

UM MODELO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DE CICLOS COMBINADOS PARA PROJETOS DE SISTEMAS DE COGERAÇÃO

Alexandre M. da Silva – amarcial@uol.com.br

José A. P. Balestieri – perrella@feg.unesp.br

Paulo Magalhães Filho – pfilho@feg.unesp.br

Unesp - Universidade Estadual Paulista, Departamento de Energia

Cx. P. 205 – 12516-410 – Guaratinguetá, SP, Brasil

***Resumo.** Este trabalho apresenta o uso de recursos computacionais na simulação de um sistema de cogeração com ciclo combinado para análise de seu desempenho em base energética. A demanda térmica é utilizada como entrada principal de dados, associada às características de desempenho de cada componente do sistema. É avaliada a influência de diversos parâmetros do sistema tais como: eficiência térmica do ciclo e eficiência global de cogeração. A linguagem computacional utilizada é o Visual Basic for Applications associada a uma planilha eletrônica e um banco de dados contendo informações de turbinas a gás disponíveis no mercado internacional. Duas configurações do sistema de cogeração com ciclo combinado são predefinidas: uma delas é composta de turbina a gás, caldeira de recuperação e turbina a vapor de contrapressão com uma extração que alimenta dois processos térmicos de diferentes níveis de pressão; a outra configuração apresenta como alternativa uma turbina a vapor de condensação com duas extrações, atendendo os mesmos níveis de pressão requeridos. O software possibilita a geração de tabelas e gráficos para análise comparativa das alternativas definidas.*

***Palavras-chave:** Cogeração, Energia, Ciclo combinado, Simulação computacional*

1. INTRODUÇÃO

No final do século XIX, algumas indústrias americanas e européias produziam vapor para o aquecimento distrital e o excesso era utilizado para geração de energia elétrica, e o excedente era vendido para as concessionárias locais que anos mais tarde, passaram a investir em máquinas modernas de maior porte, diminuindo a compra de energia cogorada e apenas algumas poucas indústrias continuaram com esse tipo de geração.

Com as crises de 1974 e 1979, que fizeram com que o preço do barril do petróleo disparasse, criou-se uma nova consciência sobre a necessidade de se planejar o desenvolvimento de acordo com regras que preconizassem o uso racional da energia, e a redução dos impactos ambientais passou a ter relevância mundial, surgindo em 1978, nos EUA novos rumos para o desenvolvimento da cogeração, com base em uma legislação específica de incentivo à sua prática: o PURPA (*Public Utilities Regulatory Policy Act*).

A partir de 1978, quando o Congresso Americano, através do PURPA criou leis para promover a conservação e um melhor aproveitamento de energia entre as concessionárias e os grandes consumidores, a cogeração ressurgiu em larga escala com novas tecnologias e melhor desempenho no sistema global. Na verdade, trata-se de uma tecnologia bastante difundida nos

países desenvolvidos e que está novamente em expansão, cuja aplicação e vantagens podem ser observadas de duas formas. Na primeira tem-se uma central termelétrica, que mesmo adotando os melhores equipamentos, consegue converter em eletricidade no máximo a metade do calor produzido na queima do combustível, cuja maior parte é perdida, e na segunda, a cogeração procura empregar esse fluxo de calor em algum processo industrial ou rede de calefação para aquecimento de residências e edifícios.

Faixas de trabalho. O nível de calor geralmente requerido pelos processos térmicos industriais é baixo em sua grande parte, ao redor de 150 a 200°C. Esta é a temperatura usual para os processos de secagem, cozimento, evaporação, etc., e para produção desta energia térmica são geralmente empregados combustíveis, cujas chamas variam entre 1400 e 1800 °C. Em outras palavras, o processo convencional de produção e utilização de calor em indústrias parte de uma energia térmica de alta qualidade para fornecer uma energia de baixa qualidade. Isto explica que mesmo para altos rendimentos energéticos de sistemas térmicos, ainda que alcancem valores próximos a 100 %, destroem irreversivelmente grande parte da exergia do fluxo de calor. A cogeração, ao produzir trabalho e calor úteis, reduz as perdas de energia e permite abastecer ambas demandas com quase o mesmo consumo de combustível.

