



GPT/021

21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

GRUPO II

GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS – GPT

O ROMPIMENTO DE UMA PALHETA, CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E REPARO

Sérgio Placidino Eleutério*
GERASUL S/A

Cândido Volnei Pagnussat
GERASUL S/A

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo relatar o evento do rompimento de uma palheta de turbina, suas consequências para a máquina e a solução de reparo não convencional adotada, considerando elementos de análise como o estudo da trinca, análise de vibrações, panorama do mercado de energia da época e a vida útil residual da máquina.

PALAVRAS-CHAVE

Palheta, turbina, trinca.

1.0 -INTRODUÇÃO

A GERASUL possui um parque térmico de 15 unidades geradoras distribuídas nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul, perfazendo um total de 1045 MW de energia de origem térmica.

No Rio Grande do Sul, no município de Alegrete ao sul do estado, estão instaladas 2 x 33 MW de procedência Italiana da ANSALDO, tendo como combustível o óleo pesado. Nas proximidades da capital Porto Alegre, no município de Charqueadas, estão instaladas 4 x 18 MW de procedência Alemã da AEG, tendo como combustível o carvão.

Em Santa Catarina, no Complexo Termoelétrico de Jorge Lacerda, município de Capivari de Baixo, estão instaladas 2 x 50 MW de procedência Alemã da MAN, 2 x 66 e 1 x 363 MW de procedência Italiana da ANSALDO e 2 x 131 MW de procedência da ex-

Tchecoslovaquia da SKODA, todas tendo como combustível o carvão.

No Mato Grosso do Sul, estão instaladas 2 x 40 MW a gás, de procedência Norte Americana da GE, momentaneamente operando com óleo diesel.

Nestas unidades geradoras térmicas, a GERASUL mantém um programa de manutenção preventiva, que tem como base a recomendação de alguns fabricantes que sugerem revisões gerais das turbinas a vapor a cada 50.000 horas de operação. O calendário de manutenções destas unidades, é organizado de maneira a otimizar a atuação das equipes técnicas de manutenção de turbinas, alternadores, caldeiras, etc., que é centralizada no complexo Jorge Lacerda.

2.0 – CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O turboalternador da unidade 1 do complexo Jorge Lacerda, dentro do calendário estabelecido, foi parado para inspeção com 46560 horas equivalentes desde sua última revisão geral e com 223000 horas desde sua entrada em operação em 1963. Apesar do número de horas de operação ainda não justificar uma revisão geral, o mesmo estava apresentando altos níveis de vibração.

A equipe técnica de vibrações concluiu após a análise de duas tentativas de balanceamento, uma sobre a turbina e outra sobre o alternador, que o rotor do alternador estava com severo desbalanceamento estático. Em razão da impossibilidade de acesso ao centro do rotor, não seria possível balanceá-lo em campo, mas apenas numa balanceadora de grande porte.

Após a desmontagem, devido as suspeitas de afrouxamento de calços das cabeças de bobina, os retaining rings do rotor foram desmontados para inspeção e reparos, antes do envio para balanceamento no túnel da ABB, onde comprovaram-se as suspeitas do elevado desbalanço estático do rotor.

Paralelamente aos serviços do alternador, a inspeção da turbina revelou o rompimento de uma palheta no estágio 20A da turbina de BP (Ver Figuras 1 e 5).

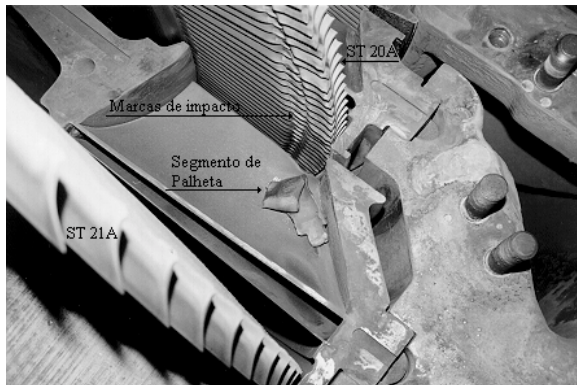


FIGURA 1

Esta palheta rompeu-se em razão de uma trinca no seu encaixe de fixação ao rotor, (Ver Figura 2) chocando-se com as demais, atingindo e danificando 174 de um total de 249 palhetas montadas neste estágio.



