



Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

*Instituto de Engenharia Mecânica - IEM
Departamento de Engenharia Mecânica - DME
Av. BPS, 1303 - Bairro Pinheirinho C.P.: 50
Itajubá - MG, CEP: 37500-903
Tel/Fax: (0xx35) 3629-1355*

www.nest.efei.br

APRESENTAÇÃO:

A UNIFEI, antiga Escola Federal de Engenharia de Itajubá (EFEI), fundada em 1913 e vinculada ao Ministério da Educação e do Desporto, tem se dedicado tradicionalmente à formação de engenheiros eletricitas e mecânicos, e inclui hoje outras nove especialidades no seu programa de formação de profissionais. Localizada no município mineiro de Itajubá, a UNIFEI dispõe de uma estrutura distribuída pelo seu Campus Prof. José Rodrigues Seabra, pelo campus avançado Sítio Hidrológico Usina Luiz Dias e por dois prédios no centro da cidade, que deram suporte à fundação da escola. O **Núcleo de Estudos em Sistemas Térmicos (NEST)** é um grupo de pesquisa que pertence ao Departamento de Mecânica, Instituto de Engenharia Mecânica da **Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)**.

O **NEST** desenvolve trabalhos aplicados e teóricos no tema de projeto e otimização de sistemas de conversão de energia integrando atividades de ensino, pesquisa e extensão. Os trabalhos desenvolvidos enfocam problemas científicos e tecnológicos, cuja característica principal é o forte vínculo com o setor produtivo. Observam-se, atualmente, mudanças significativas no setor energético que incluem o Programa Prioritário de Termelétricidade, uma maior disponibilidade de gás natural e incentivos à cogeração e à geração distribuída. Além disso, os altos preços do petróleo e as medidas para mitigar o efeito estufa constituem um incentivo para o uso da energia renovável, em particular a biomassa. Procurando a sintonia com as demandas do setor industrial e do mercado, o **NEST** atua nas seguintes áreas:

- ④ Estudos de viabilidade técnico-econômica de sistemas com turbinas a vapor, turbinas a gás e/ou motores de combustão interna. Tecnologias e legislação para a geração distribuída;
- ④ Estudos avançados sobre a gaseificação e combustão da biomassa visando a geração de energia elétrica. Estudos de disponibilidade de recursos de biomassa e viabilidade econômica e ambiental de sua utilização como fonte de energia;
- ④ Análise do desempenho de turbinas a gás e centrais termelétricas no ponto e fora do ponto de projeto. Comportamento operacional;
- ④ Otimização da operação e manutenção de blocos energéticos. Modelagens de esquemas térmicos em simuladores. Avaliação exergo-econômica de ciclos combinados;
- ④ Medição da concentração de particulados e poluentes gasosos nos sistemas de combustão e gaseificação de biomassa. Dimensionamento e seleção de separadores de particulados;
- ④ Treinamento de operadores e pessoal técnico para centrais termelétricas e sistemas de cogeração.

O **NEST** atua em nível de pós-graduação, e várias dissertações de mestrado e doutorado vêm sendo desenvolvidas em áreas específicas, tais como:

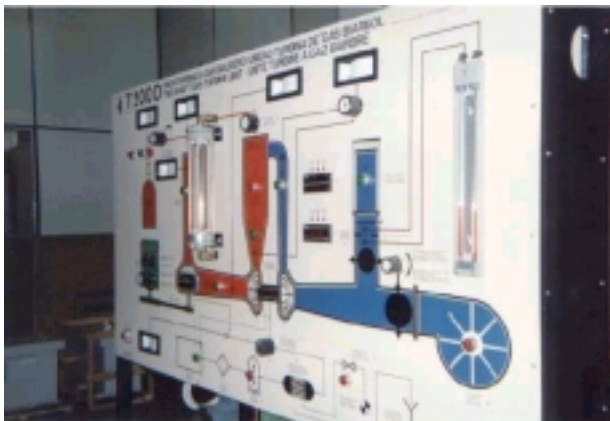
- ④ Termodinâmica Aplicada;
- ④ Diagnóstico Termodinâmico de Processos Industriais;
- ④ Fontes Renováveis de Energia;
- ④ Cogeração;
- ④ Geração Distribuída;
- ④ Geração Termelétrica;
- ④ Comportamento e Desempenho de Turbinas a Gás;
- ④ Prevenção e Controle da Poluição na Indústria.

Além disso, o **NEST** tem parceria com várias instituições nacionais e estrangeiras:

- ④ Cranfield University (Inglaterra);
- ④ Delft University (Holanda);
- ④ Universidade de Zaragoza (Espanha);
- ④ Universidade Politécnica de Odessa (Ucrânia);
- ④ Universidade Politécnica de Saint Petersburg (Rússia);
- ④ Malardalen University (Suécia);
- ④ CIRAD - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique Pour le Développement (Montpellier, França);
- ④ Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP);
- ④ Centro de Tecnologia COPERSUCAR (CTC);
- ④ Empresas e instituições do setor energético (ANEEL, ANP, CEMIG, DUKE ENERGY, BR DISTRIBUIDORA e GERASUL).

LABORATÓRIOS:

Laboratório de Turbinas a Gás e Gaseificação de Biomassa



Turbina a gás de dois eixos T200D.



Microturbinas a gás de 30 kW.



Vista lateral do gaseificador de biomassa.



Vista do silo de biomassa, do alimentador e da seção do leito.