O benefício térmico devido à cogeração é ilustrado na “Fig. 1”, conforme Allen & Kovacick (1984). A cogeração em um ciclo com turbina a gás é disposta de modo a rejeitar uma parte de sua energia de exaustão no nível de temperatura requerido no processo. Um maior aproveitamento da energia primária resulta em uma economia favorável à viabilidade desses sistemas para muitos sistemas de turbina a gás baseado em cogeração.

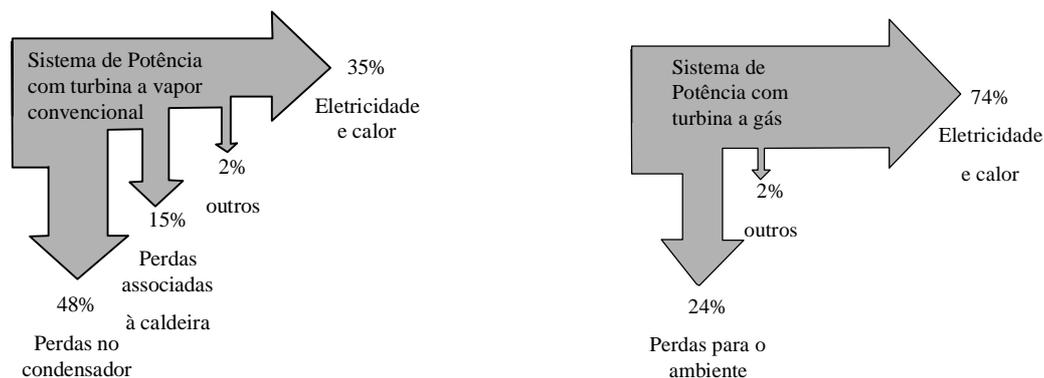


Figura 1- Utilização efetiva de combustível.

Os benefícios obtidos com a cogeração baseiam-se na racionalidade termodinâmica apresentada pela mesma, já que níveis mais altos de eficiência implicam em reduzir o consumo de combustíveis e todos os demais custos associados, inclusive o custo ambiental (Nogueira, 1996). Outro fato que também contribui para esta expansão diz respeito a uma maior disponibilidade de gás natural e recentes desenvolvimentos tecnológicos em turbinas a gás. Já no Brasil e na maioria dos países em desenvolvimento ainda incorpora-se pouco dessa tecnologia em seus sistemas elétricos, apesar das potencialidades existentes.

Há diversas formas de utilização para o uso da potência cogorada. Uma delas seria a sua utilização para suprir a necessidade de energia térmica local e reduzir a demanda de eletricidade contratada com a concessionária. Esse tipo de sistema é geralmente referido como "autoprodutor". Uma outra forma de utilização para a potência cogorada seria a venda de excedente para a concessionária, e esse tipo de sistema é referido como "produtor independente".

2. REGIMES, TECNOLOGIAS E SISTEMAS

Regimes. As tecnologias de cogeração, sob o ponto de vista do fluxo energético, são usualmente classificadas em dois grupos, de acordo com a ordem relativa de geração de potência e calor. Têm-se, assim, os regimes *bottoming* e *topping*.

Os sistemas que operam segundo o regime *bottoming* baseiam-se na recuperação do calor rejeitado a altas temperaturas por processos industriais, que é utilizado para a geração de vapor; este vapor é expandido em turbinas de condensação e/ou contrapressão, que acionam máquinas geradoras. No caso dos sistemas que operam segundo o regime *topping*, fluxos de calor a uma temperatura mais elevada são utilizados na geração de eletricidade, a energia residual deste processo é destinada à geração de calor de processo, usualmente na forma de vapor. As técnicas de recuperação de calor residual são consideradas mais vantajosas em relação à cogeração, do ponto de vista econômico, para fluxos residuais com níveis de temperatura inferiores a 370 °C (Hu, 1985). No regime *topping* o calor rejeitado pelo sistema de geração de potência é utilizado para atender aos requisitos de energia térmica de processos industriais. São possíveis ciclos de cogeração em regime *topping* utilizando turbinas a vapor, turbinas a gás e uma combinação destas ou motores diesel, como equipamentos motores.