FIGURA 2

Observou-se que outras palhetas estavam em processo de rompimento semelhante e já podiam ser visualizados mesmo antes de sua retirada do rotor, pois apresentavam um desalinhamento em relação ao restante das palhetas, sendo que este desalinhamento não parece ter sido provocado por choques com a palheta rompida já que não haviam marcas de impacto

Esta constatação levou a desmontagem total das palhetas deste estágio e de seu par (estágio 20), por se considerar que o mesmo defeito poderia estar se manifestando nas palhetas deste estágio, que é par do anterior por se tratar de um rotor de duplo fluxo. (Ver figura 5)

Os END's que se seguiram revelaram a existência de 28 palhetas com trincas no seu encaixe de fixação com o rotor no estágio 20A e nenhuma no estágio 20.

3.0 – ANÁLISE DA OCORRÊNCIA.

3.1 Análise da palheta

Inicialmente para a obtenção de subsídios para a avaliação das causas das trincas, foi encaminhada ao CEPEL uma das palhetas para análise. (Figura 3)

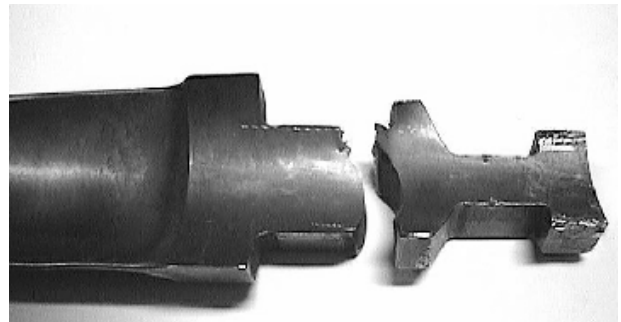


FIGURA 3

O CEPEL considerou que as trincas eram devidas a fadiga do material por algum esforço repetitivo, e que não havia indícios de degradação do material, cuja análise da composição revelou tratar-se de um aço inox martensítico 420.

Pelo aspecto da fratura (Figura 4), a trinca de fadiga nucleou-se na borda superior do encaixe de fixação da palheta ao rotor, propagando-se para o interior da palheta. No caso esta palheta foi retirada antes que a trinca alcançasse um tamanho crítico que conduziria à ruptura monotônica final. Conforme análise do CEPEL, a superfície da fratura apresenta duas regiões com diferentes morfologias: a primeira, uma superfície lisa e de cor opaca (devido a um processo de oxidação); a segunda, uma superfície de fratura irregular, correspondente à região de maior brilho. Contudo, essa região irregular e mais brilhosa está associada à fratura final da palheta ocorrida propositadamente com o intuito de se separar as superfícies fraturadas para posterior análise

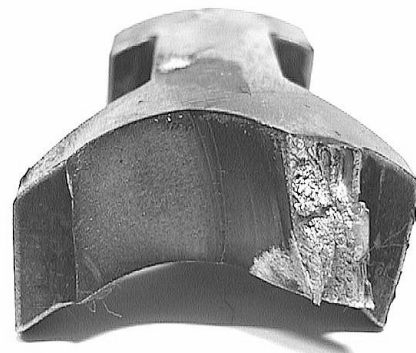


FIGURA 4

3.2 Análise de vibração

Historicamente os valores de vibração desta máquina já estavam ultrapassando os valores definidos pela norma VDI 2056 desde 1987, quando esta máquina sofreu avaria em seus mancais em razão de uma falha no sistema de óleo de lubrificação, contudo ainda se mostravam aceitáveis até um ano antes desta ocorrência, quando os valores do gráfico de tendência mostravam uma curva ascendente. Após analisados todos os dados de vibração e evidenciado como causa principal de vibração da máquina o desbalanceamento estático do rotor do alternador, considerou-se que a menor rigidez da máquina do lado afetado, permitiu um efeito cruzado de excitação de vibração sobre as palhetas do estágio 20A. Este tipo de efeito pode acontecer em máquinas que operam acima da segunda velocidade crítica como é o caso deste conjunto turboalternador que gira a 3600 rpm. Os altos níveis de vibração a que estava submetida a máquina não permitiu estabelecer com precisão a data de rompimento da palheta, mas pelo sistema de monitoração continua estimou-se em 60 dias antes da parada da unidade quando houve discreto acréscimo nos valores médios de vibração.

