

Modernização, repotenciação e implantação de sistema “dual fuel” na usina termoeleétrica de Camaçari

Alcides Codeceira Neto, Douglas Balduino Guedes da Nóbrega / CHESF
BRASIL
douglasn@chesf.gov.br

III Congreso CIER de la Energía - CONCIER 2007
27 al 30 de noviembre de 2007
Medellín, Colombia

INDICE

1. INTRODUÇÃO
2. CONSIDERAÇÕES SOBRE A MODERNIZAÇÃO E A REPOTENCIAÇÃO DA USINA
3. A NECESSIDADE DO DUAL FUEL
4. OS TESTES DE PERFORMANCE
5. OS TESTES DE EMISSÕES
6. REFORMA NO PARQUE DE ARMAZENAMENTO DE ÓLEO DIESEL
7. CONCLUSÕES
8. LIÇÕES APRENDIDAS
9. RECOMENDAÇÕES
10. REFERÊNCIAS

Resumen: O objetivo deste trabalho é apresentar os aspectos técnicos que envolveram os trabalhos de repotenciação da Usina Termoeleétrica de Camaçari (UTE Camaçari), situada no Distrito Industrial de mesmo nome, no município de Dias D'Ávila, estado da Bahia, no período compreendido entre 2002 e 2005. Anteriormente, esta usina térmica era equipada com cinco grupos turbogeradores, do tipo heavy duty operando em ciclo simples, sendo originalmente do modelo 11D4 e 11D4A (Turbodyne), com potência nominal de 58MW cada, o que fornecia uma potência instalada total de 290MW. Na época, a UTE Camaçari operava apenas com óleo diesel. Com a repotenciação, a usina térmica passou a oferecer uma potência total de 350MW, sendo 70MW por máquina, aumentando desta forma a sua capacidade de geração em 20%. A usina pode ser operada com gás natural ou com óleo diesel. O gás natural é recebido através de gasoduto, diretamente do fornecedor local.

Adicionalmente à repotenciação das máquinas, foi realizada uma reforma no parque de armazenamento de óleo diesel, visando, dentre outros aspectos, um aumento no volume de armazenamento e a melhoria da sua confiabilidade operacional. Os resultados obtidos nos vários testes de performance aplicados às turbomáquinas, constataram uma melhoria da eficiência térmica.

Atualmente, a eficiência térmica média das turbomáquinas está em torno de 30,5%. Esta modernização também propiciou uma redução das emissões de dióxido de carbono e óxido de nitrogênio, dois dos gases causadores do efeito estufa. Os trabalhos realizados na usina térmica envolveram ainda o restabelecimento e aumento da disponibilidade de geração, operação com sistema “dual fuel” (gás natural e óleo diesel), modernização dos sistemas de controle, supervisão, proteção e comunicação, e repotenciação dos sistemas elétricos e seus auxiliares.

A modernização do parque de armazenamento de óleo diesel compreendeu a recuperação de sistemas de drenagens e bacias de contenção de óleo, substituição de válvulas e chaves de nível, recuperação de edificações, montagem de novas centrais de alarmes contra incêndio e instalação de medidores de vazão para acompanhamento do óleo diesel recebido.

Este programa de modernização e repotenciamento da UTE Camaçari visou atender ao Programa Prioritário de Termoeletricidade instituído pelo Governo Federal, através do Ministério de Minas e Energia (MME).

1. Introdução

A UTE Camaçari foi concebida com o objetivo de suprir possíveis insuficiências de energia previstas para ocorrerem na segunda metade da década de 70, atendendo basicamente à demanda de ponta do sistema. Os dados básicos originais das unidades geradoras eram os seguintes:

Tabela 1. Dados da UTE Camaçari antes da modernização e repotenciación.

ITEM	DESCRIÇÃO
Tipo	Heavy Duty (Industrial)
Modelo	11D4 / 11D4A
Configuração	Ciclo Simples (aberto)
Potência Nominal	58.000 KW (cada)
Rotação	3.600 RPM
Sistema de Controle	Analógico
Estágios do Compressor	05
Estágios da Turbina	17
Eficiência Térmica	24%
Vazão de Combustível (Óleo Diesel)	20,52 t/h
Classe de Isolamento do Gerador	B

A primeira unidade geradora entrou em operação no ano de 1979, enquanto que a última foi comissionada em 1981. A UTE Camaçari possui também um parque de tancagem, responsável pela armazenagem do óleo combustível utilizado pelas máquinas, perfazendo uma capacidade total de armazenagem de aproximadamente 9.000.000 de litros de óleo.