Tecnologias. O emprego de turbinas a vapor constitui-se na opção tecnológica de cogeração mais difundida. Vapor com pressão na faixa de 0,2 a 1,10 MPa, produzido em geradores de vapor convencionais, é utilizado no acionamento de turbinas a vapor para geração de potência; o vapor de escape, na faixa de 0,02 a 0,20 MPa, é empregado como calor de processo. As turbinas empregadas nesses ciclos podem ser de contrapressão ou de extração/condensação. Em que pese o custo relativamente maior destas últimas, existem alguns pontos vantajosos em sua utilização, em relação às de contrapressão: os arranjos com turbinas a vapor de extração/condensação possibilitam um bom atendimento da demanda de energia elétrica, em unidades em que as necessidades de vapor podem variar muito, ou em sistemas nos quais a interrupção do fornecimento de eletricidade deve ser evitada.

As turbinas a gás de ciclo aberto são sistemas de potência relativamente simples, de bom nível de desenvolvimento tecnológico, e que permitem uma fácil recuperação de calor residual de boa qualidade. Em uma instalação de cogeração, os gases de exaustão de uma turbina a gás, que estão normalmente situados na faixa de temperaturas de 480 a 600 °C, são utilizados em uma caldeira de recuperação, com ou sem queima suplementar de combustível, no aquecimento de fluidos de processo, em processos de secagem ou no pré-aquecimento de cargas de fornos. A queima suplementar é um recurso utilizado quando a necessidade de calor é maior do que a disponibilidade de calor residual. Em termos gerais, as caldeiras de recuperação empregadas na exaustão das turbinas a gás são classificadas como unidades sem queima, com queima auxiliar e com queima total, sendo que neste último caso o equipamento é similar a um gerador de vapor convencional, com a diferença que os gases de exaustão são utilizados como ar de combustível.

Sistemas. Os sistemas de ciclo combinado são formados por turbinas a gás de ciclo aberto, conhecidos como unidades *topping*, colocadas em série com caldeiras de recuperação, nas quais é gerado vapor de alta ou média pressão, sendo que este é expandido em uma turbina de contrapressão/condensação, conhecidos como unidades *bottoming*. O vapor gerado é utilizado como vapor de processo. Baseado na Segunda Lei da Termodinâmica, todos os ciclos térmicos de potência, que convertem calor em trabalho, devem rejeitar calor. Ainda de acordo com essa lei física, quanto maior a temperatura em que ocorre um fluxo de calor, maior é sua

qualidade, expressa em termos de potência recuperável. Surge assim a idéia da associação de ciclos, visando o aproveitamento do rejeito térmico de um ciclo por outro. Tais ciclos são conhecidos como ciclos combinados.

Analisando-se o ciclo sob o ponto de vista da Primeira Lei e através de um balanço de energia obtêm-se a eficiência global do sistema. Contudo, de acordo com El-Masri (1987), tal análise não pode identificar ou quantificar as fontes de perda que conduzem àquele resultado. Faz-se necessária uma análise de Segunda Lei para uma compreensão mais profunda do desempenho termodinâmico, já que esta quantifica a qualidade da energia e provê uma visão mais ampliada da questão. Assim, a necessidade de avaliação da eficiência de Segunda Lei passou a ser admitida (Moran, 1994).

Os sistemas de ciclo combinado apresentam uma grande flexibilidade na relação de produção de eletricidade e calor, face às várias possibilidades de arranjo destes sistemas. Em comparação com as tecnologias já mencionadas, a tecnologia com ciclos combinados permite, de uma maneira geral, uma maior extração de potência por unidade de consumo de combustível. As desvantagens do ciclo combinado são semelhantes as dos ciclos com turbinas a gás, principalmente no que diz respeito aos combustíveis. Uma vez que esses sistemas devem ser associados em unidades de processo, que demandam quantidades definidas das formas de energia térmica e eletromecânica, faz-se necessário estabelecer a prioridade de geração das formas de energia. Considerações ambientais mais favoráveis pressionam o aumento do interesse pelos ciclos combinados, pois os mesmos se adaptam facilmente às legislações cada vez mais exigentes no controle da emissão de poluentes. Um aspecto interessante dos ciclos combinados refere-se a sua flexibilidade, o que leva a duas interpretações. A primeira refere-se à capacidade da turbina a gás de queimar uma grande variedade de combustíveis, sejam líquidos ou gasosos, especialmente os óleos destilados e o gás natural, para os quais existem tecnologias totalmente consolidadas. Queimando combustíveis nobres, como o gás natural, reduz-se o impacto ambiental. A segunda interpretação refere-se à grande diversidade de configurações possíveis para esses sistemas. Para o uso racional dos recursos naturais vêm se investindo em criatividade e novas tecnologias na concepção de unidades mais eficientes. Assim, os ciclos combinados, de elevada eficiência na sua forma mais simples, constituída de turbina a gás, caldeira de recuperação térmica, turbina a vapor e condensador, podem ser melhorados através da introdução de equipamentos adicionais, tomando-se o devido cuidado com relação à complexidade do sistema e custos associados.