Laboratório de Sistemas Térmicos a Vapor e Diesel



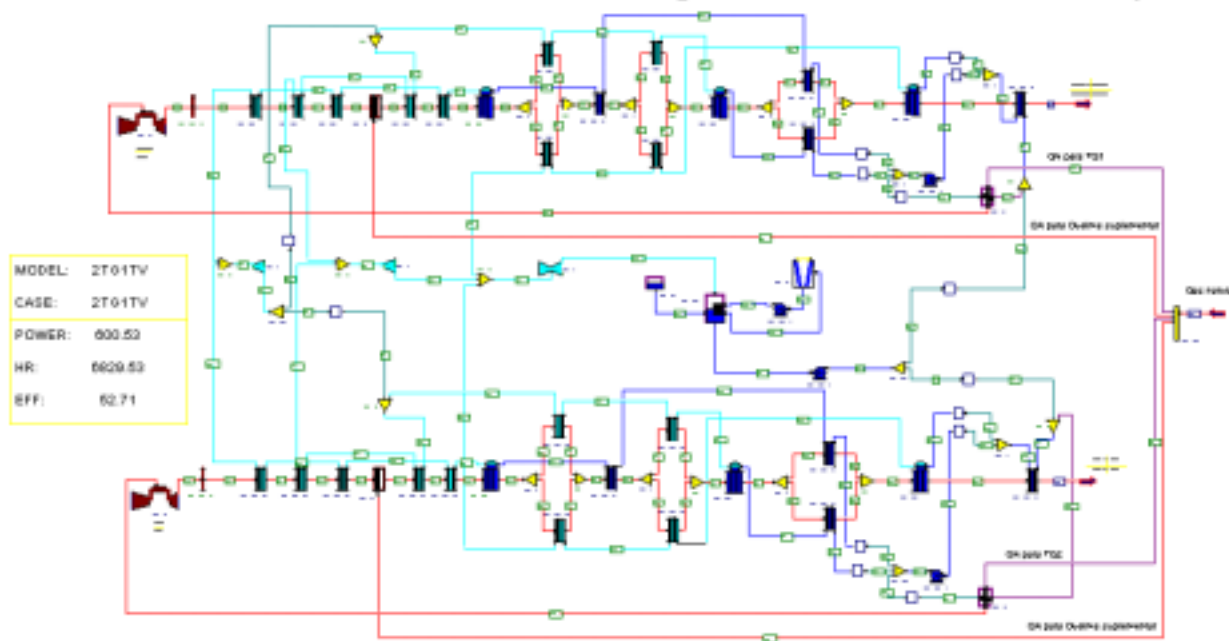
Caldeira aquotubular com queimador automático do ciclo a vapor.



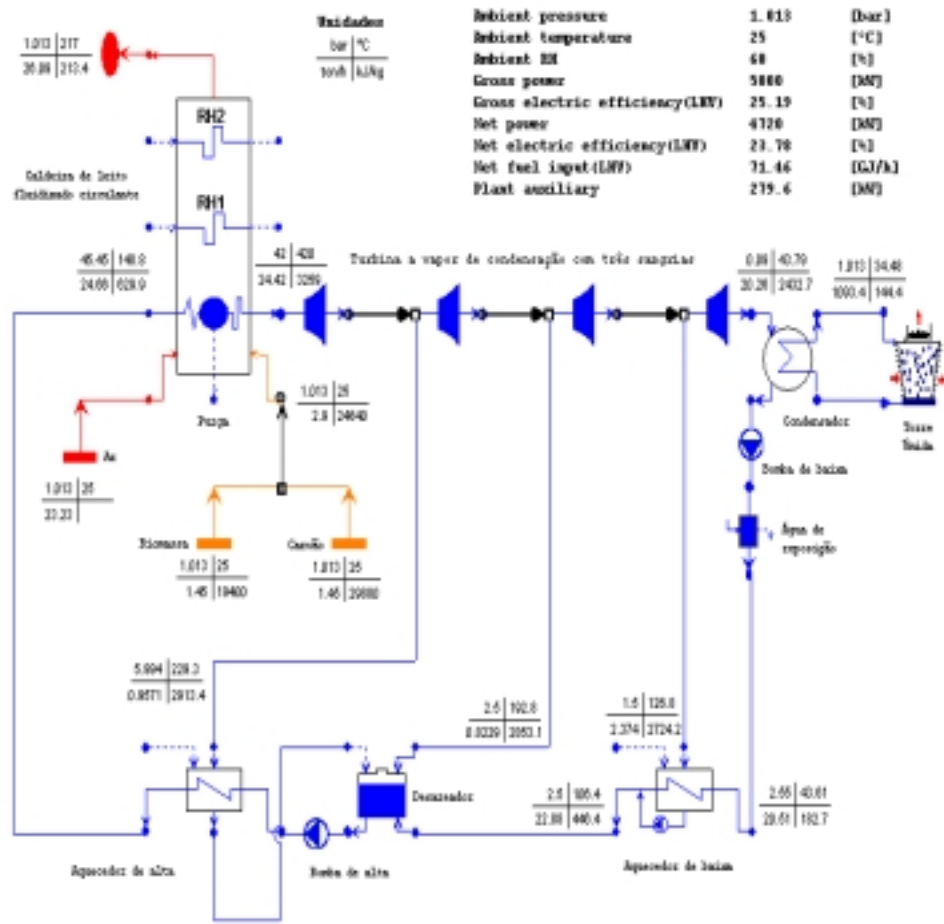
Turbina a vapor de 85 kw com o gerador elétrico.

