

UNESP
Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

Guaratinguetá
2013

MÁRCIO ALEXANDRE DE OLIVEIRA SILVA

ESTABELECIMENTO DE ROTINAS DE OPERAÇÃO E ORIENTAÇÕES
DE MANUTENÇÃO PARA A PLANTA TERMELÉTRICA DO
DEN/FEG/UNESP

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. José Alexandre Matelli.

Guaratinguetá
2013

S586e Silva, Márcio Alexandre de Oliveira
Estabelecimento de rotinas de operação e orientações de manutenção para a planta termelétrica do DEN/FEG/UNESP / Márcio Alexandre de Oliveira Silva – Guaratinguetá : [s.n], 2013.

49 f : il.

Bibliografia: f. 43-44

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013.

Orientador: Prof. Dr. José Alexandre Matelli

1. Vapor 2. Energia termelétrica I. Título

CDU 621.6.02


ESTABELECIMENTO DE ROTINAS DE OPERAÇÃO E ORIENTAÇÕES
DE MANUTENÇÃO PARA A PLANTA TERMELÉTRICA DO
DEN/FEG/UNESP

MÁRCIO ALEXANDRE DE OLIVEIRA SILVA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. ANTONIO WAGNER FORTI



BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. JOSÉ ALEXANDRE MATELLI
Orientador/UNESP-FEG



Prof. Dr. CELSO EDUARDO TUNA
UNESP/FEG



Prof. Dr. ELIANA VIEIRA CANETTIERI
UNESP/FEG

Dezembro de 2013

DADOS CURRICULARES

MÁRCIO ALEXANDRE DE OLIVEIRA SILVA

NASCIMENTO	20.06.1989 – SÃO JOSÉ DOS CAMPOS / SP
FILIAÇÃO	Aparecido Alves da Silva Francisca Márcia de Oliveira Silva
2008/2013	Curso de Graduação Engenharia Mecânica - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.
2004/2006	Curso Técnico em Química Escola Politécnica Comendador Pedro de Oliveira – ECOMPO

de modo especial, à minha família, por todo amor a mim dedicado, pelo sacrifício e paciência, por acreditarem em mim e sustentarem o meu sonho, e à minha namorada por me ajudar a realizar esse sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me acompanhar, aconselhar, por erguer minha cabeça diante das adversidades, por sempre o meu refúgio e minha fortaleza.

Agradeço ao meu orientador, Matelli, que contribuiu muito para a minha formação durante o curso, oferecendo ajuda e incentivo, com toda sua paciência.

Muito obrigado aos técnicos do laboratório que tiveram toda a atenção e vontade para realizar este projeto em especial os técnicos Rodolfo, Fefeu e Rizatto.

Agradeço a minha família, aos meus pais, em especialmente ao meu avô Miguel Gomes de Oliveira que foi meu maior incentivador a fazer o curso de Engenharia Mecânica, eles são parte importante na formação do meu caráter e meus valores pessoais.

Agradeço também a minha namorada e melhor amiga Carol, por todo seu amor, por me dar a oportunidade de fazer parte da sua história e acreditar que podemos fazer a nossa própria juntos, por ser paciente, prestativa, acreditar e apoiar quando estive em dificuldades e me fazer levantar a cabeça e me acalmar para seguir em busca do meu objetivo. Por estar sempre ao meu lado, não importando o que aconteça.

Agradeço aos meus pais, Aparecido e Márcia, pela dedicação em me educar e preparar para a vida, pela confiança, liberdade e por todo esforço empreendido para que eu realizasse este sonho.

“O temor do Senhor é o princípio do conhecimento; os loucos desprezam a sabedoria e a instrução.”

Prov.1:7

SILVA, M. A. O. ESTABELECIMENTO DE ROTINAS DE OPERAÇÃO E ORIENTAÇÕES DE MANUTENÇÃO PARA A PLANTA TERMELÉTRICA DO DEN/FEG/UNESP. 2013. 49 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, São Paulo, 2013.

RESUMO

As plantas de geração de vapor têm inúmeras aplicações industriais e são de importância na matriz energética nacional e mundial, portanto o conhecimento prático de uma planta de vapor possui relevância na formação acadêmica de um Engenheiro Mecânico. O Laboratório de Máquinas Térmicas do Departamento de Energia da UNESP, campus de Guaratinguetá, possui uma planta termelétrica de pequeno porte baseada no ciclo Rankine, que está inoperante há um longo período. Sua reativação imediata é dificultada devido à aposentadoria de pessoal especializado nos procedimentos operacionais, sendo que a memória técnica-operacional do laboratório necessita ser resgatada e documentada de modo a assegurar que este conhecimento seja preservado independentemente da equipe técnica. O objetivo deste projeto é estabelecer e documentar rotinas de operação e manutenção da planta termelétrica do Laboratório de Máquinas Térmicas do Departamento de Energia da UNESP, campus de Guaratinguetá. Visando assegurar condições de funcionamento sistemáticas e seguras considerando a utilização didática em disciplinas laboratoriais e pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: Geração de Vapor, Termelétrica, Laboratório de Vapor.

SILVA, M. A. O. ESTABLISHMENT OF OPERATIONAL SCRIPTS AND MAINTENANCE GUIDELINES FOR THE THERMOELECTRIC PLANT OF DEN/FEG/UNESP. 2013. 49 f. Monograph (Graduation in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, São Paulo, 2013.

ABSTRACT

Steam generation plants have several industrial applications, being important for the national and global energetic matrix. Operational knowledge of steam plants is extremely important to forming a Mechanical Engineer. The facilities from Faculty of Engineering of Guaratingueta have a no operated steam pilot plant, named Thermal Machine Lab. Nowadays, the Energy Department from the faculty cannot explore this lab for its classes, even being essential to consolidate the theoretical concepts with tests simulating industrial applications. The goal of this project was to restore the operational condition of equipment of steam laboratory by fixing the equipment, and creating operational scripts for them. In a close future this lab could be used for classes, research and other applications.

KEYWORDS: Steam Generation, Thermoelectric, Laboratory of Steam.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Planta Termoelétrica FEG/UNESP	14
FIGURA 2 – Dependência da Geração Térmica em diversos países, fonte (WCI 2008).	16
FIGURA 3 – Geração no Brasil Capacidade Instalada e Energia Gerada, fonte (ANEEL, 2009 – Capacidade Instalada) e (ONS, 2009 – Energia Gerada).....	17
FIGURA 4 – Unidade motor simples a vapor operando em ciclo de Rankine (SONNTAG, 2009).	18
FIGURA 5 – Diagrama T - s de um ciclo Rankine (SONNTAG, 2009).	19
FIGURA 6 – Centrais termelétricas em operação no Brasil (derivados de petróleo) e potência instalada segundo unidades da Federação – situação em setembro de 2003, fonte ANEEL.....	21
FIGURA 7 – Esquema e foto da Caldeira Fulton, equipamento do laboratório da DEN/FEG/UNESP.	22
FIGURA 8 – Turbina a vapor C/D 3000 Greenbat, e ao fundo Trocador de Calor (casco tubo – cor verde) do laboratório FEG-UNESP.	25
FIGURA 9 – Bomba de Vácuo e Condensador Greenbat utilizado no laboratório DEN/FEG/UNESP.	26
FIGURA 10 – Torre de Resfriamento do laboratório DEN/FEG/UNESP.....	28
FIGURA 11 – Esquema do conjunto de eletrodos controladores de nível (Manual Técnico FULTON, 1995).	30
FIGURA 12 – Visor de nível da caldeira.	31
FIGURA 13 – Esquema interno do painel da caldeira do laboratório em destaque os dois pressostatos.	32
FIGURA 14 – Esquema de desmontagem da porta “handhole” da caldeira Fulton.	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Termelétricas a carvão (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, 2009).	17
TABELA 2 – Capacidade das plantas termelétricas a derivados de petróleo nos países da OCDE (AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA – AIE. Key World Energy Statistics, IEA. Paris: IEA/OECD, 2003).	20
TABELA – 3 Principais Informações Técnicas da Caldeira Fulton Serie E (manual do equipamento, seção 1).	23
TABELA 4 – Dados técnicos da Turbina a Vapor C/D 3000 Greenbat (manual do equipamento, seção 1).	25
TABELA 5 – Dados técnicos do Condensador Greenbat do laboratório DEN/FEG/UNESP (Manual Técnico GreenBat, 1975).	27
TABELA 6 – Dados técnicos de referência da água de Caldeira (valores em mg/l) (manual do equipamento, FULTON seção 9).	35
TABELA 7 – Parâmetros do Ensaio com a bomba de vácuo desligada.	40
TABELA 8 – Parâmetros de Ensaio com a bomba de vácuo ligada.	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- FEG** - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
- OCDE** - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- AIE** - Agência Internacional de Energia
- ONS** - Organizador Nacional do Sistema
- WCI** - Western Climate Initiative
- ANEEL** - Agência Nacional de Energia Elétrica
- ANP** - Agência Nacional de Petróleo
- NR-13** - Norma Regulamentadora 13