A escolha da tecnologia mais adequada a cada aplicação dentre o conjunto de opções tecnicamente viáveis é um procedimento que deve ser feito de forma cuidadosa e criteriosa quanto aos aspectos a serem considerados.

3. PROPOSTA DO TRABALHO

Para esse trabalho é estabelecido o critério de paridade térmica, que é projetada para atender integralmente as necessidades térmicas da unidade de processo, garantindo ou não o suprimento das demandas eletromecânicas do mesmo; caso atenda com excedentes, estes podem ser comercializados com a concessionária local e se houver déficit, a energia é dela adquirida.

Neste estudo, são analisados ciclos combinados que conjugam dois tipos de acionadores primários: turbinas a gás (TG) e turbinas a vapor (TV). O princípio básico dessa associação consiste no aproveitamento do fluxo de gases quentes na saída da TG e, através de uma caldeira de recuperação (CRT), gerar vapor que, por sua vez, é expandido em uma TV até uma pressão intermediária para utilização em um processo térmico. Este aproveitamento

seqüencial dos fluxos térmicos permite elevadas eficiências, comparativamente aos ciclos térmicos convencionais.

Desta forma, o objetivo principal deste trabalho é contribuir para o desenvolvimento do conhecimento tecnológico em busca de alternativas para difusão dos conceitos termodinâmicos no planejamento de sistemas energéticos, permitindo a escolha da melhor configuração proposta, de maneira rápida e objetiva, sob vários pontos de vista, permitindo ao analista uma interação com o *software* na linguagem computacional utilizada.

O código computacional foi desenvolvido em *Visual Basic for Applications* para auxiliar o estudo da operação de ciclos combinados através da simulação de diferentes parâmetros, disponíveis em duas configurações distintas pela presença de condensação em uma delas, através da análise de Primeira Lei da Termodinâmica, utilizando-se técnicas já consagradas na literatura.

No projeto de centrais de cogeração são definidas as características básicas da unidade a ser instalada. Como orientação geral, nos sistemas de geração com turbogrupos a gás, operando em paridade térmica, a maximização dos benefícios operacionais se faz com um turbogrupo no seu ponto de maior eficiência, e freqüentemente operando sem queima suplementar para o suprimento total da demanda térmica. Para isso é necessário aumentar-se a pressão e temperatura do vapor gerado pela CRT, de tal forma a poder obter quantidades adicionais de trabalho para a TV e expansão do vapor até a pressão necessária para o processo. O limite desse sistema é determinado pelo fluxo máximo de vapor gerado na CRT.

Se a TV que se adiciona à unidade *bottoming* é de condensação, a potência elétrica pode aumentar substancialmente mediante a seleção de uma unidade *topping* maior, ou mediante um incremento adicional da geração de vapor com combustão suplementar, e a condensação do excedente de vapor com relação à demanda. Pelo que se entende de conceito racional de cogeração, reduz-se a eficiência à medida que aumenta-se a produção de energia elétrica, a uma demanda de calor constante. Apesar disso, este esquema conceitual é aceitável sempre que o fluxo na condensação é relativamente baixo. A metodologia é desenvolvida para estudo de casos com as seguintes configurações:

- Ciclo combinado com TV de contrapressão com uma extração.
- Ciclo combinado com TV de condensação com duas extrações.

Modelagem. A análise técnica dos ciclos usualmente empregados em configurações de plantas de cogeração obedece aos princípios básicos da Termodinâmica, principalmente a Primeira Lei, que quantifica as energias envolvidas nas configurações propostas (“Figs.2 e 3”).