4.0 - ALTERNATIVAS DE REPARO

A alternativa de reparo mais evidente e segura, seria a substituição completa das palhetas de ambos os estágios deste rotor, mas naturalmente os custos seriam elevados e o prazo da revisão em andamento teria que ser distendido. Na expectativa de obtenção de outras alternativas foram consultados o fabricante da máquina e outras possíveis fornecedores de palhetas.

4.1 Alternativas do fabricante - MAN

Na consulta ao fabricante, este colocou como alternativas a substituição completa das palhetas dos estágios 20 e 20A ou a retirada de todas as palhetas destes estágios e os respectivos diafragmas, tendo como consequência a redução de 4,5 MW da potência final da turbina. A remontagem das palhetas, mesmo as sem trincas não foi recomendada pela MAN, especialmente as 174 que sofreram amassamentos pelo impacto com a palheta que rompeu do estágio 20A. As do estágio 20 até poderiam ser montadas mas com o risco de haver um desbalanceamento no empuxo axial da máquina.

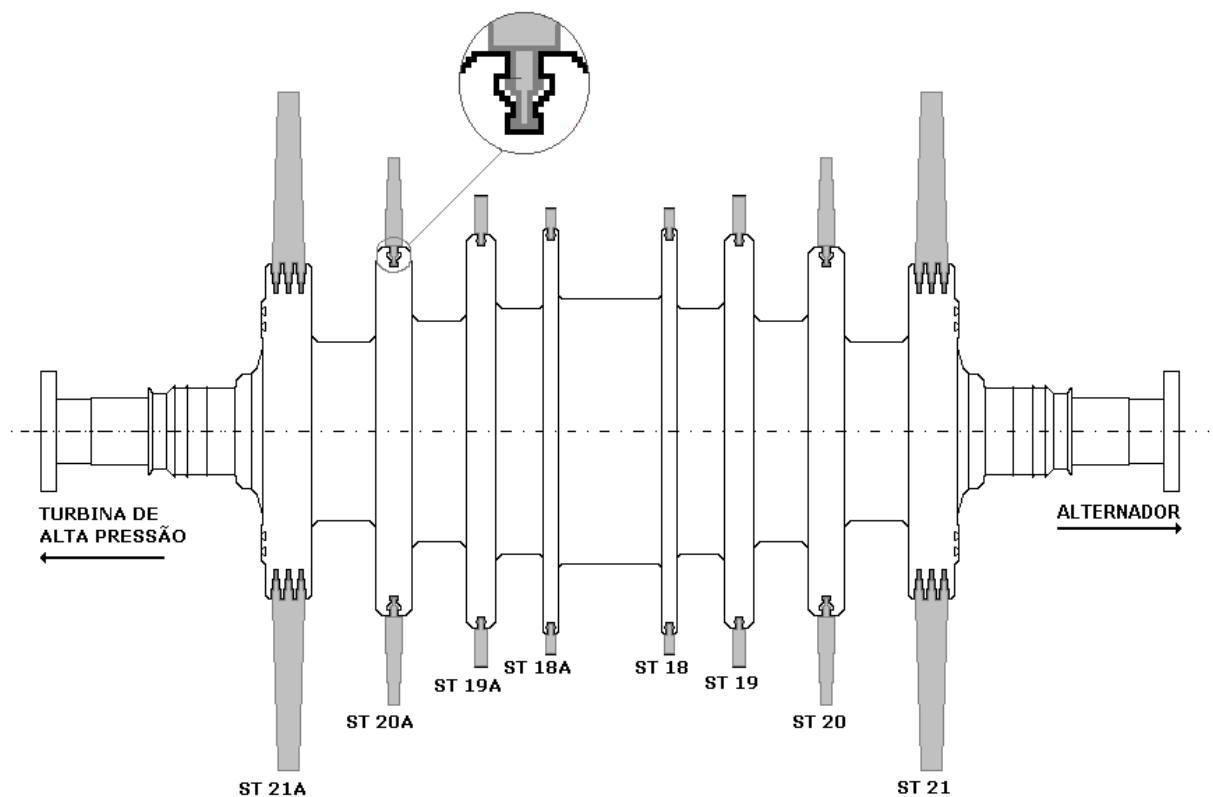


FIGURA 5 – Esquema em corte do rotor de baixa pressão com a indicação do ponto de rompimento da palheta.