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Motivação	13
1.2 Estrutura do trabalho	14
2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS.....	16
2.1 Geração termelétrica;.....	16
2.2 Ciclo Rankine;	18
2.3 Geração de eletricidade através do uso de derivados de petróleo;	19
3 EQUIPAMENTOS DA PLANTA	22
3.1 Caldeira.....	22
3.2 Turbina a Vapor.....	24
3.3 Condensador com bomba de vácuo e Torre de Resfriamento.....	26
4 VERIFICAÇÃO DE TÓPICOS DE SEGURANÇA DA NR-13 E ORIENTAÇÕES DE MANUTENÇÃO DO FABRICANTE DA CALDEIRA.....	29
4.1 Análise da caldeira do laboratório com recomendações de segurança da NR-13:..	29
4.2 Principais riscos conforme NR-13;	32
4.3 Tratamento de água de Caldeiras;	33
4.3.1 Método do Tratamento da água:.....	34
4.4 Orientações de manutenção do fabricante da caldeira do laboratório:.....	34
4.4.1 Controle Químico:	35
4.4.2 Limpeza Química de Caldeiras:	36
4.5 Frequência de Verificações e inspeções na caldeira;	36
4.5.1 Semanal;	36
4.5.2 Mensal;	37
4.5.3 Trimestral;	38
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.	40
6 CONCLUSÕES;	42
BIBLIOGRAFIA	43
Apêndice A – Roteiro Operacional 1	45
Apêndice B – Roteiro Operacional 2;	46
Apêndice C - Roteiro Operacional 2.1;.....	47
Apêndice D - Roteiro Operacional 3;.....	48
Apêndice E - Roteiro Operacional 3.1;	49

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho propõe como objetivo a elaboração de roteiros operacionais de uma planta termelétrica instalada no laboratório da FEG. Para tanto, este trabalho apresenta:

- O conceito de uma Termelétrica;
- Detalhes e funcionamento de componentes utilizados;
- Orientações de manutenção e segurança;
- Elaboração de roteiros e procedimentos operacionais;
- Resultados e sugestões;

Para dar prosseguimento ao trabalho, são revisados os conceitos básicos das disciplinas de termodinâmica, máquinas térmicas, transferência de calor, entre outras.

Posteriormente são estudadas as características técnicas operacionais dos tipos de componentes principais aplicados na planta termoelétrica: caldeira, superaquecedor, turbina, trocador de calor, bombas e torre de resfriamento. É realizada uma pesquisa sobre o funcionamento e as características de cada componente.

Posteriormente, são realizados ensaios para testar o funcionamento da planta. Após a fase de teste e análises foi possível definir procedimentos operacionais da planta. A seguir é apresentada a motivação para o desenvolvimento deste trabalho.

1.1 Motivação

O laboratório, apresentado na Figura 1, esteve inativo dentro do campus por cerca de 10 anos (CARNEIRO, 2012). No ano de 2012 foi iniciado um projeto para restauração da planta, pois as disciplinas do departamento de energia, principalmente Máquinas Térmicas e Termodinâmica, carecem atualmente de uma demonstração prática, sendo abordadas apenas de forma teórica. A ideia de elaboração de roteiros visa documentar conhecimentos técnico-operacionais da planta de vapor tornando-os disponíveis independentes de pessoal técnico envolvido.

FIGURA 1 – Planta Termoelétrica FEG/UNESP



A aplicação prática fortalece os conceitos do aluno e facilita a sua compreensão da disciplina, além de prepara-lo melhor para possíveis aplicações nas indústrias.

1.2 Estrutura do trabalho

A estrutura do trabalho é dividida em seis capítulos:

No capítulo 1 é mostrado a motivação do trabalho, objetivo e sua estrutura.

No capítulo 2 são apresentados os conceitos básicos para entendimento do projeto como princípios de termodinâmica, funcionamento de termelétricas, geração de energia.

No capítulo 3 contém uma breve descrição dos principais equipamentos da planta, explicando princípios de funcionamento.

No capítulo 4 orienta sobre boas práticas de manutenção da caldeira e itens relevantes de segurança conforme NR-13.

O capítulo 5 apresenta as discussões e resultados com os roteiros elaborados, e sua forma de aplicação.

O capítulo 6 encerra o trabalho com a conclusão do projeto e sugestões de melhoria para as instalações do laboratório.

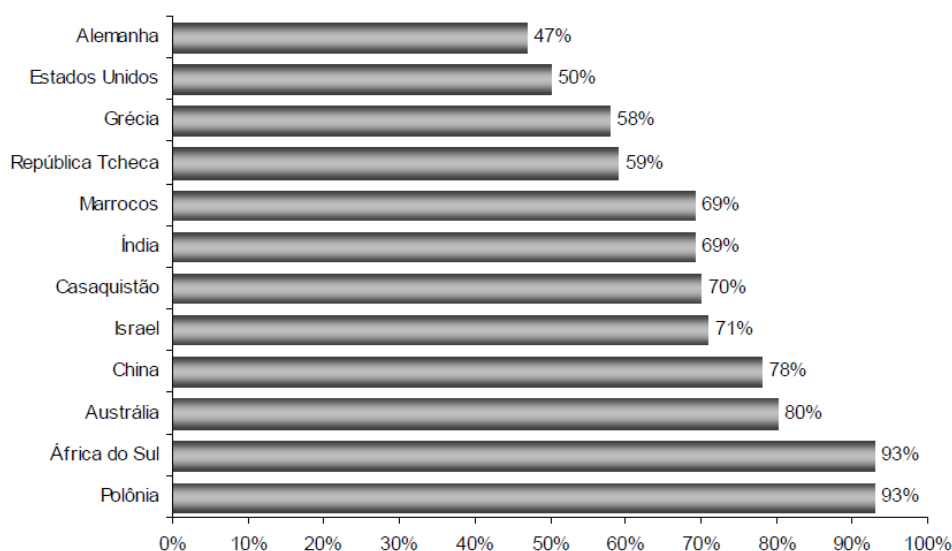
2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

2.1 Geração termelétrica;

O conceito de plantas termelétricas consiste de um sistema com um conjunto de equipamentos cuja finalidade é produzir energia elétrica. Em usinas convencionais uma das etapas é a queima de um combustível fóssil, como carvão, óleo ou gás transformando a água em vapor através do calor gerado na caldeira. A outra etapa é a utilização deste vapor (em alta pressão), para girar uma turbina que aciona um gerador que converte esta potência mecânica em energia elétrica. O vapor após ter passado pela turbina é enviado para um trocador de calor e torres de resfriamento que envia a água para a bomba de recirculação completando o seu ciclo.

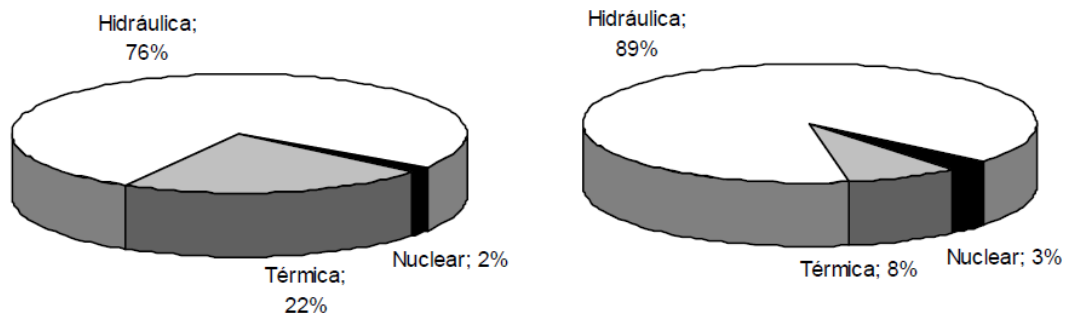
A geração térmica possui relevância na matriz energética de diversos países, aparecendo como principal fonte de geração de eletricidade, tornando tais países mais dependentes desta tecnologia, figura 2 (IEA,2000). Isto acontece devido à facilidade na obtenção do combustível, fóssil ou mineral, para utilização deste recurso energético.

FIGURA 2 – Dependência da Geração Térmica em diversos países, fonte (WCI 2008).