No entanto, com o passar dos anos, as condições da usina foram se degradando, principalmente devido às dificuldades na obtenção de peças de reposição, e nem mesmo o empenho do pessoal da manutenção pode evitar o crescente aumento das dificuldades de operação e manutenção dos equipamentos e a redução da eficiência e confiabilidade da usina. Estes aspectos determinaram uma crescente restrição da energia ofertada pela UTE Camaçari ao setor elétrico. Não obstante, neste período, apesar das dificuldades e ainda que de maneira parcial, a usina se manteve operando ou disponível.

Em 2001, pelos motivos já expostos anteriormente, UTE Camaçari, se encontrava com a potência instalada reduzida e a situação geral da usina era a seguinte:

- Uma das unidades apresentava curto-circuito no gerador e alguns equipamentos periféricos danificados;
- Alto grau de corrosão nas chaminés de exaustão;
- Sistemas de partida precários e com histórico de problemas;
- Sistemas de controle obsoletos e pouco confiáveis;
- Confiabilidade, disponibilidade e rendimento reduzidos.

No entanto, a evolução tecnológica tanto das turbo máquinas, quanto dos sistemas auxiliares e de controle, além de outros, foi demonstrando cada vez mais que a UTE Camaçari necessitava de uma reforma em suas instalações, a fim de manter ou ampliar sua capacidade instalada e eficiência, mantendo os custos de operação em níveis competitivos.

Neste mesmo ano, 2001, instalou-se no país uma crise de oferta de energia, o chamado apagão, que ocasionou uma nova postura dos governantes no sentido de se buscar a redução e racionalização do consumo de energia elétrica no Brasil e por outro lado, obter um aumento na oferta de energia elétrica. Não se pode deixar de citar também, a evolução da postura dos consumidores de energia elétrica no Brasil. O objetivo deste trabalho é apresentar os aspectos técnicos que envolveram os trabalhos de modernização, repotenciación e implantação de sistema "Dual Fuel" na Usina Termoelétrica de Camaçari.

2. Considerações sobre a modernização e a repotenciación da usina

Os serviços de modernização e repotenciación da UTE Camaçari foram enquadrados, em alguns dispositivos do governo federal, sendo os principais listados a seguir:

- Programa Prioritário de Termoeletricidade, instituído pelo Decreto nº. 3.371, de 24/02/2000, da Presidência da República, regulamentado pela Portaria nº. 43 de 25/02/2000 do Ministério das Minas e Energia;
- Aviso 184/MME de 12/09/2000 dirigido ao Conselho Nacional de Desestatização, autorizando a Chesf a promover a repotenciación da UTE Camaçari.

Na segunda metade do ano de 2001, foram então iniciados os serviços de modernização, repo-

tencição e adaptação para uso de novo combustível na UTE Camaçari.

Os serviços foram executados em frentes de trabalho simultâneas, na usina, fábricas da Alstom no Brasil e no exterior e em empresas subcontratadas.

O escopo básico dos trabalhos e os resultados esperados eram os seguintes:

- Aumento da potência da usina;
- Restabelecimento e aumento da disponibilidade de geração;
- Aumento da eficiência da usina;
- Operação com sistema dual fuel (gás natural e óleo diesel);
- Modernização dos sistemas de controle;
- Modernização dos sistemas de supervisão, proteção e comunicação;
- Revisão e repotencição dos sistemas elétricos e seus auxiliares;
- Reativação e modernização do Parque de Tancagem (armazenagem de óleo diesel).

Os principais serviços executados são descritos a seguir:

2.1. Turbinas

Desmontagem das palhetas e rotor com posterior montagem de novos conjuntos de palhetas (fixas e móveis), com vistas à redução de perdas na expansão dos gases provenientes da queima.

Também foram substituídos os elementos isolantes termoacústicos das carcaças.