De uma maneira geral, a Primeira Lei se expressa pela “Eq. 1” (Van Wylen, Sonntag and Borgnakke, 1997):

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum_{\text{saída}} \dot{m}_s \left(h_s + \frac{v_s^2}{2} + gz_s \right) - \sum_{\text{entrada}} \dot{m}_e \left(h_e + \frac{v_e^2}{2} + gz_e \right) \quad (1)$$

A partir da equação (1), desprezando-se a variação de energia cinética e potencial, e utilizando-se da análise do volume de controle em cada componente, foi composta uma marcha de cálculos para realizar a modelagem em base energética do código de simulação.

Escolhendo-se um rendimento isentrópico para a turbina a vapor $\eta_{TV\text{isent}}$ e para a bomba de recalque $\eta_{BB\text{isent}}$, baseados em dados do fabricante, corrigem-se os valores de entalpia obtidos de tabelas de propriedades termodinâmicas do vapor.

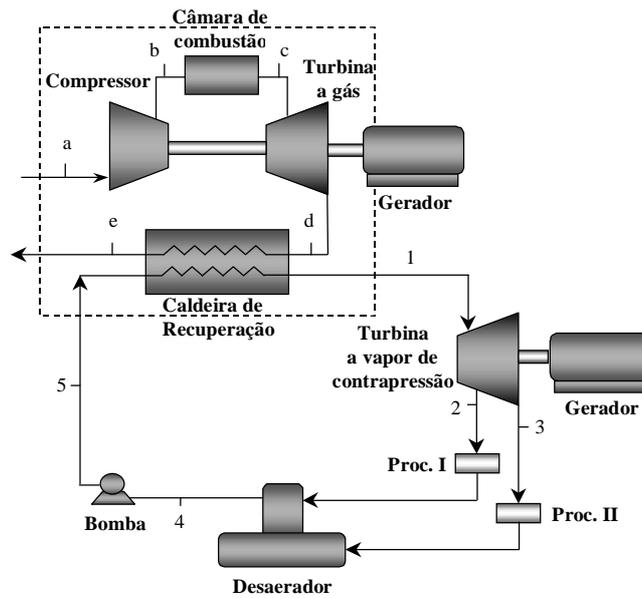


Figura 2 – Ciclo combinado utilizando TV de contrapressão

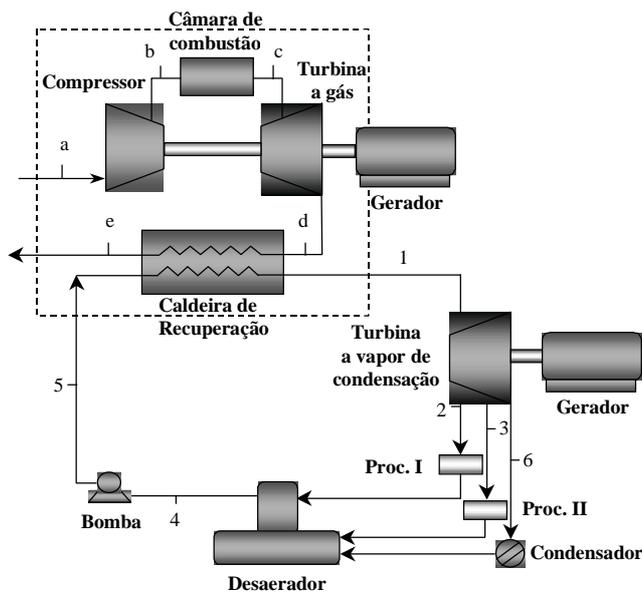


Figura 3 – Ciclo combinado utilizando TV de condensação

São efetuados os cálculos da energia térmica entregue a cada processo, e a partir destes, obtêm-se a quantidade total de vapor requerida nos processos. Com o volume de controle na caldeira de recuperação, assumindo um valor para η_{CRT} , determina-se a energia a ser retirada dos gases de exaustão, permitindo o dimensionamento do turbogruppo a gás, a partir de um banco de dados que contém as máquinas disponíveis no mercado internacional. Os valores do fluxo e da temperatura dos gases de exaustão, retirados do banco de dados, são utilizados no redimensionamento do ciclo a vapor, atendendo a demanda térmica dos processos. Tomando-se o volume de controle na TV, obtêm-se o trabalho de eixo e com a estimativa da eficiência do gerador elétrico η_{ger} , determina-se a potência elétrica gerada.