No Brasil a capacidade de geração predominante na matriz energética é a hídrica, a térmica vem em segundo lugar com 22% da capacidade total instalada, figura 3 (ANEEL, 2009; ONS, 2009).

FIGURA 3 – Geração no Brasil Capacidade Instalada e Energia Gerada, fonte (ANEEL, 2009 – Capacidade Instalada) e (ONS, 2009 – Energia Gerada).



As usinas termelétricas que utilizam carvão no Brasil estão localizadas na região sul do país e totalizam uma geração de 1,42 GW (tabela 1).

TABELA 1 - Termelétricas a carvão (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, 2009).

Usina	Potência (MW)	Município	UF	Proprietário
Charqueadas	72	Charqueadas	RS	Tractebel
Presidente Médici A, B	446	Candiota	RS	CGTEE
São Jerônimo	20	São Jerônimo	RS	CGTEE
Figueira	20	Figueira	PR	Copel
Jorge Lacerda I e II	232	Capivari de Baixo	SC	Tractebel
Jorge Lacerda III	262	Capivari de Baixo	SC	Tractebel
Jorge Lacerda IV	363	Capivari de Baixo	SC	Tractebel

No Brasil a geração Termelétrica é uma forma complementar de energia. O ideal é que permaneçam desligadas no período de abundância hidrológica, entrando em operação apenas quando o nível dos reservatórios é insuficiente para o atendimento do sistema (ANEEL, 2008). A terceira alternativa de geração elétrica ocorre a partir de

combustível nuclear (ex: urânio). Operam durante todo ano devido à uma exigência técnica e de segurança na operação das plantas (Angra I e Angra II). Tais usinas não podem ser interrompidas e reiniciadas de forma tão trivial como usinas de geração termelétrica a carvão e gás natural, que podem ser despachadas quando o ONS necessita para atender a demanda, ou qualquer eventualidade indesejada do sistema.

2.2 Ciclo Rankine;

Uma breve revisão de conceitos de termodinâmica, podemos considerar o ciclo apresentado em uma termelétrica simples, como um ciclo Rankine, figura 4.

O ciclo é composto de quatro processos que ocorrem em regime permanente (SONNTAG, 2009) admita que o estado 1 seja líquido saturado e que o estado 3 seja vapor saturado ou superaquecido, figura 4.

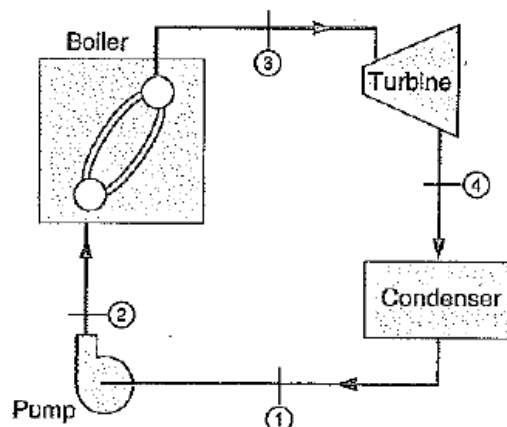
1-2: Processo de bombeamento adiabático reversível, na bomba.

2-3: Transferência de Calor a pressão constante, na caldeira.

3-4: Expansão adiabática reversível, na turbina.

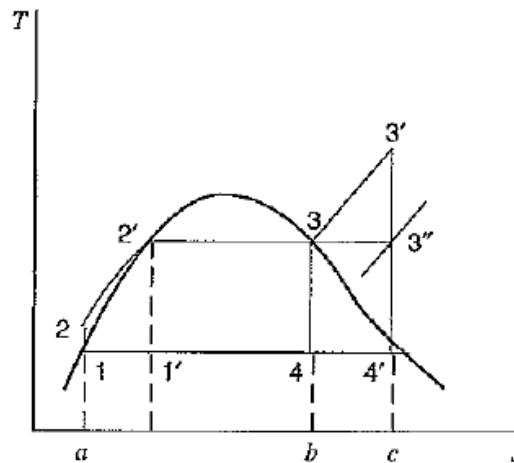
4-1: Transferência de calor a pressão constante, no condensador.

FIGURA 4 – Unidade motor simples a vapor operando em ciclo de Rankine (SONNTAG, 2009).



O ciclo Rankine é o modelo ideal para centrais térmicas a vapor utilizadas na produção de potência ou geração de eletricidade. Este ciclo pode apresentar superaquecimento do vapor, ciclo 1-2-3'-4'-1, figura 5.

FIGURA 5 – Diagrama T - s de um ciclo Rankine (SONNTAG, 2009).



Desprezando as variações de energia cinética e potencial, o calor transferido ao fluido de trabalho é representado pela área $a-2-2'-3-b-a$ e o calor transferido do fluido de trabalho pela área $a-1-4-b-a$ (BORGNAKKE, 2009), figura 5.

Aplicando a primeira lei da termodinâmica, evidencia que o trabalho é igual à diferença entre as duas áreas, $1-2-2'-3-4-1$, figura 5.

2.3 Geração de eletricidade através do uso de derivados de petróleo;

O fornecimento de energia elétrica através da queima de derivados de petróleo ocorre em caldeiras, turbinas e motores de combustão interna. A utilização de caldeiras e turbinas é similares aos demais processos térmicos de geração, e se aplica ao atendimento de cargas de ponta e/ou aproveitamento de resíduos do refino de petróleo. Os geradores que utilizam a queima de diesel são mais adequados ao suprimento de comunidades e de sistemas distantes da rede elétrica convencional, na maioria das aplicações são de pequenos produtores rurais muito distantes da rede distribuição do sistema.

Exceto poucos países da OCDE, que a utilização da queima de derivados para geração de eletricidade tem diminuído sua participação desde os anos 1970 (EIA, 2008). O obsolescimento de algumas plantas de geração, os requisitos de proteção ambiental e o desenvolvimento da tecnologia das fontes alternativas de geração de energia são os principais responsáveis por isso (PINGUELLI, 1996). Contudo, o

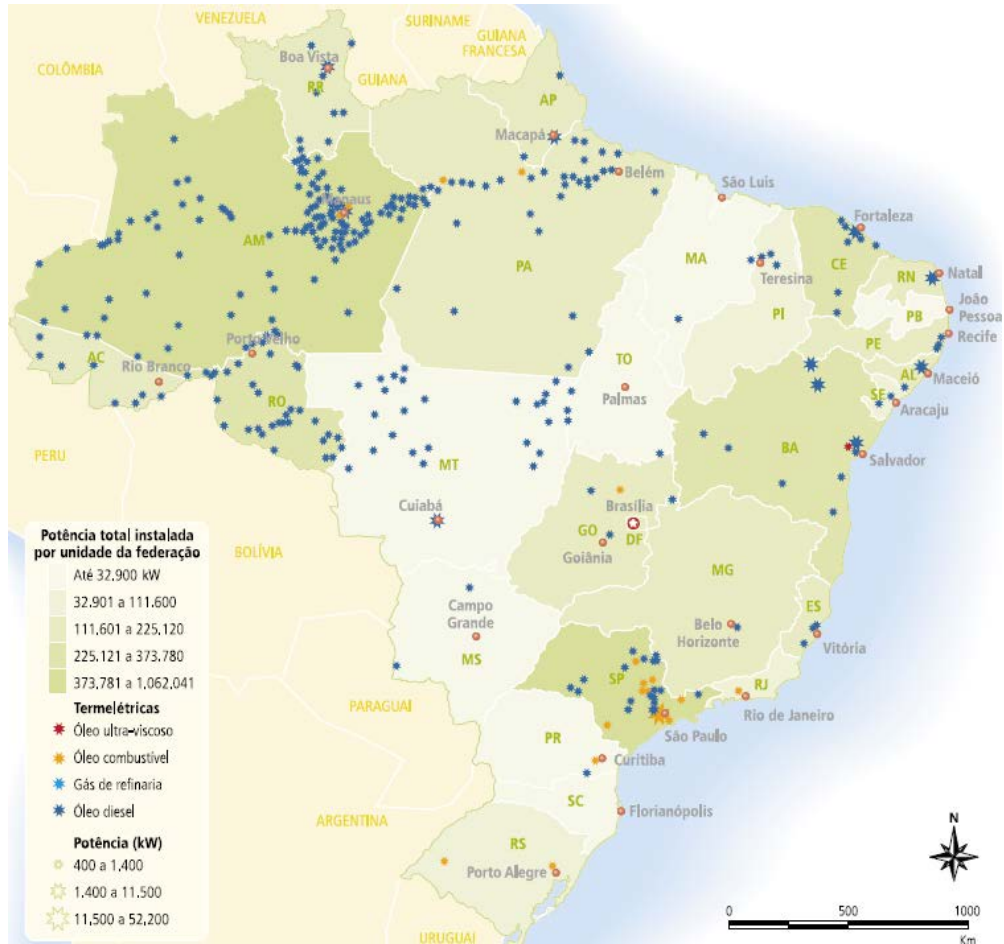
petróleo continua sendo muito importante na geração de energia elétrica nesses países (tabela 2) isso pode ser explicado devido as grandes reservas e fácil disponibilidade dos combustíveis fósseis que impulsionam a utilização do combustível pelo menor custo.