2.2. Compressores

Alguns estágios tiveram as palhetas substituídas. Os demais, a fim de melhorar a confiabilidade, tiveram suas palhetas submetidas há alguns ensaios e na seqüência, receberam um revestimento para combater a formação de depósitos e incrustações.



Fig 1. Empalhetamento do rotor do compressor.

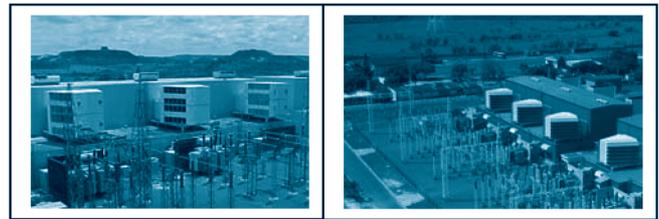


Fig 2. Casa dos Filtros (antiga e atual).

2.3. Construção da estação de recebimento de gás natural

Em função dos serviços de adaptação da usina para utilização do gás natural, foi construída na UTE Camaçari, pela Bahiagás, uma Estação de Medição e Regulagem de Pressão (EMRP) destinada a regular a pressão de alimentação e medir e registrar os volumes, pressões e temperaturas do gás natural, objeto do contrato de fornecimento de gás.

A estação, do tipo padrão dupla, dispõe de filtros, manômetros, transdutores de pressão e temperatura, além de diversos tipos de válvulas, como de esfera, de bloqueio automático, reguladoras de pressão, de alívio e válvulas de retenção.

2.4. Sistemas de controle

Os sistemas de controle foram completamente renovados. Os novos sistemas implantados contemplaram o comando e controle dos seguintes subsistemas:

- Sincronizador;
- Regulador de tensão;
- Proteção dos geradores e transformadores elevadores;
- Conversor Estático de Freqüência (SFC).

Foram incluídas no sistema de controle, todas as interfaces necessárias para os procedimentos de partida e parada da unidade, tais como:

- Controle do sequenciamento;
- Lubrificação da unidade;
- Acionamento do sistema hidráulico;
- Sistema de sobrevelocidade;
- Excitação do gerador;
- Suprimento e ignição de combustível;
- Monitoramento da chama;
- Vibração do eixo e mancais.

Também foi instalada uma Interface Homem-Máquina (IHM) para cada unidade, sendo uma IHM instalada na sala de comando local da máquina e outra instalada, de forma redundante, na sala de comando central da usina.

As unidades podem ser operadas por qualquer uma das duas IHM's. As principais funções disponibilizadas pelo sistema, bastante úteis para análise e diagnóstico, são as seguintes:

- Grandezas mecânicas e elétricas geradas pelo sistema;
- Proteção digital para gerador e transformador;
- Regulação automática da tensão;
- Eventos relativos à proteção elétrica do sistema;
- Oscilografia das grandezas elétricas e mecânicas selecionadas.

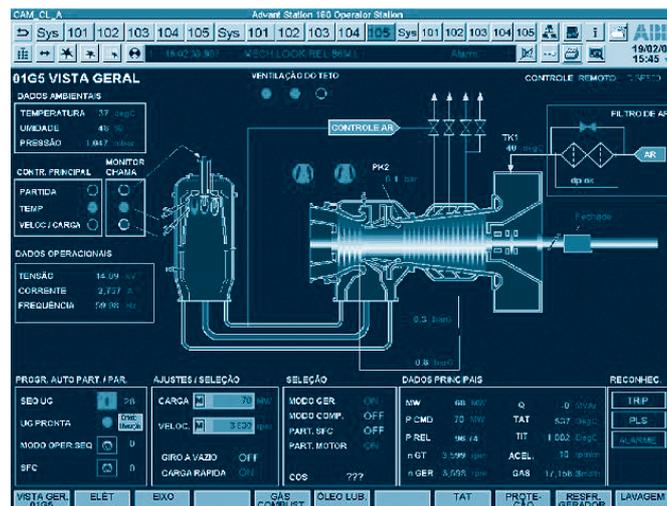


Fig 3. Tela do Sistema de Controle.

2.5. Geradores

Os geradores tiveram a sua classe de isolamento modificada, passando da Classe B para a F.