Laboratório de Simulação de Processos e Sistemas Térmicos

02 TG - 501F Siemens-Westinghouse + 01 Turbina a vapor

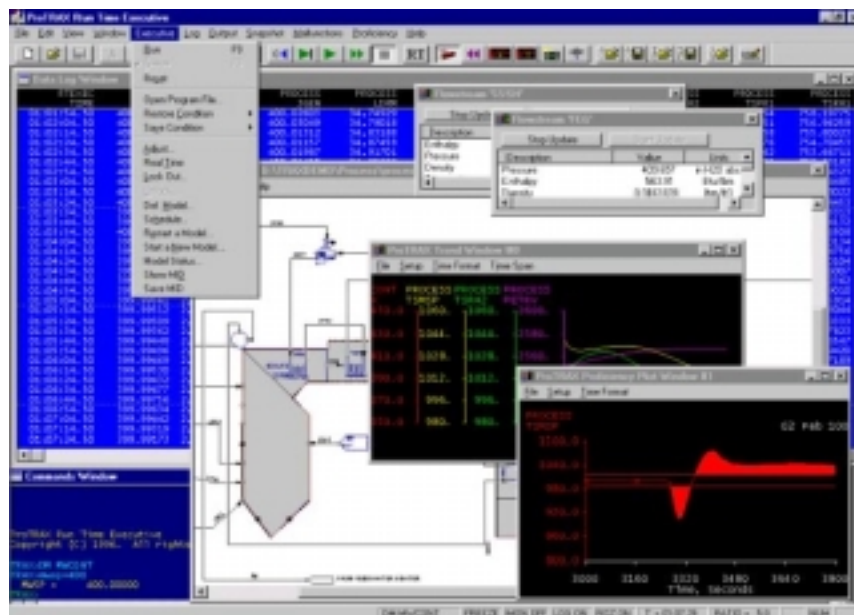


Esquema térmico de uma central de ciclo combinado elaborado no Gate Cycle.



Esquema térmico de uma central de ciclo a vapor elaborado no Thermoflex.

Laboratório de Treinamento para Operadores de CTE



Tela do simulador ProTRAX da TRAX Corporation.

CURSOS DE EXTENSÃO:

1 - CENTRAIS TERMELÉTRICAS: FUNDAMENTOS TERMODINÂMICOS E OPERAÇÃO. 40 HORAS.

O sistema elétrico brasileiro e a geração termelétrica. Combustíveis e combustão. Fundamentos termodinâmicos e ciclos. Geradores de vapor convencionais. Caldeiras recuperativas. Turbinas a vapor. Turbinas a gás. Centrais termelétricas a vapor. Centrais termelétricas de ciclo combinado. Operação. Controle automático e instrumentação. Interação com o sistema elétrico.



2 - OPERAÇÃO DE CENTRAIS TERMELÉTRICAS E INTERAÇÃO COM O SISTEMA ELÉTRICO. 40 HORAS.

Regimes de operação de centrais a vapor e/ou a gás. Tomada e retirada de carga. Controle automático e instrumentação. Acoplamento das centrais térmicas com o Sistema Elétrico de Potência. Requisitos de frequência e tensão. Aspectos dinâmicos associados à operação de centrais térmicas. Acoplamento operacional com o Operador Nacional do Sistema (ONS). Principais fatores econômicos associados à operação interligada do sistema de geração. Aspectos econômicos das centrais termelétricas: custo incremental, custo de partida e retirada de carga, custo sem carga.



3 - TURBINAS A GÁS E CICLOS COMBINADOS, 40 HORAS.

A tecnologia das turbinas a gás. Compressores. Câmaras de combustão. Combustíveis. Avaliação do desempenho da turbina e do compressor. Operação em condições off-design. Caldeiras recuperativas. Particularidades das turbinas a vapor utilizadas em CTE de ciclo combinado. Esquemas e parâmetros de CTE de ciclo combinado. Sistemas de controle automático. Operação. Testes de desempenho em CTE de ciclo combinado.



4 - COGERAÇÃO E GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 40 HORAS.

O desenvolvimento da cogeração no Brasil e no Mundo. Aspectos tecnológicos, cogeração com turbinas a gás, turbinas a vapor e motores de combustão interna. Seleção e operação dos sistemas de cogeração (relação calor/potência, operação fora do ponto de projeto). Performance dos sistemas de cogeração. Aspectos econômicos. Cálculo do custo da energia elétrica e do calor. Potenciais de cogeração. Geração distribuída (conceito, comparação econômica de diferentes tecnologias, aplicação).



5 - PREVENÇÃO E CONTROLE DA POLUIÇÃO NO SETOR ENERGÉTICO, 40 HORAS.

Recursos naturais e meio ambiente. Energia e meio ambiente. A geração termelétrica e os problemas ambientais de caráter global. Principais poluentes emitidos nas CTE: padrões e fatores de emissão. Estudo de impacto ambiental e avaliação das externalidades. Métodos de controle dos óxidos de nitrogênio e enxofre. Métodos de controle de particulados. Controle da emissão de poluentes em turbinas a gás.



6 - TECNOLOGIAS MODERNAS PARA A CONVERSÃO ENERGÉTICA DA BIOMASSA 40 HORAS.

Sistemas dendroenergéticos. Recursos e combustíveis de biomassa (caracterização e disponibilidade). Processos básicos de conversão (combustão, gaseificação e pirólise). Tecnologias: pré-processamento, combustão direta, gaseificação e pirólise. Aplicações: geração de calor e eletricidade. Balanço térmico e avaliação de caldeiras a biomassa. Projeto e teste de gaseificadores. Cogeração na indústria sucro-alcoolheira e de papel e celulose. Temas sócio-ambientais. Comercialização de créditos de carbono.



7 - TREINAMENTO TEÓRICO/PRÁTICO EM TECNOLOGIA DA GERAÇÃO TERMELÉTRICA

Teste de um ciclo a vapor. Teste de um motor alternativo. Teste de uma microturbina a gás. Treinamento nos simuladores Gate-Cycle e Thermoflow.



8 - TREINAMENTO PARA OPERADORES DE CENTRAIS TERMELÉTRICAS, 375 HORAS.

Fundamentos Termodinâmicos e Ciclos, Combustíveis e Geradores de Vapor, Turbinas a Vapor, Turbinas a Gás, CTE a Vapor, CTE de Ciclo Combinado, Instrumentação e Controle Automático, Visita Técnica I, Equipamentos Elétricos e Interação com o Sistema, Operação, Visita Técnica II, Comercialização da Energia, Controle Ambiental, Treinamento no Laboratório da UNIFEL, Visita Técnica III.