TABELA 2 – Capacidade das plantas termelétricas a derivados de petróleo nos países da OCDE (AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA – AIE. Key World Energy Statistics, IEA. Paris: IEA/OECD, 2003).

Capacidade instalada das plantas termelétricas a derivados de petróleo e parcela da geração de eletricidade nos países da OCDE		
Países	Energia Gerada (TWh)	Parcela da Geração Mundial (2001)
Estados Unidos	134	11%
Japão	117	10%
México	93	8%
Arábia Saudita	87	7%
Itália	75	6%
China	47	4%
Outros países	615	53%
Mundo	1168	100%

Entre 1960 e 1973, o uso de petróleo na geração termelétrica cresceu a uma taxa média de 19% ao ano, chegando a constituir 26% de toda geração de eletricidade no mundo (PAFFENBARGER, 1997). Em alguns países (Japão, Dinamarca, Itália, Irlanda e Portugal), chegou a representar 60%. Mas com a crise do petróleo, nos anos 1970, o carvão voltou a ocupar maior expressividade na geração de eletricidade, e fontes alternativas, como o gás natural, apareceu de forma mais atrativa (PAFFENBARGER, 1997). A capacidade instalada foi muito reduzida e parte dela foi adaptada para o uso de outros combustíveis, particularmente o gás natural. Em 2001 a participação relativa do petróleo na geração de eletricidade no mundo situou-se em torno de 7,5%, (EIA, 2003). No Brasil a geração Termelétrica pela queima de derivados de petróleo está concentrada na região norte, (ANEEL, 2003) figura 6.

FIGURA 6 – Centrais termelétricas em operação no Brasil (derivados de petróleo) e potência instalada segundo unidades da Federação – situação em setembro de 2003, fonte ANEEL.



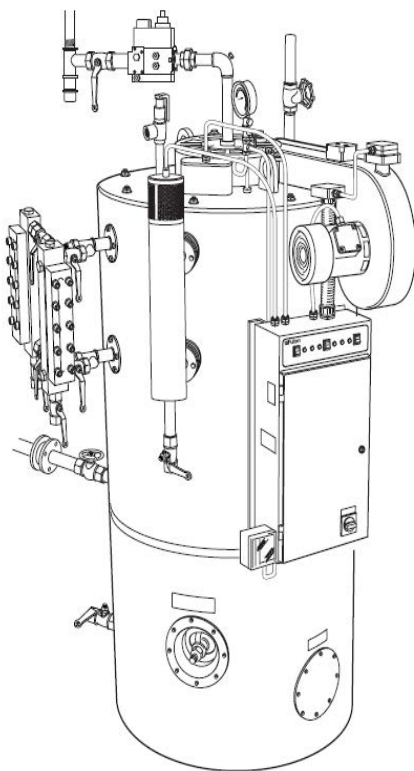
3 EQUIPAMENTOS DA PLANTA

3.1 Caldeira

São equipamentos que tem a função de produzir vapor através do aquecimento da água, vapor que pode alimentar máquinas térmicas, esterilização de equipamentos hospitalares, cozimento de alimentos, aquecimento de ambientes, entre outras diversas aplicações do vapor.

No laboratório a caldeira é utilizada para gerar vapor que pode alimentar o superaquecedor ou movimentar diretamente a turbina. O modelo utilizado é uma caldeira vertical sem tubos para vapor modelo, DBS-020 NG Serie E, fabricante Fulton Boiler Works Limited, figura 7.

FIGURA 7 – Esquema e foto da Caldeira Fulton, equipamento do laboratório da DEN/FEG/UNESP.



Este equipamento é para utilização didática, e por isso é aplicado em instalações que exigem menor consumo de vapor, como salas de esterilização e cozinhas industriais (Manual Técnico Fulton, 1995), tem fácil instalação porém suas dimensões variam de acordo com o modelo da caldeira, tabela 3.

TABELA – 3 Principais Informações Técnicas da Caldeira Fulton Serie E (manual do equipamento, seção1).

Informações Técnicas	Modelo da Caldeira								
	6E	8E	10E	15E	20E	30E	40E	50E	60E
Performance [Kg/h] (F & A 100°C)	96	128	160	240	320	480	640	800	960
Volume de Água [L]	59	68	91	150	291	640	927	927	1022
Peso Aproximado [Kg]	700	720	810	965	1420	2030	3050	3050	3150
Altura Vertical (mm)	2060	2160	2210	2365	2440	2745	2845	2845	3000

Nesta caldeira dispões de um queimador pressurizado que lança a chama até o fundo do vaso para a máxima transferência de calor, tem um amplo espaço para a câmara de vapor que envolve toda a superfície superior da caldeira (Manual FULTON, 1995). Em seu interior está presente um retentor superior de chama que aumenta o tempo de permanência dos gases para completar o processo de combustão, criando maior velocidade na chama enquanto se movimenta pelo retentor.

As aletas fazem com que os gases quentes da combustão que passam por elas transfiram calor por convecção e condução por toda a altura e circunferência da fornalha, isto proporciona uma transferência adicional de calor ao vaso de água com distribuição uniforme. Desta forma apresenta um melhor aproveitamento do calor, existem aberturas grandes de acesso estrategicamente localizadas para facilitar a inspeção e limpeza (Manual FULTON, 1995).

Possui um protetor de vidro para o nível de água que proporciona maior segurança do usuário, contempla um painel de controle com janela e display digital que monitora todas as informações do equipamento e evidencia alarmes e tempo de operação.

Seu sistema de segurança, é programado para desativar com a pressão limite de 800 Kpa, possui pressostato para este monitoramento e ainda dispõe de duas válvulas de segurança que auxiliam nesta condição. Têm três sensores de nível que impedem o

abaixamento do nível de água dentro do reservatório e ativam a bomba de alimentação ou desligam o sistema, em caso de falha da bomba (Manual FULTON, 1995).

3.2 Turbina a Vapor

São equipamentos que se movimentam através do fornecimento de vapor, ele aproveita a energia calorífica do vapor e a transforma em energia mecânica.

Que pode ser convertida em energia elétrica com aplicação de um gerador. O elemento básico de uma turbina é a roda ou rotor, que pode conter paletas, hélices, lâminas entre outras geometrias. Essa energia mecânica gerada através da corrente de fluxo do fluido, vapor, que passa pelo rotor é transferida para um eixo podendo movimentar uma série de equipamentos.

O modelo disponível no laboratório é o C/D 3000 10KW da Educational Steam Turbine Dynamometer do fabricante Greenbat Limited, foi construída para fins didáticos, é acoplada com um dinamômetro para algumas medições de força, (Manual técnico Greenbat, 1975) figura 8.

FIGURA 8 – Turbina a vapor C/D 3000 Greenbat, e ao fundo Trocador de Calor (casco tubo – cor verde) do laboratório FEG-UNESP.



Dados técnicos, tabela 4, são apresentados para o entendimento de funcionamento e seus limites de operação.

TABELA 4 – Dados técnicos da Turbina a Vapor C/D 3000 Greenbat (manual do equipamento, seção1).