O escopo principal dos serviços realizados nos geradores compreendeu:

Estator

Remoção do enrolamento e limpeza do núcleo, seguidas pela instalação do novo enrolamento (Classe F) realização de testes de indução e reparos em pontos quentes.

Rotor

Remoção do enrolamento, seguida pela instalação do novo isolamento (Classe F). Foram

também instalados novos anéis de retenção e isolação, além do novo arranjo de escovas e anéis coletores. Na seqüência, foram realizados testes elétricos e de sobrevelocidade.

2.6 Serviços diversos

Além das melhorias descritas anteriormente, diversos trabalhos foram paralelamente desenvolvidos na UTE Camaçari, os quais chamamos de serviços diversos e os listamos a seguir:

- Substituição dos disjuntores e cubículos de média tensão;
- Revisão dos sistemas elétricos remanescentes;
- Revisão em sistemas auxiliares, motores e bombas;
- Recondicionamento das chaminés de exaustão;
- Instalação do novo sistema de medição e faturamento;
- Instalação de relés de tecnologia digital;
- Instalação de iluminação externa à prova de explosão;
- Melhoria nas instalações administrativas;
- Implantação de projeto para urbanização e paisagismo da usina.

Após o processo de modernização e repotencição, a UTE Camaçari passou a ter as características apresentadas na Tabela 2, a seguir. Pode-se observar o aumento da potência nominal, que passou de 58.000KW (Tabela 1) para 66.700KW, se operando com óleo diesel, podendo ainda produzir 70.000KW, se operando com gás natural.

Tabela 2. Dados da UTE Camaçari após a modernização e repotencição.

ITEM	DESCRIÇÃO
Tipo	Heavy Duty (Industrial)
Modelo	11D4 / 11D4A
Configuração	Ciclo Simples (aberto)
Potência Nominal (Óleo Diesel)	66.700 KW (cada)
Potência Nominal (Gás Natural)	70.000 KW (cada)
Rotação	3.600 RPM
Sistema de Controle	Digital
Estágios do Compressor	05
Estágios da Turbina	17
Eficiência Térmica	30,5%
Vazão de Combustível (Óleo Diesel)	18,90 t/h
Vazão de Combustível (Gás Natural)	17,10 t/h
Classe de Isolamento do Gerador	F

3. A necessidade do dual fuel

Inicialmente apenas o gás natural seria utilizado, mas em função da uma provável indisponibilidade de fornecimento de gás natural a curto prazo, optou-se também pelo uso de óleo diesel, podendo a usina operar com apenas uma das opções ou simultaneamente com os dois tipos de combustível (Sistema Dual Fuel).

4. Os testes de performance

Após o processo de montagem e antes da entrada em operação de cada máquina, foram realizados os chamados Testes de Performance. Os testes tinham como objetivo avaliar e comparar o atendimento às garantias de performance das turbo máquinas quanto à potência elétrica gerada e a eficiência, descritas em contrato. As tolerâncias também são descritas no contrato.

Os procedimentos foram acordados entre as partes envolvidas (cliente e fornecedor) e os testes foram conduzidos rigorosamente, de acordo com estes procedimentos, utilizando-se dos melhores conhecimentos e práticas de engenharia disponíveis no momento.

Os resultados dos testes são sujeitos a ajustes em função da composição real do combustível utilizado e as garantias são válidas para as condições de referência listadas a seguir:

Tabela 3. Condições de referência para os testes de performance.

Carga na máquina	100 % (base load)
Temperatura ambiente	30 °C
Umidade relativa do ar	60%
Pressão do ar	1.013 bar
Temperatura do combustível	> 10 °C
Freqüência	60 Hz
Fator de Potência	0,90
Condição da unidade	Nova (<200 HO)

Correções devem ser aplicadas, para quaisquer desvios nas condições de referência listadas acima (curvas de correção são fornecidas pelo fabricante).

O teste de performance tem duração de 30 minutos, sendo sete leituras com 5 minutos de in-

tervalo. Foram organizados e coordenados pelo fabricante (Alstom) e pela equipe de Engenharia da Chesf, com participação das equipes de manutenção e operação da UTE Camaçari.

De acordo com o documento técnico "Performance Test Codes on Gas Turbines" (ANSI / ASME PTC 22), a turbina a gás precisa estar em funcionamento com plena carga (base load) por pelo menos 6 horas, antes da realização de qualquer leitura.

