 1º estágio.

As folgas entre a parte fixa e móvel são suficientemente grandes para evitar este tipo de falha logo, este evento só foi possível acontecer devido à falta de inspeção, pois este diafragma já havia sofrido algum tipo de deformação ou fragilização anterior ao evento.

Se os prazos de manutenção tivessem sido cumpridos, a inspeção completa teria detectado a deformação no diafragma e, apesar do evento de arraste de água, a turbina teria suportado o impacto com danos menores sem a perda total do conjunto rotativo.

4 CONCLUSÃO

A inobservância das rotinas periódicas de manutenção pode ser particularmente catastrófica quando, por exemplo, em um evento de falha térmica como o mostrado no decorrer deste artigo.

Neste exemplo, se tivessem sido respeitados os procedimentos corretos de manutenção, a falha ou deformação no disco haveria sido detectada previamente e, com o acidente na operação da geração de vapor os danos seriam menores, certamente apenas nos mancais de escora que são os “fusíveis” normais para este tipo de falha.

Apesar de às vezes serem custosos, os Major Overhaul em turbinas a vapor cumprem seu objetivo de serem capazes de manter a operacionalidade e a confiabilidade dos equipamentos em situações normais ou em nos casos de falhas mais eminentes.

REFERÊNCIAS

- 1 Latcovich J. et al. Maintenance and Overahul of Steam Turbines. International Association of Engineering Insurers, 38th Annual Conference. 2005, Moscow.
- 2 Gunnarson, A. Maintenance of the Steam Turbines at Hellisheidi Power Plant. Thesis of Magister Scientiarium at Faculty of Industrial Engineering. 2013, Iceland.
- 3 Ferleger, J., Rashid, S. Older Turbine-Generators – Maintaining. EPRI Electric Power Research Institute.2007.