Informações Técnicas	Turbina Greenbat C/D 3000
Pressão de Vapor [PSI]	120
Temperatura [°F superaquecido]	100
Pressão de exaustão condensado [cm.Hg]	63,5 - 66,0
Pressão de exaustão não condensado [cm.Hg]	Atmosférico
Velocidade final de direção [rpm]	3000
Potência de Saída [KW]	4,4
Pressão do óleo (trabalho) [Bar]	0,305 - 0,70
Pressão mínima do óleo [Bar]	0,21
Torque radial do braço [m]	0,305
Proporção de redução da velocidade	8:1
Diâmetro do bocal (condensado) [mm]	3,9
Diâmetro do bocal (não condensado) [mm]	5,8
Altura Vertical (mm)	2060

3.3 Condensador com bomba de vácuo e Torre de Resfriamento.

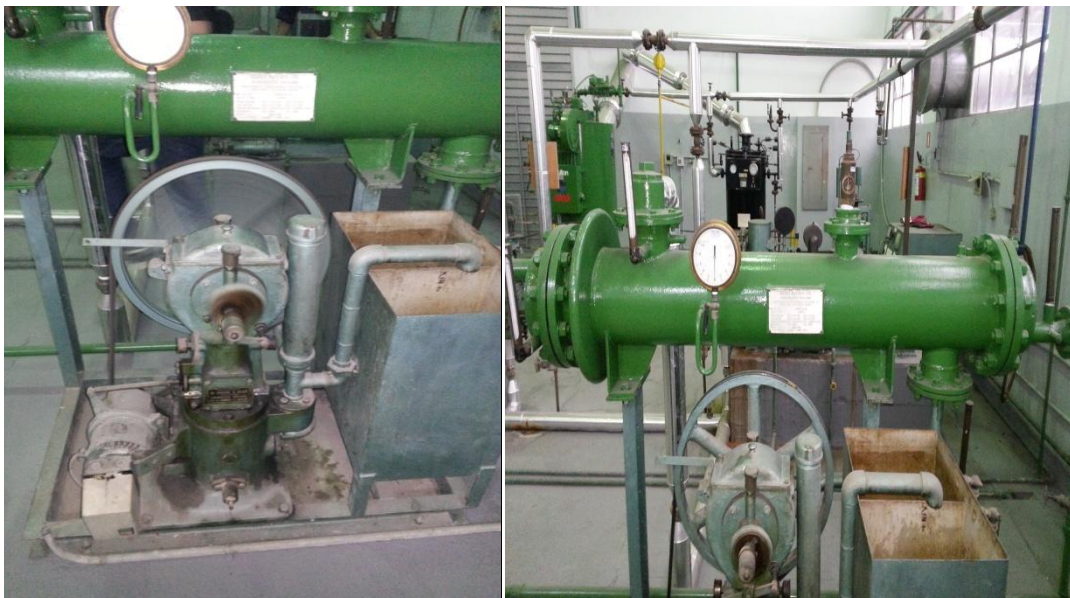
O sistema de resfriamento do vapor no laboratório pode ser dividido em algumas etapas, o calor do vapor expandido na turbina é enviado ao trocador de calor. O trocador de calor é do tipo casco-tubo com um passe e trabalha em contra corrente com o vapor. A água de resfriamento que passa pelo trocador é enviada a torre de resfriamento, que rejeita o calor da água para o ar externo e devolve para o trocador.

O trocador dispõe de uma bomba de vácuo que auxilia na retirada de condensado que é pode ser retornado à caldeira ou descartado.

Este sistema é muito eficiente em termos energéticos e muito utilizado em instalações industriais.

O condensador em questão consiste no modelo 72LL45-7 do fornecedor Greenbat Limited de um casco tubo de 1 passe e é acoplado ao sistema conjunto com uma bomba de vácuo para retirada de condensado, figura 9.

FIGURA 9 – Bomba de Vácuo e Condensador Greenbat utilizado no laboratório DEN/FEG/UNESP.



Dados técnicos do condensador fornecidos pelo manual do fabricante Greenbat Educational, são apresentados na tabela 5.

TABELA 5 – Dados técnicos do Condensador Greenbat do laboratório DEN/FEG/UNESP (Manual Técnico GreenBat, 1975).

Informações Técnicas	Condensador Greenbat
Capacidade Nominal [kg/h]	225 – 270
Potência do motor nominal bomba de vácuo [KW]	0,75
Área de transferência de calor nominal [m ²]	3,0657
Número de tubos	32
Comprimento dos tubos [m]	1,6764
Espessura dos tubos [mm]	1,219
Numero de passes	1
Diâmetro de saída [cm]	1,905
Material do tubo	Alumínio e Latão
Diâmetro nominal do casco [cm]	25,4
Máxima temperatura de resfriamento da água [°C]	21,11
Máxima taxa de resfriamento da água [L/h]	16820
Material do Casco	Aço

A torre de resfriamento é um equipamento fundamental do laboratório. É encontrada em diversas aplicações para resfriamento de água industrial, que pode ser provenientes de condensadores de usinas de geração de potência, instalações de refrigeração, trocadores de calor, entre outras utilizações.

Uma torre de resfriamento é essencialmente uma coluna de transferência de massa e calor, projetada de forma a permitir uma grande área de contato entre as duas correntes (NOGUEIRA, 2008).

Isto é obtido mediante a aspersão da água na parte superior e do enchimento da torre, bandejas perfuradas, colmeias ou aletas com diferentes geometrias aumentam o tempo de permanência da água no seu interior.

Com a superfície de contato água – ar, o calor é rejeitado para meio externo. Este fenômeno é otimizado devido à presença de um ventilador na parte superior da torre que melhora a condição de convecção e com isso melhora sua troca térmica.

FIGURA 10 – Torre de Resfriamento do laboratório DEN/FEG/UNESP.



4 VERIFICAÇÃO DE TÓPICOS DE SEGURANÇA DA NR-13 E ORIENTAÇÕES DE MANUTENÇÃO DO FABRICANTE DA CALDEIRA.

4.1 Análise da caldeira do laboratório com recomendações de segurança da NR-13:

Finalmente para os propósitos da NR-13, as caldeiras são classificadas em três categorias (NR-13, 1994):

- Caldeira **Categoria A**, são aquelas cuja pressão de operação é igual ou superior a 1960 kPa (19,6 bar = 19,98 kgf/cm²).
- Caldeira **Categoria C**, são aquelas cuja pressão de operação é igual ou inferior a 588 kPa (5,88 bar = 5,99 kgf/cm²) e o volume é igual ou inferior a 100 l.
- Caldeiras da **Categoria B**, são todas aquelas que não se enquadram nas categorias anteriores.

As unidades geradoras de vapor necessitam de equipamentos para controle e operação (NR-13, 1994):

- Sistema de controle de água de alimentação.
- Indicador de nível.
- Válvulas de segurança.
- Sopradores de fuligem.
- Injetores.
- Outros.

Os sistemas de controle da água de alimentação devem regular o abastecimento de água no reservatório da caldeira para manter o nível entre limites desejáveis. Esse limite deve ser observado no indicador de nível (NR-13, 1994).

Praticamente todas as caldeiras são equipadas com sistemas automatizados, que proporcionam maior segurança, maiores rendimentos e menores gastos de manutenção, que é o caso do equipamento disponível no laboratório.

Que conta com um sistema de controle do nível automatizado através de três sensores, figura 11, que enviam informação para o controlador para acionamento ou não da bomba de enchimento da caldeira (Manual Técnico FULTON, 1995). O sistema automático de controle de água mais utilizado no mercado é o mesmo do laboratório.

FIGURA 11 – Esquema do conjunto de eletrodos controladores de nível (Manual Técnico FULTON, 1995).



O sistema elétrico do equipamento, o eletrodo 2 com o terra tem função de ligar a bomba, o eletrodo 3 com o terra desliga a bomba e o eletrodo 1 com o terra, funciona como alarme (Manual Técnico FULTON, 1995).

Os indicadores de nível têm a função de indicar o nível de água dentro do reservatório de evaporação. Em geral, são constituídos por um vidro tubular (NR-13, 1994), figura 12.

FIGURA 12 – Visor de nível da caldeira.



As válvulas de segurança são necessárias para prevenir eventual ascensão na pressão normal de trabalho da caldeira. Toda caldeira deve possuir pelo menos uma válvula de segurança, embora o recomendado sejam duas, na caldeira do laboratório existem duas válvulas.

As válvulas de segurança devem ser capazes de descarregar todo o vapor gerado sem causar aumento de pressão superior a 10% da pressão da pressão admissível do projeto (NR-13, 1994).

A maioria das caldeiras utilizam ainda pressostatos, figura 13, que atuam em conjunto com os queimadores ou com alimentadores de combustível. Os pressostatos mantêm a pressão dentro de uma faixa admissível de operação.

FIGURA 13 – Esquema interno do painel da caldeira do laboratório em destaque os dois pressostatos.



É imprescindível a utilização de manômetros nas caldeiras, os quais devem ser ligados diretamente ao espaço ocupado pelo vapor. Devem ser graduados nas unidades apropriadas com aproximadamente duas vezes a pressão de trabalho e, em nenhum caso inferior a 1,5 vezes (NR-13, 1994). Cada caldeira deverá dispor de uma ligação para um manômetro aferidor. Outros equipamentos são importantes: sensor de chama (atuam no queimador), válvula de purga (instaladas no ponto mais baixo da caldeira), válvula de bloqueio que devem ser instaladas em toda a saída de vapor da caldeira (NR-13, 1994).