4.2 Alternativas de fornecedores de palhetas.

O prazo de fornecimento de um novo conjunto de palhetas foi estimado por fornecedores como TURBOCARE, GE e ABB em no mínimo oito semanas, ao custo de cerca de R\$ 500.000,00. As opiniões destes fornecedores foram as mais diversas a respeito da remontagem e/ou da eliminação total ou parcial das palhetas. Por esta razão a equipe técnica da GERASUL só considerou como válida a opinião do fabricante.

4.3 Alternativa da equipe técnica GERASUL

Remontagem de todo o estágio 20, cujas palhetas não apresentaram trincas. No estágio 20A das 29 palhetas trincadas seria eliminada a parte correspondente a pá, logo após a trinca e montado apenas o pé de encaixe no rotor para o preenchimento de espaço. As 174 palhetas danificadas pelo impacto, seriam recuperadas e também remontadas junto as demais 46 palhetas que não haviam sofrido nenhum dano. A seqüência de desmontagem das palhetas deveria ser repetida na montagem exceto para o que restou dos encaixes de fixação das palhetas trincadas (pés), que deveriam ser redistribuídos em torno do rotor, minimizando os efeitos sobre o balanceamento. A recuperação das palhetas danificadas seria por conformação com aquecimento dentro de uma matriz confeccionada a partir de uma palheta em bom estado, com controle de dureza e END's com LP antes e após a conformação. As irregularidades remanescentes seriam corrigidas manualmente.

5.0 - ANÁLISE GERENCIAL

Para a tomada de decisão foram analisados aspectos técnicos e econômicos, considerando-se os riscos de contrariar recomendações do fabricante. O momento de incertezas quanto ao futuro mercado de energia e também o avançado número de horas de operação da máquina, não recomendavam investimentos de porte nesta unidade. O elevado tempo para fornecimento, das novas palhetas foi também um fator preponderante pois inviabilizaria completamente o prazo de 75 dias estabelecido para a revisão.

Com base nas informações do CEPEL, nos resultados das análises de vibrações, os aspectos construtivos da máquina e o fato de não terem sido encontradas trincas em nenhuma das palhetas do estágio 20, permitiram a conclusão de que a causa mais provável para as trincas das palhetas dos estágio 20A, estaria realmente relacionada a excitação deste conjunto de palhetas como um efeito dos altos níveis de vibração do alternador. Diante desta avaliação e a esta altura da

certeza de redução dos níveis de vibração da máquina em razão dos já conhecidos resultados do balanceamento do rotor do alternador, optou-se por implementar a alternativa mais econômica e coerente para este momento, ou seja, a definida pela equipe técnica GERASUL.

6.0 – RESULTADOS OBTIDOS.

Em razão das dificuldades relacionadas a este evento, a unidade retornou a operação com duas semanas de atraso em relação ao planejado. Como medida preventiva, após a remontagem das palhetas o rotor foi balanceado em São Paulo numa balanceadora de grande porte. A unidade alcançou a carga nominal e até hoje após quase um ano de operação, apresenta excelentes níveis de vibração e apesar de faltarem 29 palhetas ao estágio 21A, não foram observadas alterações funcionais sobre o mancal de escora que eventualmente poderiam ocorrer por desbalanço do empuxo axial. O aspecto homogêneo da montagem das pás no rotor (Ver figura 6), já sugeria mínimo desbalanço deste empuxo.