Programa do curso “Centrais Termelétricas: Fundamentos Termodinâmicos e Operação”

Segunda-feira	8:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 1 - O Sistema elétrico brasileiro e a geração termelétrica</i> Balanço energético nacional. Demanda de eletricidade e curvas de carga. O parque gerador nacional. Perspectivas e características da geração termelétrica no Brasil. Conceito e classificação dos combustíveis. Composição química e poder calorífico dos combustíveis utilizados no Brasil, comparação com os similares internacionais. Petróleo. Óleo combustível. Gás natural. Carvão mineral. Combustíveis de biomassa. Combustíveis siderúrgicos residuais.</p>	<p><i>Tópico 2 - Fundamentos teóricos da geração termelétrica e ciclos termodinâmicos</i> Propriedades de uma substância. Conversão de calor em trabalho. Leis da termodinâmica. Ciclos. Eficiência de processos de conversão de energia segundo a Primeira e Segunda leis da termodinâmica. Combustão (Estequiometria, Principais reações). Energia e meio ambiente. Ciclo de Carnot. Ciclo Rankine. Ciclo Joule/Brayton. Ciclos de motores de combustão interna. Ciclos Combinados. Ciclos Avançados. Otimização de ciclos termodinâmicos.</p>
Terça-feira	8:00 às 10:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 3 - Geradores de vapor convencionais e caldeiras recuperativas</i> Tipos de geradores de vapor. Estequiometria da combustão Balanço térmico e eficiência. Superfícies de transferência de calor. Forno e queimadores. Equipamentos auxiliares. Tratamento químico interno. Caldeiras para centrais termelétricas. Caldeiras industriais. Tipos e características construtivas das caldeiras recuperativas. Projeto do perfil de temperaturas. Seleção do “Pinch Point” e dos pontos de aproximação. Seleção dos parâmetros e capacidade da turbina a vapor a ser acoplada na caldeira recuperativa.</p>	<p><i>Tópico 4 - Turbinas a vapor</i> Histórico. Classificação das turbinas a vapor. Princípios de operação. Determinação das dimensões das pás de trabalho e bocais. Turbinas de múltiplos estágios. Características construtivas. Operação de turbinas a vapor a carga parcial (curvas características). Sistemas de regulação da turbina. Sistema de fornecimento de óleo lubrificante. Seleção de turbinas a vapor.</p>
Quarta-feira	8:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 5 - Turbinas a gás</i> Cálculo do esquema térmico de uma turbina a gás. Parâmetros de desempenho das turbinas a gás. Seleção das pressões ótimas em esquemas complexos de turbinas a gás. Características dos principais componentes das turbinas a gás. Operação e monitorização da turbina. Características construtivas. Ajuste dos parâmetros térmicos para as condições “on-site”.</p>	<p><i>Tópico 6 - Centrais termelétricas a vapor</i> Eficiência da central termelétrica e da instalação de turbina. Influência dos parâmetros iniciais e finais sobre o desempenho da CTE. Consumo específico de vapor, calor (heat rate) e de combustível numa planta de condensação com e sem re-aquecimento intermediário. O aquecimento regenerativo. Centrais termelétricas de cogeração com ciclos de vapor. Esquema térmico principal e completo de uma CTE.</p>
Quinta-feira	8:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 7 - Centrais termelétricas de ciclo combinado</i> Eficiência e custos em centrais termelétricas de ciclo combinado. Esquema térmico completo de diferentes tipos de centrais de ciclo combinado. Ciclos combinados para carvão mineral. Particularidades de operação das centrais de ciclo combinado. Perspectivas de desenvolvimento das centrais de ciclo combinado.</p>	<p><i>Tópico 8 - Operação</i> Regime de operação. Disponibilidade, fator de capacidade. Taxa de retomada e retirada de carga. Vida útil. Mobilidade. Operação de CTE a vapor. Operação de CTE de ciclo simples com TG. Operação de CTE de ciclo combinado. Manutenção de centrais termelétricas (atividades típicas, recomendações, procedimentos).</p>
Sexta-feira	8:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 9 - Controle automático e instrumentação</i> Controle automático em usinas termelétricas. Modos de operação: turbina segue, caldeira segue e coordenado. Controle do combustível. Controle do ar de combustão. Controle do bypass da turbina. Controle da água de alimentação. Controle da temperatura do vapor. Principais malhas de controle nas plantas de ciclo combinado.</p>	<p><i>Tópico 10 - Interação com o sistema elétrico</i> Acoplamento das centrais térmicas com o sistema elétrico. Requisitos de frequência e tensão. Aspectos dinâmicos. Controle de carga-frequência. Despacho econômico Mercado de energia.</p>

Programa do curso “Operação de Centrais Termelétricas e Interação com o Sistema Elétrico”