4.2 Principais riscos conforme NR-13;

O emprego de caldeiras implica na presença de riscos dos mais diversos (ex.: explosões, incêndios, choques elétricos, intoxicações). Os riscos de explosões são os mais preocupantes.

- Por se encontrar presente durante todo o tempo de funcionamento, sendo imprescindível seu controle de forma contínua, ou seja, sem interrupções.
- Em razão do nível que as explosões acontecem, na maioria dos casos suas consequências são catastróficas, em virtude da enorme quantidade de energia liberada instantaneamente.

- Por envolver não só os operadores, no caso do laboratório técnico e docente, como também as pessoas que estão ao redor que são os alunos durante os ensaios.
- Por que sua prevenção deve ser considerada em todas as fases: projeto, fabricação, operação, manutenção, inspeção e outras.

No caso de caldeiras, outro fator importante a ser considerado quanto as explosões é a grande quantidade de calor transmitida no processo de vaporização, dada a quantidade de calor latente e calor sensível absorvida pelo vapor. Neste sentido, os danos provocados pela explosão de uma caldeira serão muito maiores que um reservatório contendo ar, por exemplo, de mesmo volume e de mesma pressão. Isso porque parte da energia será liberada na forma de calor, provocando o aquecimento do ambiente onde a explosão ocorre (NR-13, 1994).

4.3 Tratamento de água de Caldeiras;

Principais grandezas da qualidade da água de Caldeiras, Dureza e pH.

Dureza: Representa a soma das concentrações de cálcio e magnésio na água (DANTAS, 1988). Esses sais possuem a tendência de formar incrustações sobre as superfícies de aquecimento. A água em relação à dureza pode ser classificada como:

- Até 50 ppm de $CaCO_3$mole
- 50 a 100 ppm de $CaCO_3$meio dura
- Acima de 100 ppm de $CaCO_3$dura

pH: É um meio de se medir a concentração de ácido ou básico em água. Em outras palavras é a maneira de se medir a acidez e alcalinidade de uma amostra

(DANTAS, 1988). Para a determinação do pH usa-se uma escala que varia de 1 a 14, sendo que de 1 a 6 a água é ácida, e de 8 a 14 a água é alcalina. Com pH igual a 7 a água é neutra. Já pensando na água dentro da caldeira quanto menor for seu pH, mais corrosiva para o sistema.

4.3.1 Método do Tratamento da água:

Os tratamentos internos se baseiam na eliminação da dureza, ao controle do pH de sua alcalinidade (DANTAS,1988).

Eliminação de dureza: os sais de cálcio e magnésio precipitam como carbonatos e sulfatos, formando os depósitos duros e isolantes do calor que são as incrustações. Existem dois métodos diferentes de eliminar a dureza:

Precipitação com fosfatos: esses reagem com os sais de cálcio e de magnésio formando um produto insolúvel que não adere as partes metálicas da caldeira. O precipitado forma um lodo que se acumula no fundo da caldeira, sendo eliminado facilmente.

Controle do pH e da alcalinidade: os produtos empregados no controle do pH e da alcalinidade são a soda (hidróxido de sódio) a 50% e a soda em lentilhas. Via de regra não é necessário a adição de ácidos para o controle do PH e da alcalinidade porque as águas de alimentação são geralmente bastante ácidas.

4.4 Orientações de manutenção do fabricante da caldeira do laboratório:

Durante este projeto onde o escopo era padronizar a operação dos equipamentos, percebeu a necessidade de orientações de manutenção. Isso depende de um controle eficiente e sistemático, dos equipamentos, com avaliações e manutenções preventivas conforme orientação do fabricante.

4.4.1 Controle Químico:

Deve ser estabelecido um programa de coleta e execução de análises. Para caldeiras como a do laboratório é recomendado uma análise química pelo menos quinzenal e que inclua os seguintes itens (Manual Técnico FULTON, 1995):

- pH
- Dureza;
- Sólidos Totais;

Cuidado especial deve ser tomado com a coleta da amostra para análise. Antes da coleta deve se esperar o resfriamento da água coletada para sua melhor análise de concentração. Caso a análise não seja enviada imediatamente após retirada deve se tomar cuidado com a amostra evitando contaminações do ambiente.

Valores recomendados pelo fabricante da caldeira do laboratório são apresentados na tabela 6.

TABELA 6 – Dados técnicos de referência da água de Caldeira (valores em mg/l) (manual do equipamento, FULTON seção 9).

Parâmetro	Pressão de trabalho da caldeira (kgf/cm ²)					
	Até 13	13,1 a 20	20,1 a 30	30,1 a 40	40,1 a 50	50,1 a 60
PH	11	11	10,5	10,5	10,5	10
Dureza	0	0	0	0	0	0
Cloretos	< 250	< 200	Água desmineralizada			
Fosfatos	30 - 80	30 - 60	30 - 60	20 - 50	20 - 40	15 - 30
Sulfito	40 - 60	40 - 60	40 - 60	40 - 60	20 - 40	20 - 40
Sólidos Totais	3000	3000	2500	2000	2000	2000

A partir do resultado destas análises é possível tomar providências para manter sempre os valores conforme estipulado pelo fabricante.

4.4.2 Limpeza Química de Caldeiras:

As superfícies internas da caldeira, ainda que a água seja bem tratada, acumulam certa quantidade de depósitos de varias naturezas ao longo do tempo.

O manual do equipamento pede limpeza química regular (a cada cinco ou seis anos). Certos problemas de corrosão serão evitados, o rendimento da caldeira também melhora, podendo chegar a uma redução de até 20% de consumo de combustível.

Existem vários agentes de limpeza, mais o mais usado é o ácido clorídrico misturado a um inibidor, para evitar corrosão acentuada das partes internas da caldeira.

4.5 Frequência de Verificações e inspeções na caldeira;

Para garantir a eficiência da caldeira, destacamos algumas instruções de manutenção regular, recomendadas pelo fabricante que estão detalhadas abaixo.

4.5.1 Semanal;

Certifique-se de que os tubos de saída das válvulas de segurança não estão danificados e que continuam seguros para que os pontos de descarga continuem eficientes. O controle do nível de água e segurança, cut-off, deve ser testado em condições de funcionamento, interrompendo a alimentação de água de alimentação.

Para realizar este teste, pressione o botão de interrupção da bomba de alimentação para isolar a bomba de água de alimentação e diminuir o nível de água na caldeira por meio de evaporação. Como o nível da água cai, o queimador deve desligar e aparecerá o som do alarme (Manual Técnico FULTON, 1995).

Após a conclusão do teste, desligue o interruptor da bomba e verifique se o nível de água é restaurado ao normal.

4.5.2 Mensal;

A saída na parte inferior da caldeira, figura 14, deve ser aberta após um mês de operação e o interior da caldeira cuidadosamente examinado. Se for observada a acumulação de sujeira a mesma deve ser removida.

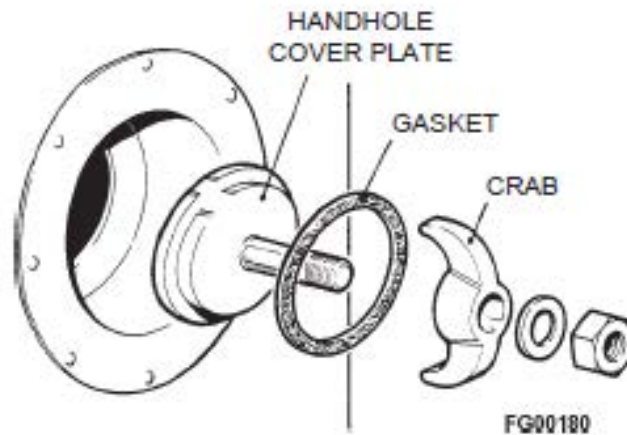


FIGURA 14 – Esquema de desmontagem da porta “handhole” da caldeira Fulton.

Para abrir a porta da figura 14, deve se seguir alguns passos:

- (a) Esvaziar a coluna de água da caldeira completamente.
- (b) Inspeccionar as portas da caldeira. Se qualquer vazamento é evidente proceda da seguinte forma:
 - (i) Com uma chave canhão, remova o conjunto “handhole”.
 - (ii) Retire a junta antiga e limpe as superfícies de contato da placa e caldeira.
 - (iii) Montar o conjunto handhole da seguinte forma:
 - 1 - Coloque a junta na placa handhole, e deve garantir que ela está ajustada corretamente.
 - Não use qualquer graxa, lubrificante ou adesivo.
 - 2 - Posicione a placa na caldeira, ajuste a borboleta e aperte a porca de fixação apenas suficientemente para proporcionar um ajuste firme. Verifique a posição da

placa no interior da caldeira para garantir que não exista espaço uniforme entre o ressalto da porta e da abertura de inspeção caldeira.