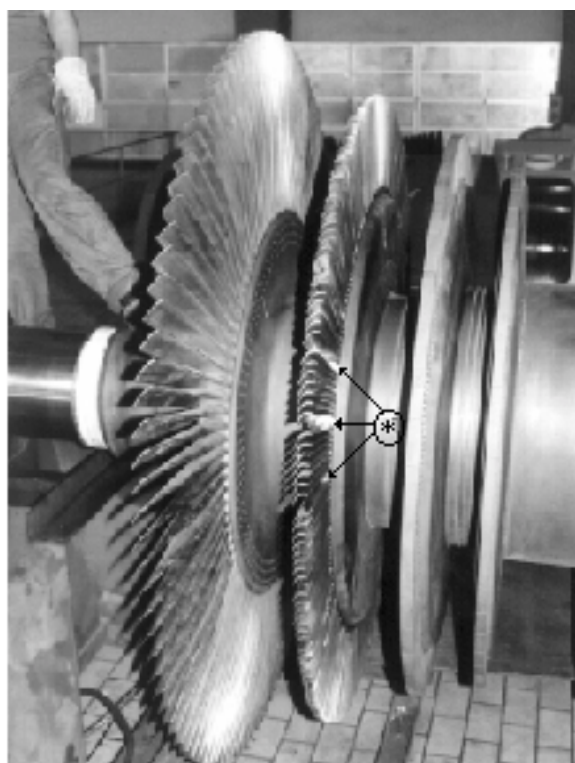


FIGURA 6 - Aspecto do estágio 21A após a montagem intercalada de palhetas, demonstrando o ponto indicado (*) por setas, parte das áreas vazias do conjunto.

7.0 CONCLUSÃO

Conclui-se portanto que uma alternativa fundamentada na experiência, na análise de dados técnicos e no potencial de riscos, pode se tornar técnica e economicamente viável, apesar de contrária ao fabricante do equipamento, que mesmo tendo todo o domínio técnico, considera em suas recomendações além da sua segurança, aspectos econômicos pertinentes a sua atividade de fornecedor de componentes e serviços.

8.0 BIBLIOGRAFIA

(1) PIRES JUNIOR, A.C., FURTADO, E.C. Relatório técnico do CEPEL; Análise de falha em uma palheta de Turbina da GERASUL – 361/2000.

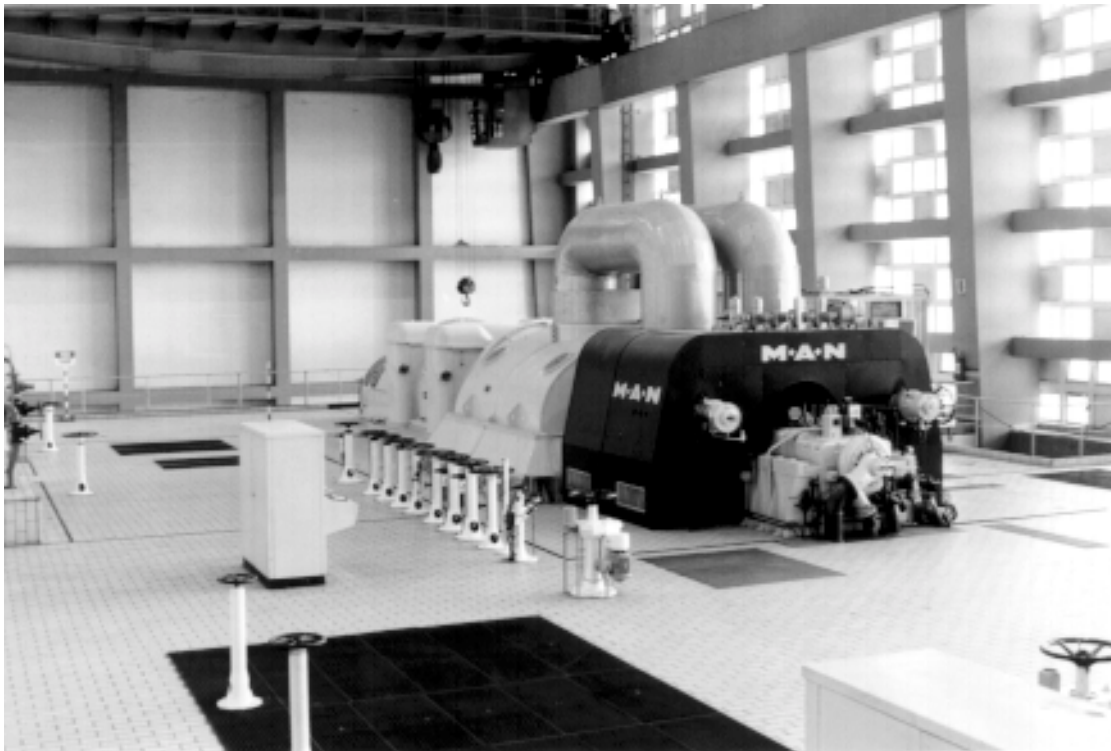


FIGURA 7 – Aspecto do turboalternador 1 da usina Termoelétrica Jorge Lacerda A – UTLA, após a conclusão dos serviços de revisão geral em 30/05/2000.