Este período de aquecimento (conhecido como warm-up) é necessário para que as condições estáveis de operação sejam atingidas.

Após o período de aquecimento e antes da realização do teste oficial, é recomendada a realização de um pré-teste, nos mesmos moldes do teste oficial. Isto visa uma checagem prévia dos instrumentos e a familiarização da equipe envolvida com os procedimentos do teste.

As equipes foram compostas por oito pessoas divididas em duplas, sendo quatro representantes da Chesf e 4 representantes da Alstom. Os testes foram sempre realizados quando do término dos serviços de montagem e comissionamento de cada máquina.

Uma programação típica dos testes de performance em cada máquina está indicada na Tabela 4, mostrada abaixo.

Tabela 4. Programação típica dos Testes de Performance.

HORA	TAREFA
08:00	Lavagem do compressor
11:00	Partida
11:10	Sincronização
11:30	Base Load
13:30	Reunião do Pré-teste
17:30	Pré-teste
18:30	Briefing teste oficial
19:00	Teste Oficial
20:30	Reunião de avaliação
21:00	Fim das atividades

As grandezas cujas leituras foram coletadas nos testes de performance são as seguintes:

- Temperatura Ambiente, nas entradas norte e sul da tomada de ar (T amb);
- Pressão Ambiente (P amb);
- Umidade Relativa do Ar (RH amb);
- Queda de pressão no sistema de admissão (p_{ei});
- Perda de pressão no sistema de exaustão (p_{ee});
- Temperatura na saída do compressor (Tk2);
- Pressão na saída do compressor (pk2);
- Fluxo de massa e temperatura de entrada do combustível (m_{comb}, t_{comb});
- Vazão de retorno do combustível (apenas na operação com óleo diesel);
- Voltagem, Potência e Fator de Potência Instantânea;
- Horas de operação (HO).

A Figura 4, a seguir, mostra um diagrama típico da instrumentação utilizada em um Teste de Performance realizado na UTE Camaçari.

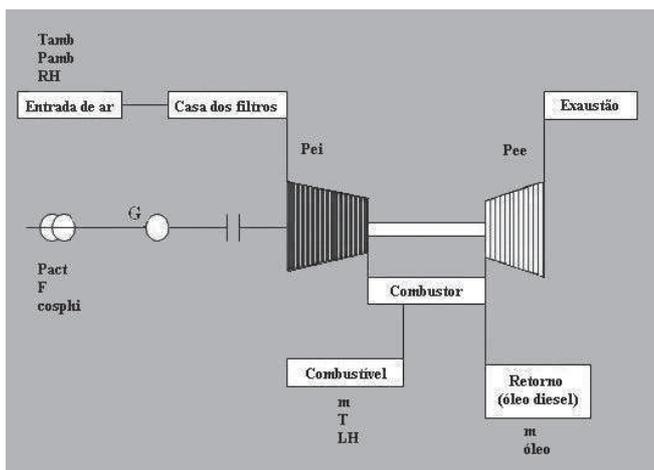


Fig 4. Diagrama esquemático da instrumentação do teste de performance.

5. Os testes de emissões

Após a entrega da máquina e realização dos testes de performance, foram realizados os Testes de Emissões. Diferentemente dos testes de performance, os testes de emissões não foram realizados em todas as máquinas. Os mesmos foram realizados em apenas uma máquina, utilizando como combustível, primeiramente, o óleo diesel, procedendo-se no dia seguinte, na mesma máquina, o referido teste, utilizando o gás natural.

De acordo com o procedimento apresentado pelo fabricante e aprovado pela Chesf, em cada

teste foram realizadas 13 leituras acompanhadas por representantes da Chesf e da Alstom.

As leituras foram iniciadas com a máquina em geração máxima (base load), e eram realizadas com carga decrescente de 5MW, sendo efetuadas leituras em intervalos de aproximadamente 10 minutos, de modo que a 13ª leitura fosse realizada em vazio (0MW).

O gás a ser analisado era extraído na base da chaminé, através de um ponto específico para a coleta do mesmo.

As emissões consideradas nos testes foram:

- Óxidos de Nitrogênio (NOx);
- Oxigênio (O2);
- Particulados (fuligem).