Com a mão aperte a porca até ficar firme. Com a chave especial, aperte a porca mais um quarto de volta. Nunca aperte em demasia.

(iv) Em caso de vazamento da junta como a pressão está a segurar a junta, aperte a porca de fixação apenas suficiente para parar o vazamento.

Após a desmontagem e limpeza ficar atento à junta de vedação da porta indicada, figura 14, se existe necessidade de troca prevenindo vazamentos.

Verificação do sistema de gás.

Desligue a cabeça do gás do queimador desapertando a união. Remova os parafusos da placa do queimador, retire o conjunto do queimador. Limpe os eletrodos de ignição. Verifique se a lente da célula de ultravioleta está limpa.

4.5.3 Trimestral;

As recomendações trimestrais que devem ser cumpridas são:

(a) aplicar uma pequena quantidade de óleo lubrificante para os rolamentos do motor do queimador e o motor da bomba de água de alimentação.

(b) Retire a porta de ar e limpe o ventilador.

Teste do sistema de combustão utilizando através do seguinte procedimento:

Inspeção visual:

Verifique as conexões de todas as seções de combustão para a que se mantenha sem vazamentos. Verificar a integridade dos tubos e as seções de escape.

Teste de fumaça:

Com o tubo tapado e um gerador de fumaça inseridos no conduto, não deve ser visível nenhuma fumaça. Se algum desses testes falharem, desligar a caldeira e entrar em contato com um técnico especialista em caldeiras imediatamente.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.

Logo no primeiro ensaio ficou evidente a necessidade deste projeto, notamos as dificuldades de operar os equipamentos por falta de rotinas padronizadas de operação. O que consumiu mais tempo e combustível para colocar os equipamentos do laboratório em funcionamento. Durante cada ensaio fotografamos e avaliamos as operações de forma a estabelecer as melhores práticas padronizadas encontradas para cada equipamento do laboratório.

Estes procedimentos foram elaborados com os técnicos para que existisse um consenso destas rotinas que estão nos anexos, a este trabalho dispostas em formas de roteiros para os principais equipamentos do laboratório.

A ideia de criar as rotinas operacionais é para que o conhecimento técnico operacional seja sempre mantido ao longo do tempo. Padronizamos as informações em roteiros operacionais de simples utilização, verificar anexos.

No ultimo ensaio foi possível colocar todos os equipamentos em funcionamento ao mesmo tempo, obteve-se dados e parâmetros do laboratório em funcionamento total, tabelas 7 e 8.

Com todos os equipamentos em funcionamento foi possível extrair parâmetros de operação, apresentados nas tabelas 7 e 8. Neste ensaio operamos com a bomba de vácuo desligada no primeiro teste, e a ligamos no segundo, foram extraídos os parâmetros em cada momento.

TABELA 7 – Parâmetros do Ensaio com a bomba de vácuo desligada.

Parâmetros do Ensaio	
Pressão da Caldeira [Kpa]	320
Pressão do Superaquecedor [Kgf/cm ²]	2,9
Temperatura do Superaquecedor [°C]	270
Temperatura do Vapor na Saída da Turbina [°C]	100
Temperatura do Vapor na Saída do Trocador [°C]	57
Temperatura da água da Torre entrada do Trocador [°C]	27
Temperatura da água da Torre saída do Trocador [°C]	40
Rotação da Turbina a Vapor [rpm]	1800
Pressão da Turbina a Vapor [atm]	1

TABELA 8 – Parâmetros de Ensaio com a bomba de vácuo ligada.

Parâmetros do Ensaio	
Pressão da Caldeira [Kpa]	320
Pressão do Superaquecedor [Kgf/cm²]	2,9
Temperatura do Superaquecedor [°C]	270
Temperatura do Vapor na Saída da Turbina [°C]	100
Temperatura do Vapor na Saída do Trocador [°C]	60
Temperatura da água da Torre entrada do Trocador [°C]	27
Temperatura da água da Torre saída do Trocador [°C]	45
Rotação da Turbina a Vapor [rpm]	2250
Pressão da Turbina a Vapor [Kgf/cm²]	0,6

A diferença de pressão na turbina a vapor com a bomba ligada alterou a rotação do eixo da turbina acoplado ao dinamômetro em 25%, tabela 8, isso com os mesmos valores de pressão e temperatura do vapor. Foi o único parâmetro que ocorreu uma variação expressiva entre os dois testes.

6 CONCLUSÕES;

O desafio principal do projeto foi alcançado, padronizar as atividades operacionais, e disponibilizar ao domínio de todos de forma simples, segura e objetiva.

Durante os ensaios ficou confirmado que todos os equipamentos estão em condições satisfatórias de funcionamento.

Porém existem oportunidades de melhoria, como a necessidade de instalação de purgadores na linha de vapor do laboratório. É visível que se perde muito tempo para retirada de condensado da linha, o que aumenta tempo dos experimentos e o consumo de gás, que é o maior custo do laboratório.

Devido à idade dos equipamentos e por que praticamente todos são importados, deve-se começar um trabalho de adaptação de peças de reposição. O estudo de adaptação de peças deverá ser desenvolvido ao longo do tempo e do uso do laboratório, para evitar possíveis paradas dos equipamentos por falta de itens sobressalentes ou de reposição rápida.

E que este projeto motive mais alunos há retribuírem um pouco para essa faculdade, é muito gratificante poder retribuir uma pequena parcela do que ela fez para minha carreira profissional.

BIBLIOGRAFIA

Agência Nacional de Energia Elétrica/ Agência Nacional do Petróleo (ANEEL/ANP). Perspectivas da Termelétricidade no Brasil. Relatório Técnico. Brasília, 2000.

NR-13 Caldeiras e Vasos de pressão. (Portaria SSST n.º 23, de 27 de dezembro de 1994)

Agência Internacional de Energia (IEA). 2000.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Secretaria de Energia. Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético. PRODEEM – Energia das Pequenas Comunidades: Relatório Técnico, dezembro de 2001.

DANTAS, E., Tratamento de Água de Refrigeração e Caldeiras. Editora ECOLAB, 370 p., 1988.

MME - Ministério de Minas e Energia, Plano Nacional de Energia 2030, 2005.

PINGUELLI ROSA, L., SCHECHTMAN, R. Avaliação de Custos Ambientais da Geração Termelétrica: inserção de variáveis ambientais no planejamento da expansão do setor elétrico. Caderno de Energia, Rio de Janeiro, mar. 1996, n. 9, p. 159-256.

PAFFENBARGER, JOHN. Oil in power generation. OECD/IEA (Paris and Washington, DC), 1997. 93p.

BORGNACKE C., SONNTAG R., Fundamentos da Termodinâmica. 7º edição editora Blucher, 2009 454p.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2008, **Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 3 ed. Brasília.**

EIA - Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, 2008, **International Energy Outlook 2008.**

Manuais técnicos, **Fulton Boiler Works**, 1995.

Manuais técnicos, **(Great Britain) Ltd.** Broomhill Road Bristol BS4 4TU England, 1973.

Ministério de Minas e Energia , Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético, **Plano Nacional de Energia 2030.**

NOGUEIRA, L. A. H.; **Turbinas a Vapor – Conceito, Operação e Manutenção – Apostila FUPAI**, Itajubá, MG, 2009.