O diagrama de blocos apresentado na "Fig. 4" ilustra a lógica do *software*, e a "Fig. 5" mostra o Diagrama de Fluxo de Informações.



Figura 4 – Diagrama de blocos

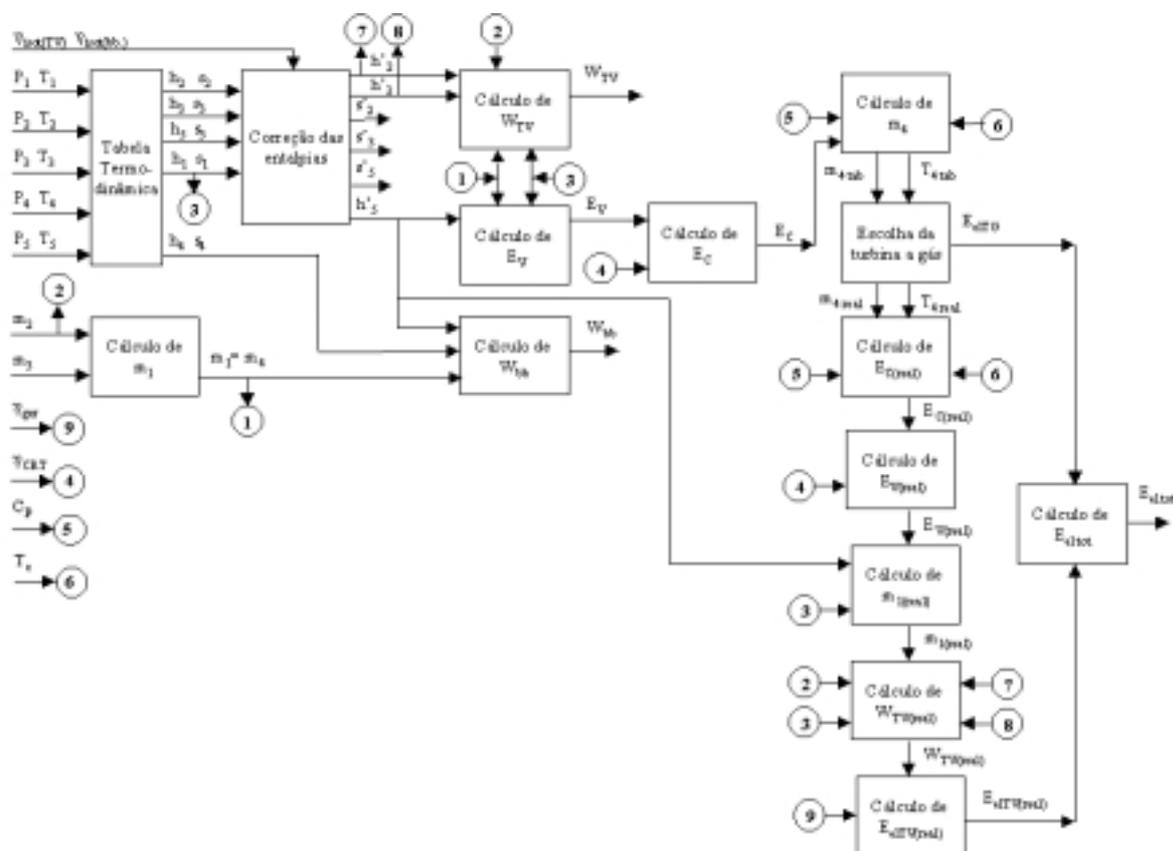


Figura 6 – Diagrama de fluxo de informações

O propósito de se utilizar uma planilha eletrônica é automatizar todos os cálculos necessários a uma análise técnica, sendo que a mesma possui recursos que possibilitam vincular os dados das células de forma que o analista possa simular a variação de diversos parâmetros de cada componente constituinte do sistema e verificar a sua influência sobre outros parâmetros de saída, tal como potência de eixo, eficiência térmica e global, e também uma análise comparativa entre dois sistemas de cogeração com ciclo combinado.