Durante os testes, os dados operacionais da máquina e das condições ambientes foram lidos e armazenados. As Tabelas 5 (a) e (b), a seguir, apresentam um sumário dos resultados dos testes de emissões da turbina a gás operando com óleo diesel e com gás natural.

Tabela 5 (a). Sumário dos resultados dos testes de emissão com óleo diesel.

Número da Leitura	1	7	13
Potência (MW)	63	30	0
TIT (°C)	1002	767	564
TAT (°C)	539	379	244
NOx, dry (vppm)	341	187	50,1
O ₂ , dry (Vol %)	15,61	17,72	19,45
Nox adj 15% O ₂ , dry (vppm)	380	344,5	198,7

Tabela 5 (b). Sumário dos resultados dos testes de emissão com gás natural.

Número da Leitura	1	7	13
Potência (MW)	69	35	0
TIT (°C)	1002	790	567
TAT (°C)	535	394	245
NOx, dry (vppm)	226	161	34,8
O ₂ , dry (Vol %)	15,31	17,47	19,49
Nox adj 15% O ₂ , dry (vppm)	238,4	275,3	141,8

Vale salientar o aumento das emissões de óxidos de nitrogênio com o aumento da potência da máquina (power output). Por outro lado, observa-se o aumento da concentração de oxigênio nos

gases de exaustão, quando da diminuição da potência da máquina.

Registrou-se que os valores obtidos para o NOx dry at 15% O2 foram inferiores a 260 ppm, valor este considerado limite para o teste.

6. Reforma no parque de armazenamento de óleo diesel

Devido à modernização da usina, o Parque de Tancagem de óleo diesel teve que também passar por uma considerável reforma. O parque se encontrava em condições precárias de utilização e ainda continha parte de um antigo sistema de recebimento e armazenamento do chamado óleo pesado ou residual, que não teria mais nenhuma utilização e por isso deveria ser desmontado e descartado.

Os equipamentos e acessórios desmontados foram basicamente, tubos, conjunto moto-bomba, registros, válvulas, isolamento térmico, instrumentos, sensores, tanque de água quente, suportes, cabos de força e controle, filtros, suportes, bases de concreto, etc.

Com o objetivo de permitir a instalação de medidores individuais de vazão nas bombas do recebimento, de forma a promover a otimização da distribuição do óleo diesel para os tanques e adequar as tubulações de alimentação aos "Fuel Blocks", foram necessárias a desmontagem e modificação de trechos da tubulação existentes, bem como fornecimento e montagem de nova tubulação.

Os principais serviços e fornecimentos para a recuperação do pátio de tancagem, envolveram, dentre outros:

- Recuperação de sistemas de drenagens e bacias de contenção de óleo;
- Análise e recuperação da malha de terra, proteção catódica e canaletas elétricas;
- Substituição e/ou manutenção em registros, válvulas solenóides, pressostatos, manômetros, chaves de nível;
- Recuperação de edificações;
- Melhoria nos sistemas de água de serviço, sistemas de efluentes e sistema de ar comprimido;
- Fornecimento e montagem dos quadros de iluminação e conjuntos de acionamentos locais, fibra óptica, cabos elétricos de força e controle;
- Fornecimento e montagem de novas centrais

de alarme contra incêndio;

- Instalação de medidores de vazão para acompanhamento do óleo diesel recebido.

Também foi fornecido e montado um novo sistema de proteção contra descarga atmosférica (SPDA), de acordo com a norma ABNT – NBR 5419/01, para as edificações e tanques da planta de óleo diesel abaixo relacionadas:

- Plataforma de recebimento de óleo diesel;
- Casa das caldeiras;
- Casa das bombas de alimentação das unidades;
- Central de Comando e subestações;
- Sala da área de tratamento de óleo;
- Tanques de armazenamento de óleo diesel.

Na área civil, a empresa contratada recuperou fisicamente todas as bacias de contenção do parque de tancagem.

Esta recuperação consistiu em restabelecer as bacias de contenção ao seu projeto original conforme desenhos de referência e normas pertinentes. Para o atendimento destas normas toda a área das bacias de contenção foi revestida com o emprego de solo-cimento, melhorando sua impermeabilização, resistência aos esforços mecânicos, coesão e suscetibilidade à erosão. O solo-cimento foi aplicado na crista e taludes internos dos diques e no piso das bacias de contenção.