APÊNDICE

Apêndice A – Roteiro Operacional 1

		Roteiro Operacional <i>Abertura e Controle da Central de GLP</i>			Nº: 01 Rev.: 0
Elaborador: Márcio Oliveira/ J. A. Matelli	Área de Aplicação (DEN): Planta Termelétrica FEG-UNESP	Data emissão orig: set-13	Data revisão:	Responsável pela Tarefa:	Assinatura:
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES					
 <p>Após abrir a casa de guarda dos cilindros de GLP, e antes de conectar as válvulas em cada cilindro, se atentar que se deve ter no mínimo 5 cilindros em operação e com carga de GLP.</p>		 <p>Depois de verificado as válvulas e que não há vazamentos, pode se iniciar deve se ajustar a válvula girando (conforme figura ao lado e abaixo), se ajusta dessa maneira a vazão de gás até encontrar uma pressão por volta de 4Kg/cm² (conforme indicado no círculo na figura abaixo) desta forma temos uma boa vazão de alimentação de gás ao laboratório (tanto para a caldeira quanto para o superaquecedor).</p>			
 <p>Após isso verifique se a válvula de alimentação do gás está fechada (indicada com círculo na figura ao lado) e verifique que não pode existir pressão no manômetro (sempre zerado no início).</p>		 <p>Após todas estas etapas concluídas não se esquecer de trancar a porta da casa dos cilindros para evitar a entrada de pessoas não autorizadas, e principalmente evitar problemas durante a realização dos ensaios.</p>			
 <p>Conecte as válvulas em cada um dos cilindros que serão utilizados (indicado com o círculo na figura ao lado), aperte manualmente até que a conexão esteja segura, verifique possíveis vazamentos, em caso de suspeita de vazamentos interdite a válvula e não a use (sério risco de acidente).</p>					
<p>IMPACTO DO NÃO CUMPRIMENTO DESTA RO: O LABORATÓRIO NÃO FUNCIONARA (NÃO SERÁ POSSÍVEL LIGAR A CALDEIRA E O SUPERAQUECEDOR), SÉRIOS PROBLEMAS DE SEGURANÇA PODEM OCORRER COMO O FERIMENTOS A DOCENTES, ALUNOS OU TÉCNICOS ENVOLVIDOS ALÉM DE PREJUDICAR O FUNCIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS.</p>					






Apêndice B – Roteiro Operacional 2;

		Roteiro Operacional <i>Operação da Caldeira</i>			Nº: 02.00 Rev.: 0
Elaborador: Márcio Oliveira/ J. A. Matelli	Área de Aplicação (DEN): Planta Termelétrica FEG-UNESP	Data emissão orig: set-13	Data revisão:	Responsável pela Tarefa:	Assinatura:
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES					
 <p>Antes de iniciar a operação da caldeira deve se verificar algumas condições básicas.</p> <p>Se a válvula de saída do vapor está fechada (indicado pelo circulo na foto ao lado) "deve se usar luvas de proteção a alta temperatura durante toda a operação de abertura e fechamento de válvulas" (somente os técnicos/professores tem esta autorização), após isso deve se acionar a válvula de controle do GLP (conforme figura abaixo).</p>		 <p>Depois de acionado as válvulas e se certificar que não há vazamentos, pode se acionar o disjuntor que comanda a o painel operacional da caldeira (conforme figura ao lado).</p> <p>Após acionar o botão na posição "on" na lateral do painel (conforme indicado na figura ao lado), após isso verificar no painel a presença de algum alarme no visor do painel da caldeira(foto abaixo).</p>			
		 			
IMPACTO DO NÃO CUMPRIMENTO DESTES RO: O LABORATÓRIO NÃO FUNCIONARA (NÃO SERÁ POSSÍVEL LIGAR A CALDEIRA E O SUPERAQUECEDOR), SÉRIOS PROBLEMAS DE SEGURANÇA PODEM OCORRER COMO O FERIMENTOS A DOCENTES, ALUNOS OU TÉCNICOS ENVOLVIDOS ALÉM DE PREJUDICAR O FUNCIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS.					

Apêndice C - Roteiro Operacional 2.1;

		Roteiro Operacional <i>Operação da Caldeira</i>			Nº: 02.02
Elaborador: Márcio Oliveira/ J. A. Matelli		Área de Aplicação (DEN): Planta Termelétrica FEG-UNESP	Data emissão orig: set-13	Data revisão:	Responsável pela Tarefa: Assinatura:
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES					
 <p>Após ligar a caldeira e verificar em seu visor se a pressão irá subir e por isso se deve se ficar atento ao manômetro (indicado na figura), e verificar se a pressão irá subir a pressão máxima de operação da caldeira é de 800 kpa após isso ela se desliga automaticamente para preservar o equipamento.</p>		 <p>O equipamento dispõe de 3 sensores que ativam a bomba de enchimento da caldeira (conforme indicado na figura abaixo), deve-se sempre verificar o funcionamento da bomba pois é primordial para o funcionamento da caldeira.</p>			
 <p>Ficar atento ao nível de água dentro da caldeira através do indicador de nível da caldeira (conforme indicado figura ao lado), o nível ideal é sempre todo o mostrador estar completo de água conforme indicação do manual.</p>		 <p>O outro item que deve ser sempre verificado a valvula de escape da caldeira pois ela serve para a retirada desta água lembrando que em determinado tempo deve se esgotar toda água da caldeira para a troca da mesma (sempre avaliar o PH da água da caldeira) seguindo determinações do projeto.</p>			
IMPACTO DO NÃO CUMPRIMENTO DESTA RO: A CALDEIRA NÃO FUNCIONARÁ CORRETAMENTE E PODE SE DANIFICAR O EQUIPAMENTO DEVIDO A FALHA DE OPERAÇÃO ALÉM DE QUE PODE SE TRAZER SÉRIOS RISCOS DE ACIDENTES AOS DOCENTES, TÉCNICOS E ALUNOS DO LABORATÓRIO.					

Apêndice D - Roteiro Operacional 3;

	Roteiro Operacional <i>Operação do Superaquecedor</i>				Nº: 03.00 Rev.: 0
Elaborador: Márcio Oliveira/ J. A. Matelli	Área de Aplicação (DEN): Planta Termelétrica FEG-UNESP	Data emissão orig: set-13	Data revisão:	Responsável pela Tarefa:	Assinatura:
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES					
 <p data-bbox="209 1429 751 1615"> Após a Caldeira estar pressurizada, iniciar a operação do superaquecedor verificar se a válvula de bypass da linha esta fechada "não se esquecer que sempre que for realizada qualquer regulagem de válvulas deve se usar uma luva com resistência a temperatura" (circulada na parte superior da foto em vermelho), abrir a válvula de alimentação do vapor do superaquecedor (circulada na figura ao lado em amarelo) e fechar a válvula de saída do vapor do equipamento (foto abaixo circulada em branco) . </p>		 <p data-bbox="1082 645 1390 801"> Após a regulagem das válvulas ligar o disjuntor do superaquecedo (indicado na figura ao lado e circulado em vermelho) após isso abrir a válvula de alimentação do gás para o superaquecedor (conforme foto abaixo circulado em branco) . </p>  <p data-bbox="1230 1240 1410 1682"> Abrir a válvula de controle do gás superior para alimentação do superaquecedor (coforme indicado na figura ao lado em preto) e ligar o botão de acionamento do queimador do superaquecedor (conforme figura ao lado e circulado em branco), após isso o Led vermelho deve acender (conforme indicado na figura ao lado em branco). </p> 			
IMPACTO DO NÃO CUMPRIMENTO DESTES ROTEIROS: O SUPERAQUECEDOR NÃO FUNCIONARÁ CORRETAMENTE E PODE SER DANIFICADO DEVIDO A FALHA DE OPERAÇÃO ALÉM DE QUE PODE SE TRAZER SÉRIOS RISCOS DE ACIDENTES AOS DOCENTES, TÉCNICOS E ALUNOS DO LABORATÓRIO.					

Apêndice E - Roteiro Operacional 3.1;

		Roteiro Operacional <i>Operação do Superaquecedor</i>			Nº: 03.01 Rev.: 0	
Elaborador: Márcio Oliveira/ J. A. Matelli	Área de Aplicação (DEN): Planta Termelétrica FEG-UNESP	Data emissão orig: set-13	Data revisão:	Responsável pela Tarefa:	Assinatura:	
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES						
			<p>O superaquecedor ao lado dispõe de medidores de pressão (conforme indicado na figura ao lado circulado em vermelho) e medidores de temperatura (conforme indicado na figura ao lado e circulado em branco), tem um display digital que fornece 4 canais (indicado em amarelo na foto ao lado) neste display é possível escolher o canal de leitura da temperatura de cada item abaixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Canal 1 - Vapor Saturado; Canal 2 - Vapor Superaquecido; Canal 3 - Gases da Chaminé; Canal 4 - Temperatura da Fornalha; <p>É possível realizar estas leituras desde que o procedimento de operação seja respeitado em todas as suas etapas. Sempre ficar atento a odores de gases e fumaça que pode aparecer devido a vazamentos das juntas das tubulações de gases de saída tanto da caldeira quanto do superaquecedor, assim que percebido estes gases deve ser ligado imediatamente o exaustor do laboratório.</p>			
IMPACTO DO NÃO CUMPRIMENTO DESTA RO: O SUPERAQUECEDOR NÃO FUNCIONARÁ CORRETAMENTE E PODE SER DANIFICADO DEVIDO A FALHA DE OPERAÇÃO ALÉM DE QUE PODE SE TRAZER SÉRIOS RISCOS DE ACIDENTES AOS DOCENTES, TÉCNICOS E ALUNOS DO LABORATÓRIO.						