	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
Segunda-feira	<p><i>Tópico 1 - Introdução às centrais termelétricas - CTE e ao sistema elétrico</i> Tipos de Centrais Termelétricas. Combustíveis. Esquemas e parâmetros principais. CTE com ciclo a vapor. CTE com TG em ciclo aberto e combinado. CTE com Motores de Combustão Interna. Interligação com o sistema elétrico.</p>	<p><i>Tópico 2 - Fundamentos básicos da operação de CTE</i> Particularidades da operação das CTE Gráficos de carga. Parâmetros que caracterizam o regime de operação das CTE. Flexibilidade. Velocidade máxima permitível de carga e descarga. Mobilidade. Operação de diferentes tipos de CTE.</p>
	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
Terça-feira	<p><i>Tópico 3 - Características energéticas e testes de desempenho</i> Conceito e tipos de características energéticas. Determinação dos indicadores dos equipamentos pelo balanço direto e inverso. Determinação das características analíticas multifatoriais. Conversão das características energéticas para unidades de custo. Metodologia de realização dos testes de desempenho.</p>	<p><i>Tópico 4 - Manutenção e vida útil</i> Degradação do heat rate e dos índices de segurança da operação. Frequência e seriedade das falhas. Monitoramento do estado dos equipamentos. Planejamento da manutenção nas CTE. Aplicação do benchmarking. Manutenção baseada na confiabilidade. Manutenção das turbinas a gás e CTE de ciclo combinado.</p>
	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
Quarta-feira	<p><i>Tópico 5 - Controle automático e instrumentação</i> Controle automático em usinas termelétricas. Modos de operação: turbina segue, caldeira segue e coordenado. Controle do combustível. Controle do ar de combustão. Controle do bypass da turbina. Controle da água de alimentação. Controle da temperatura do vapor. Principais malhas de controle nas plantas de ciclo combinado.</p>	<p><i>Tópico 6 - Acoplamento das CTE com o sistema elétrico</i> Geradores Síncronos. Características gerais. Representação matemática dos geradores. Modelos matemáticos padronizados: características de regime permanente, características dinâmicas. Interligação com o Sistema de Potência. Características gerais. Problemas verificados.</p>
	8:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
Quinta-feira	<p><i>Tópico 7 - Aspectos dinâmicos e modelos das CTE</i> Características dinâmicas de turbinas a vapor, turbinas a gás e instalações de ciclo combinado. Modelos matemáticos de turbinas térmicas. Exemplos de aplicação.</p>	<p><i>Tópico 8 - Controle de carga frequência</i> Características básicas de operação. Objetivos do controle. Regulação primária. Áreas de controle. Sistemas interligados. Regulação secundária – CAG Exemplos diversos de aplicação.</p>
	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
Sexta-feira	<p><i>Tópico 9 - Operação interligada das centrais térmicas</i> Otimização e despacho econômico. Coordenação hidrotérmica. Efeito das térmicas flexíveis e inflexíveis. Programas NEWAVE e DECOMP.</p>	<p><i>Tópico 10 - Oferta de centrais termelétricas</i> Oferta de energia (“bidding”): simples e composta. Oferta de capacidade: declarações de disponibilidade e indisponibilidade. Avaliação econômica das ofertas e seu impacto no custo da central.</p>

Programa do curso "Turbinas a Gás e Ciclos Combinados"

Segunda-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p>Tópico 1 - Tecnologia das turbinas a gás Introdução ao ciclo combinado: análise comparativa com outros sistemas de geração térmica. Ciclo simples. Ciclo regenerativo. Ciclo com intercooler. Ciclo com reaquecimento. Ciclo com injeção de vapor e água. Configurações. Turbinas a gás aeroderivativas e heavy duty. Classificação quanto a faixa de potência. Cálculo térmico.</p>	<p>Tópico 2 - Compressores. Combustíveis Compressores centrífugo e axial: principais componentes, aspectos construtivos e aerodinâmica da compressão. Combustível industrial. Especificação. Propriedades. Influência na vida útil da turbina a gás. Combustíveis residuais. Qualidade do combustível. Aditivos.</p>
Terça-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p>Tópico 3 - Câmara de combustão. Turbinas Finalidade. Evolução. Distribuição do escoamento. Tipos. Finalidade dos componentes principais. Bicos de injeção. Ignitores. Câmaras de baixa emissão de poluentes. Tecnologia de resfriamento. Condições Requeridas. Eficiência. Operação. Emissões. Turbinas radial e axial: Principais componentes e aspectos construtivos; aerodinâmica da expansão. Tecnologia de resfriamento das palhetas. Avaliação do desempenho dos compressores e das turbinas. Operação em condições de off-design.</p>	<p>Tópico 4 - Caldeiras Recuperativas Tipos de caldeiras recuperativas: características construtivas. Seleção do 'Pinch point' e dos pontos de aproximação. Distribuição do perfil de temperatura em função do calor transferido. Dimensionamento, cálculo da eficiência e especificação das caldeiras recuperativas.</p>
Quarta-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p>Tópico 5 - Equipamentos do ciclo a vapor para ciclo combinado Equipamentos principais. Características fundamentais. Particularidades das turbinas a vapor para CTEs de ciclo combinado. Turbinas a vapor para centrais com arranjo de simples e múltiplos eixos. Características dos estágios. Rendimento do ciclo a vapor.</p>	<p>Tópico 6 - CTEs de ciclo combinado a gás e vapor Arranjos. Cálculo da eficiência a partir dos esquemas térmicos. Parâmetros principais. Cálculo da eficiência considerando as características dos componentes do sistema. Esquema térmico completo. Perspectivas de desenvolvimento. Outros tipos de CTEs de ciclo combinado.</p>
Quinta-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p>Tópico 7 - Cálculo de esquemas térmicos utilizando simuladores Tipos de cálculos. Simuladores existentes no mercado. Aspectos básicos do cálculo utilizando o Gate-Cycle e o Thermoflow. Cálculo de uma instalação de turbina a gás moderna que opera em ciclo simples: otimização e simulação em operação 'off-design'. Cálculo de CTEs de ciclo combinado com arranjo de simples e múltiplos eixos: otimização e simulação em operação 'off-design'.</p>	<p>Tópico 8 - Operação e monitoramento do desempenho das CTEs de ciclo combinado Indicadores da operação. Características energéticas. Partida e parada das unidades. Operação à carga parcial. Operação off-design. Planejamento da manutenção. Testes de desempenho: fronteiras, medições, planejamento e realização, cálculos e resultados (fatores de correção). Exemplos de resultados de testes. Monitoramento do estado dos equipamentos.</p>
Sexta-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p>Tópico 9 - Controle da poluição Emissões em CTE de ciclo combinado. Formação de NO_x. Controle da emissão de NO_x em câmaras de combustão. Redução catalítica seletiva.</p>	<p>Tópico 10 - Controle automático e instrumentação Sistemas de controle nas turbinas a gás. Funções dos sistemas de controle. Controle do combustível gasoso ou líquido. Controle do ar de combustão. Principais sistemas de controle nas plantas de ciclo combinado: malhas de controle secundário, controle de carga e frequência.</p>

Programa do curso "Cogeração e Geração Distribuída"