4. ESTUDO DE CASO

O sistema proposto a ser analisado consiste de uma unidade de TG cujos gases de exaustão passam por uma caldeira de recuperação sem queima suplementar de combustível que produz vapor superaquecido de 2,1 MPa e 300 °C. Nesta análise são quantificados os fluxos de energia em cada ponto do ciclo escolhido, assim como os índices de desempenho individuais e globais dos equipamentos. Como parâmetros de entrada utilizam-se os dados referentes a uma indústria alimentícia típica visando-se suprir sua demanda térmica e elétrica. As demandas de energia do projeto original são de 10 MW elétricos com picos de 15 MW e 38 MW de calor em forma de vapor de média pressão (MP) e de baixa pressão (BP). Esta relação entre demandas elétrica e térmica é baixa para uma configuração turbogruppo a gás e caldeira de recuperação convencional, percebendo-se a necessidade de comercializar os excedentes de geração elétrica. As demandas calóricas da planta fabril incluem as do processo da indústria e as do sistema energético em si, tais como para o desaerador, pré-aquecedores regenerativos da caldeira de recuperação, etc. Os valores utilizados nesta simulação para atender às necessidades da planta fabril são descritos na “Tabela 1”.

Tabela 1. Demanda térmica de uma indústria alimentícia

Vetor Calórico	Vapor MP	Vapor BP
Pressão	1,2 MPa	0,45 MPa
Temperatura	saturado	saturado
Fluxos	6,67 kg/s	10,00 kg/s
Calor Fornecido	17,76 MW	22,52 MW
Calor Retornado	1,21 MW	1,82 MW
Calor Líquido	16,55 MW	20,70 MW
Demanda Calórica Total: 37,25 MW		

Tabela 2. Turbogrupos selecionados para análise na configuração com TV de contrapressão

Modelo	Ano	ISO Base Rating [kW]	Heat Rate Btu/(kWh)	Pressure Ratio	Turbine Speed [rpm]	Exhaust Temp [° C]	Mass Flow [kg/s]
Mitsubishi Heavy Industries							
MW-251	1964	36860	11790	12,0	4894	517,22	157,40
Bharat Heavy Eletricals							
PG6551(B)	1996	39160	10730	11,8	5100	541,11	137,89
Hitachi							
PG6551(B)	1987	39160	10730	11,8	5100	541,11	138,21
Kvaerner Energy							
PG6551(B)	1978	39160	10730	11,8	5094	541,00	138,35
Nuovo Pignone-Turbotecnica							
MS6001	1978	39160	10730	11,9	5094	541,11	138,35

Escolhendo-se a configuração para um turbogruppo a gás e uma precisão com uma variação de 40 °C na temperatura do parâmetro de seleção, são escolhidos automaticamente do banco de dados os turbogrupos listados nas “Tabelas 2 e 4”, e nas “Tabelas 3 e 5” as eficiências das configurações propostas.

Tabela 3. Eficiência dos turbogrupos selecionados para análise com TV de contrapressão

Modelo	$\eta_{t,CC}$	$\eta_{g,CV}$	$\eta_{g,COG}$	$\eta_{g,TG}$	$\eta_{g,COG}$	E_{TG}
	[%]	[%]	[%]	[%]	$\eta_{g,TG}$	E_{TV}
Mitsubishi Heavy Industries						
MW-251	34,6	36,6	67,1	30,5	2,20	7,14
Bharat Heavy Eletricals						
PG6551(B)	37,4	35,3	68,8	33,6	2,05	8,31
Hitachi						
PG6551(B)	37,4	35,4	68,9	33,6	2,05	8,28
Kvaerner Energy						
PG6551(B)	37,4	35,4	68,9	33,6	2,05	8,27
Nuovo Pignone-Turbotecnica						
MS6001	37,4	35,4	68,9	33,6	2,05	8,27

Tabela 4. Turbogrupos selecionados para análise na configuração com TV de condensação

Modelo	Ano	ISO Base Rating [kW]	Heat Rate Btu/(kWh)	Pressure Ratio	Turbine Speed [rpm]	Exhaust Temp [° C]	Mass Flow [kg/s]
FiatAvio							
TG20 B7/8	1971	39967	11234	11	4918	515,0	164,7
Mitsubishi Heavy Industries							
MW-251	1964	36860	11790	12	4894	517,2	157,399

Tabela 5. Eficiência dos turbogrupos selecionados para análise com TV de condensação