7. Conclusões

Com a degradação das condições de operação e manutenção dos equipamentos, bem como a redução da eficiência e confiabilidade da usina, e levando-se em conta, ainda, aos problemas de racionamento de energia no país, optou-se pelos trabalhos de modernização e repotenciação da UTE Camaçari.

A modernização e repotenciação da UTE Camaçari proporcionou um aumento da sua potência nominal de 290MW para 350MW, além de possibilitar a operação da mesma com óleo diesel e gás natural, proporcionar um aumento da confiabilidade operacional, aumento na disponibilidade das máquinas e melhoria na eficiência térmica, que passou de 24% para 30,5%.

Atualmente a UTE Camaçari encontra-se com todas as unidades disponíveis para a operação, o que não ocorria antes dos trabalhos de modernização e repotenciação.

Devido à decisão de operar as máquinas com um sistema bicomcombustível (gás natural e óleo diesel), fez-se necessário também a reforma do parque de tancagem de óleo diesel. Os trabalhos compreenderam basicamente: recuperação de sistemas de drenagens e bacias de contenção de óleo, melhoria nos sistemas de água de serviço, sistemas de efluentes e sistema de ar comprimido e instalação de medidores de vazão para acompanhamento do óleo diesel recebido, dentre outros.

Com relação às emissões de gases do efeito estufa (principalmente CO₂ e NO_x), houve uma redução das mesmas após os trabalhos, principalmente devido ao fato de as máquinas modernizadas e repotenciadas terem a opção de operar com gás natural e também face à economia de combustível com o aumento da eficiência térmica.

8. Lições aprendidas

Como lições aprendidas, convém assinalar aquelas decorrentes da necessidade de nivelamento dos conhecimentos técnicos empregados nas atividades de acompanhamento dos trabalhos. Durante a realização das atividades, foi fundamental a boa integração entre os técnicos das equipes envolvidas, a fim de facilitar os processos realizados, as análises técnicas e a discussão dos resultados encontrados. Deve-se salientar também a importância dos treinamentos.

Um dos pontos relevantes no acompanhamento das atividades por parte dos técnicos da Chesf, foi a realização dos testes de performance, os quais verificam o desempenho das máquinas, e checam os valores de variáveis de interesse como eficiência térmica e potência útil da máquina, conforme estabelecido no contrato firmado entre a empresa geradora, no caso a Chesf, e o fabricante, a Alstom.

Vale ressaltar aqui a importância desses testes, uma vez que eles antecedem os estágios finais de comissionamento e operação da máquina.

9. Recomendações

Como não poderia ser diferente, o processo de modernização e repotencição da UTE Camaçari envolveu, principalmente, a realização de trabalhos exaustivos nas cinco turbinas a gás. Todo este trabalho foi desenvolvido em um período aproximado de 34 meses, fazendo com que, neste intervalo de tempo, todos os cronogramas de execução das várias etapas do processo, elaboradas pela Alstom, fossem compartilhadas com os técnicos da Chesf.

Recomenda-se, assim, para os técnicos da empresa contratante que participam conjuntamente das atividades programadas, o maior conhecimento possível de procedimentos básicos que permitam o melhor acompanhamento dessas atividades, principalmente aquelas relacionadas com os testes de desempenho das máquinas, haja vista os procedimentos e cálculos necessários à determinação das variáveis técnicas constantes no contrato firmado entre as partes interessadas.

10. Referências

[1] Performance Test Code on Gas Turbines ANSI / ASME PTC 22 – 1997.

[2] Saravanamuttoo, H. I. H.; Rogers, G. F. C.; Cohen, H. – Gas Turbine Theory – Prentice Hall, 5th Edition – 2001.

[3] Performance Test Procedure for GT11DM Upgrade – 1AHX 701 895, Rev. B – 2003.

[4] Performance Test Procedure for Oil Operation – 1AHX 613 728, Rev. A – 2004.

[5] Boyce, M. P. – Gas Turbine Engineering Handbook – Gulf Professional Publishing, 3rd Edition – 2006.