Segunda-feira	8:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 1 - Introdução à cogeração</i> Histórico e fundamentos. Tipo de projetos de cogeração. Tecnologias. Economia de energia na cogeração. A cogeração no Brasil e no mundo. Sistema de tarifação elétrica: fator de potência, tarifa horo-sazonal e tipo de contrato. A legislação brasileira sobre a cogeração. Cogeração, energia e meio ambiente.</p>	<p><i>Tópico 2 - Fundamentos termodinâmicos</i> Propriedades termodinâmicas. Calor e trabalho. Leis da termodinâmica. Ciclos. Eficiência térmica segundo a primeira e segunda leis. Combustão, aspectos básicos. Ciclos termodinâmicos das máquinas térmicas utilizadas na cogeração.</p>
Terça-feira	8:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 3 - Cálculo de desempenho e métodos de partição de custos</i> O fator de utilização de energia. Eficiência térmica artificial. Taxa de economia da energia de combustível. Heat rate incremental. Aplicação do conceito de exergia. Avaliação exergética. Critérios de partição de custos: Método de extração, de equivalência, do trabalho como subproduto, do calor como subproduto.</p>	<p><i>Tópico 4 - Cogeração com turbinas a vapor</i> Ciclo básico. Eficiência em caldeiras. Tipos de turbinas a vapor. Principais elementos construtivos. Tubulações e isolamento. Balanços de massa e energia. Exemplos de sistemas com turbinas a vapor em diferentes indústrias.</p>
Quarta-feira	8:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 5 - Cogeração com turbinas a gás</i> Ciclo básico com e sem regeneração. Efeito das condições externas. Recuperação da energia dos gases de exaustão em caldeiras recuperativas. Cogeração com ciclos combinados gás/vapor. Exemplos de sistemas de cogeração com turbinas a gás e ciclos combinados.</p>	<p><i>Tópico 6 - Cogeração com motores alternativos</i> Classificação e princípios básicos de funcionamento. Motores diesel, motores a gás natural e de combustível dual. Parâmetros mais importantes. Ciclos combinados. Exemplo de sistema de cogeração com motores alternativos em ciclo combinado.</p>
Quinta-feira	8:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 7 - Cogeração com chillers de absorção ou de compressão</i> Sistemas de energia total. Princípio de funcionamento dos sistemas de absorção. Tipos. Cogeração com sistemas de absorção no setor terciário. A refrigeração por compressão nos sistemas de cogeração. Sistemas mistos.</p>	<p><i>Tópico 8 - Estrutura da demanda e seleção do equipamento</i> Formulários para o levantamento de dados para projetos. Curvas de demanda de calor e eletricidade. Seleção do equipamento. Taxa de cobertura. Exemplos de curvas de demandas para diferentes indústrias.</p>
Sexta-feira	8:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 9 - Avaliação econômico-financeira de sistemas de cogeração</i> Atualização e capitalização. Métodos de avaliação econômico-financeira: taxa interna de retorno, tempo de retorno, valor presente e custo de capital. Aspectos da otimização da operação da instalação de cogeração. Exemplo de estudo de viabilidade econômica.</p>	<p><i>Tópico 10 - Geração distribuída</i> Conceitos e tecnologia. Microturbinas a gás. Células combustíveis. Motores Stirling. Energia eólica. Energia solar fotovoltaica. Avaliação econômica. Aspectos normativos.</p>

Programa do curso "Prevenção e Controle da Poluição no Setor Energético"

Segunda-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p>Tópico 1 - Energia e meio ambiente Recursos naturais e meio ambiente. Conceito e história da poluição. A crise ambiental atual. Consumo de energia. Problemas globais. Fontes renováveis de energia. Gerenciamento ambiental: a ISO 14000. A poluição ambiental no Brasil.</p>	<p>Tópico 2 - A geração termelétrica e o meio ambiente Principais poluentes emitidos pelas centrais termelétricas. Fatores de emissão. Padrões de emissão (no Brasil e em outros países). Dispersão de poluentes. Modelos.</p>
Terça-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p>Tópico 3 - Licenciamento ambiental das centrais termelétricas Estudo de impacto ambiental. Avaliação das externalidades. Documentação necessária para o licenciamento. Estudo de casos.</p>	<p>Tópico 4 - Controle das emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x) Formação dos NO_x. Métodos pré-combustão (preventivos). Métodos pós-combustão (corretivos). Combustão em leito fluidizado. Emissão de NO_x em turbinas a gás. Custos. Métodos de controle.</p>
Quarta-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p>Tópico 5 - Alterações ambientais em hidrelétricas Formação de lagos, perdas de terra e de produção agrícola. Re-assentamento de populações. Apodrecimento da matéria orgânica e emissão de gases de efeito estufa. Assoreamento e riscos de infiltrações e de sismos induzidos. Uso da água em centrais termelétricas.</p>	<p>Tópico 6 - Controle das emissões de óxidos de enxofre (SO_x) Dessulfurização com cal e calcáreo. Tipos de dessulfurizadores. Balanços de massa e energia. Outros métodos de dessulfurização. Combustão em leito fluidizado. Custos.</p>
Quinta-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p>Tópico 7 - Controle das emissões de particulados: multiciclones Características do fluxo gás/sólido. Determinação da carga e granulometria dos particulados. Tipos de separadores de particulados. Seleção. Projeto de ciclones e multiciclones. Otimização do projeto. Custos.</p>	<p>Tópico 8 - Controle das emissões de particulados: lavadores de gases Tipos de lavadores. Características principais. Projetos de lavadores tipo torre de nebulização. Projeto de lavadores Ventury. Custos.</p>
Sexta-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p>Tópico 9 - Controle das emissões de particulados: filtros de mangas e precipitadores eletrostáticos Classificação dos filtros de mangas. Relação ar/pano. Seleção do material do pano e dimensionamento do filtro. Custos. Fundamentos da operação de precipitadores eletrostáticos. Classificação e dimensionamento. Coroa inversa. Custos.</p>	<p>Tópico 10 - Exemplos de dimensionamento de separadores de particulados Multiciclones. Lavadores tipo torre de nebulização. Lavadores tipo Venturi. Filtros de mangas. Precipitadores eletrostáticos.</p>