Modelo	$\eta_{t,CC}$	$\eta_{g,CV}$	$\eta_{g,COG}$	$\eta_{g,TG}$	$\eta_{g,COG}$	E_{TG}
	[%]	[%]	[%]	[%]	$\eta_{g,TG}$	E_{TV}
FiatAvio						
TG20 B7/8	36,3	36,2	68,2	32,0	2,13	7,18
Mitsubishi Heavy Industries						
MW-251	34,5	37,0	67,5	30,5	2,21	7,28

5. CONCLUSÕES

Foi feita uma avaliação de diferentes modelos para a análise de projeto e operação de sistemas de cogeração; foi identificada a oportunidade de se construir uma ferramenta de fácil acesso em computadores pessoais, com base nos recursos normalmente disponíveis. O sistema permite simular as configurações propostas para avaliar o efeito da alteração de diversos parâmetros sobre o ciclo e, a partir das informações geradas em tabelas, fornecer o desempenho do sistema proposto.

Devido à abrangência do tema abordado, percebe-se a possibilidade de acréscimo de funções para análise exergética, econômica, *pinch point*, possibilidade e viabilidade de queima suplementar, dentre outros. Acredita-se que o objetivo básico principal do desenvolvimento de um programa computacional em linguagem visual que fosse apresentado como um programa

flexível e simples para a caracterização dos principais fluxos energéticos e que fornecesse o desempenho global do sistema simulado foi alcançado.

Dos turbogrupos selecionados do banco de dados pelo programa, pode ocorrer a seleção de algumas máquinas que não atendam completamente a necessidade térmica, pelo fato de o intervalo de temperatura para seleção ter sido elevado para o caso analisado, permitindo a seleção de um maior número de equipamentos, porém com alguns já fora do campo de operação, ou porque as perdas internas do sistema (eficiência dos componentes) comprometeram parte da energia disponibilizada.

A automatização da escolha do turbogrupo, num universo de 500 máquinas, reduz consideravelmente o tempo gasto na escolha dos componentes no processo de seleção de máquinas, limitando a análise de associação de máquinas reais a um universo reduzido de equipamentos comerciais. Com base nos resultados obtidos, especialmente os índices de eficiência, pode-se mais facilmente direcionar-se a seleção do turbogrupo mais adequado a cada caso.

REFERÊNCIAS

- Allen, R. P. & Kovacic, J. M., 1984, Gas turbine cogeneration-principles and practice, ASME-Journal of Engineering of Gas Turbines and Power, vol 106, pp.725-730.
- El-Masri, M. A. & Chin, W.W., 1987, Exergy analysis of combined cycles: Part 2 – Analysis and optimization of two-pressure steam bottoming cycles, ASME -Journal of Engineering of Gas Turbines and Power, vol 109, pp.237-243.
- Hu, S. D., 1985, Cogeneration, Reston Publishing Company Inc, Reston, Virginia, USA.
- Moran, M. J. & Sciubba, E, 1994, Exergy analysis: principles and practice, ASME -Journal of Engineering of Gas Turbines and Power, vol 116, pp.285-290.
- Nogueira, L. A. H. ,1996, Cogeração: Uma Introdução, EFEI, Itajubá.
- Van Wylen, G., Sonntag, R. and Borgnakke, C., 1997, Fundamentos da Termodinâmica Clássica, 4ª ed., Edgard Blucher, São Paulo.

AN OBJECT-ORIENTED COMPUTATIONAL MODEL FOR COMBINED CYCLE COGENERATION ANALYSIS

Abstract. *This paper presents the use of computational resources in a simulation procedure to predict the performance of combined cycle cogeneration systems in which energetic analysis is used in the modeling. Thermal demand of a consuming process are used as the main entrance data and, associated to the performance characteristics of each component of the system, it is evaluated the influence of some parameters of the system such as thermal efficiency and global efficiency. The computational language is Visual Basic for Applications associated to an electronic sheet. Two combined cycle cogeneration schemes are pre-defined: one is composed of a gas turbine, heat recovery steam generator and a back pressure steam turbine with one extraction, in which both are connected to the different pressure level process plant; the other scheme has a difference a two extraction-condensing steam turbine instead of the back pressure one. Some illustrative graphics are generated for allowing comparison of the appraised systems. The strategy of the system simulation is obtained by carefully linking the information of various components according to the flow diagrams.*

Keywords: *Cogeneration, Energy, Combined cycle, Computational simulation.*