Programa do curso "Tecnologias Modernas para a Conversão Energética da Biomassa"

Segunda-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 1 - A biomassa como recurso energético</i> Definições e conceitos. A fotossíntese. Consumo de bio-energia no mundo. O potencial energético da biomassa. Estrutura e otimização de sistemas dendroenergéticos.</p>	<p><i>Tópico 2 - Disponibilidade e caracterização da biomassa</i> Florestas nativa e energética. Cultivos anuais. Resíduos agro-industriais. Caracterização: composição química elementar e imediata, poder calorífico.</p>
Terça-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 3 - Processos e tecnologias de conversão</i> Processos físicos. Processos termoquímicos (combustão, gaseificação, pirólise e liquefação). Processos biológicos (fermentação e digestão anaeróbia).</p>	<p><i>Tópico 4 - Caldeiras à biomassa</i> Tipos e parâmetros. Estequiometria da combustão e excesso de ar. Características construtivas. Testes em caldeiras. Apresentação do programa SIMCAL para o cálculo térmico de caldeiras à biomassa.</p>
Quarta-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 5 - Gaseificação</i> Fundamentos teóricos. Tipos de gaseificadores. Parâmetros e aplicações. Balanço térmico de gaseificadores. Limpeza do gás. Modelagem dos processos em gaseificadores.</p>	<p><i>Tópico 6 - Pirólise</i> Tipos de processos de pirólise. A pirólise lenta ou carvoejamento. A pirólise rápida e ultra-rápida. A pirólise ao vácuo. Os bio-óleos: tecnologia de valorização e custos.</p>
Quinta-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 7 - Geração de eletricidade e cogeração a partir da biomassa</i> Ciclos a vapor. Ciclos BIG/GT. Ciclos com motores de combustão interna. Ciclos com motores Stirling. Ciclos com células combustíveis. Projetos demonstrativos em andamento no mundo.</p>	<p><i>Tópico 8 - Cogeração a partir da biomassa na indústria</i> Esquemas de cogeração a partir da biomassa em diferentes indústrias utilizando ciclos a vapor. Estudo de casos de implementação de sistemas BIG/GT em diferentes setores industriais. O problema do combustível complementar na indústria sucro-alcooleira.</p>
Sexta-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 17:00 h
	<p><i>Tópico 9 - Impactos sócio-ambientais</i> O efeito estufa: contribuição da biomassa. O protocolo de Kyoto. Comercialização dos créditos por carbono. Emissões produto da combustão de biomassa: particulados e óxidos de nitrogênio. Emissões em sistemas de gaseificação da biomassa. Aspectos sociais da bio-energia.</p>	<p><i>Tópico 10 - Visita ao laboratório de gaseificação e microturbinas a gás da UNIFEI</i></p>

Programa do curso “Treinamento Teórico/Prático em Tecnologia da Geração Termelétrica”

Segunda-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 1 - Ciclo a vapor. Introdução teórica e teste</i> Determinação da eficiência do ciclo e de seus componentes (caldeira e turbina). Avaliação do sistema de resfriamento do condensado. Medição do teor de poluentes nos produtos da combustão.</p>	<p><i>Tópico 2 - Cálculos e discussão dos resultados</i></p>
Terça-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 3 - Motor alternativo</i> Determinação da eficiência do motor. Levantamento das curvas características da operação. Sincronização com a rede. Medição do teor de poluentes nos produtos da combustão.</p>	<p><i>Tópico 4 - Cálculos</i></p>
Quarta-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 5 - Microturbina a gás</i> Determinação da eficiência de operação do conjunto turbina livre/gerador. Operação a cargas parciais. Determinação da eficiência do compressor, da turbina e da combustão. Medição do teor de poluentes nos produtos da combustão.</p>	<p><i>Tópico 6 - Cálculos</i></p>
Quinta-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 18:00 h
	<p><i>Tópico 7 - Motor Stirling</i> Balanço energético do ciclo: determinação da eficiência e perdas de calor.</p>	<p><i>Tópico 8 - Cálculos</i></p>
Sexta-feira	08:00 às 12:00 h	14:00 às 17:00 h
	<p><i>Tópico 9 - Treinamento no simulador Gate-Cycle</i> Introdução ao Gate-Cycle. Modelagem de um ciclo a vapor simples.</p>	<p><i>Tópico 10 - Treinamento no simulador Gate-Cycle</i> Modelagem de um ciclo a gás simples. Modelagem de um ciclo combinado e aspectos da otimização. Demonstração do Thermoflex e outros programas de simulação de esquemas térmicos.</p>

Programa do curso “Treinamento para Operadores de Centrais Termelétricas”

(Pacote fechado conforme as necessidades do cliente)

Módulo 01	<i>Fundamentos termodinâmicos e ciclos:</i> Conceitos principais. O sistema energético brasileiro e a geração termelétrica. Leis da termodinâmica. Processos. Propriedades dos fluidos. Ciclo a vapor. Eficiência. Parâmetros. Reaquecimento intermediário e aquecimento regenerativo. Ciclo a gás. Eficiência. Parâmetros. Ciclo com regeneração. Ciclo combinado. Tipos. Parâmetros. Exemplos de cálculo. Avaliação do Tópico.
Módulo 02	<i>Combustíveis e geradores de vapor:</i> Disponibilidade e caracterização dos combustíveis. Estequiometria da combustão. Excesso de ar e analisadores de gases. Caldeiras. Tipos e características construtivas. Queimadores. Balanço térmico. Testes. Avaliação do Tópico.
Módulo 03	<i>Turbinas a vapor:</i> Turbinas a vapor. Processos no estágio. Tipos de estágios. Perdas e eficiência. Sistema de selagem, lubrificação e regulação. Avaliação do Tópico.
Módulo 04	<i>Turbinas a gás:</i> Turbinas a gás. Turbinas aeroderivativas e industriais. Características construtivas. Operação off-design. Avaliação do Tópico.
Módulo 05	<i>CTE a vapor:</i> CTE com ciclo a vapor. Influência dos parâmetros iniciais e finais sobre a eficiência. Esquemas e parâmetros para o reaquecimento intermediário. Esquemas de aquecimento regenerativo. Balanço de água e vapor. Equipamentos auxiliares: condensador, trem de resfriamento, ventiladores, aquecedores regenerativos, desaeradores e sistemas de tratamento de água. Avaliação do Tópico.
Módulo 06	<i>CTE de ciclo combinado:</i> CTE de ciclo combinado. Caldeiras de recuperação. Tipos. Níveis de pressão. Perfis de temperatura. Esquemas de simples e múltiplos eixos. Níveis de pressão. CTE de ciclo combinado para combustíveis sólidos. Estudos paramétricos. Avaliação do Tópico.
Módulo 07	<i>Instrumentação e controle automático:</i> Instrumentação e controle automático da CTE. Controle de carga. Controle do combustível. Controle do ar de combustão. Controle da água de alimentação. Controle da temperatura do vapor. Sistema de controle automática de CTE de ciclo combinado. Avaliação do Tópico.
Módulo 08	<i>Visita Técnica I:</i> Visita técnica a uma central termelétrica de ciclo aberto com turbina a gás. Relatório. Seminário de discussão sobre a visita.
Módulo 09	<i>Equipamentos elétricos e interação com o sistema:</i> Geradores elétricos, transformadores, disjuntores e proteções. Operação em carga. Operação em curto-circuito. Sistemas de excitação. Sistemas de proteção. Interação com o sistema elétrico. Transmissão e distribuição. Geradores síncronos private. Sistemas de excitação e reguladores de tensão. Controle de carga frequência. Regulação primária. Regulação secundária. Influências técnicas na operação do sistema.
Módulo 10	<i>Operação:</i> Gráficos de carga. Índices. Parâmetros que caracterizam a operação das CTE. Flexibilidade. Características energéticas. Avaliação do Tópico. Operação das CTE a vapor. Partida de unidades. Parada. Operação a carga nominal. Operação a carga parcial. Operação de CTE de ciclo combinado. Operação off-design. Curvas de partida de uma unidade de ciclo combinado. Organização dos trabalhos de manutenção de centrais termelétricas. Degradação do heat-rate e da carga. Manutenção de turbinas a gás e CTE de ciclo combinado. Avaliação do Tópico.
Módulo 11	<i>Visita técnica II:</i> Visita técnica a uma CTE de ciclo combinado e levantamento de dados de operação. Seminário sobre a visita.
Módulo 12	<i>Comercialização da energia:</i> Comercialização. Formação do preço da eletricidade. Custo marginal de operação. Efeitos das restrições de transmissão. Regras do MAE. Comercializador de energia elétrica. Avaliação do Tópico.
Módulo 13	<i>Controle ambiental:</i> Energia e desenvolvimento. Impactos ambientais da geração termelétrica. Legislação ambiental vigente. Formação e controle dos poluentes durante a combustão. Controle de poluentes gasosos. Controle de particulados. Controle de poluentes em turbinas a gás. Avanços tecnológicos e conservação de energia.
Módulo 14	<i>Treinamento no laboratório da UNIFEI:</i> Laboratório na UNIFEI: Avaliação de um ciclo a vapor. Avaliação de um motor de combustão interna. Avaliação de uma microturbina a gás. Relatórios dos ensaios de laboratório.
Módulo 15	<i>Visita técnica III:</i> Visita técnica a uma CTE de ciclo a vapor (Jorge Lacerda) e levantamento de dados de operação. Seminário sobre a visita.

LIVROS PUBLICADOS.



“Controlling Air Quality in the Cane Sugar Industry”

Autor: Electo E. Silva Lora

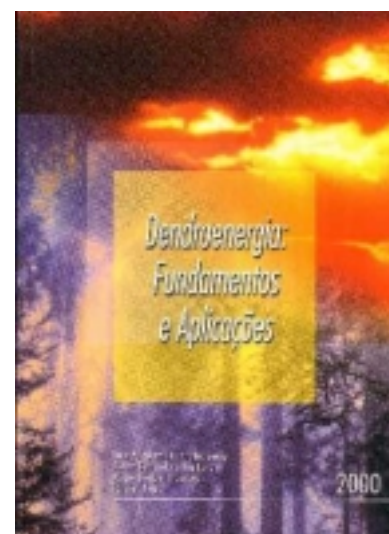
<http://www.bartens.com/books/silva.htm>



“Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte”

Autor: Electo E. Silva Lora

*Editora Interciência:
Tel: (0xx21) 2581-9378 ou 2241-6916
E-mail: rodrigo@interciencia.com.br
(Att: Rodrigo)*



“Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações”

Autores: Luiz Augusto Horta Nogueira; Electo E. Silva Lora

*Editora Interciência:
Tel: (0xx21) 2581-9378 ou 2241-6916
E-mail: rodrigo@interciencia.com.br
(Att: Rodrigo)*

EM FASE DE PUBLICAÇÃO.



O livro está composto por 20 capítulos e quase 1500 páginas. A estrutura do mesmo segue a seguinte lógica: primeiramente os fundamentos (legislação, leis da termodinâmica e ciclos, combustíveis) e logo os equipamentos (caldeiras, turbinas a gás e a vapor, motores de combustão interna, equipamentos auxiliares). Na seqüência analisa-se a interação dos equipamentos nas centrais termelétricas de diferentes tipos e nos sistemas de cogeração. Finalmente são abordados temas periféricos tais como: controle automático, operação, interação com o sistema elétrico, metalurgia e materiais e análise econômico-financeira. O livro conclui com um capítulo que contém dados e fotografias de várias centrais termelétricas e sistemas de cogeração em operação no Brasil.

A CIDADE DE ITAJUBÁ SEU ACESSO E LOCALIZAÇÃO:



Informações adicionais sobre a programação dos cursos e outras atividades do **NEST** podem ser consultadas no site www.nest.efei.br.