

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

AVALIAÇÃO TERMODINÂMICA DE UM SISTEMA DE POLIGERAÇÃO PARA A CARGA TÉRMICA DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UFES

Rodrigo Guedes dos Santos, rodrigo.guedes@ifes.edu.br¹
Pedro Rosseto de Faria, pedro.faria@ifes.edu.br²
José Joaquim Conceição Soares Santos³, jjcssantos@yahoo.com.br³

¹ Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Rua Augusto Costa de Oliveira, 660 – Praia Doce, Piúma/ES

² Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Rod. Governador José Sette, Itacibá – Cariacica/ES

³ Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras – Vitória/ES

Resumo: A crescente demanda por energia no setor industrial faz surgir à necessidade de desenvolvimentos de pesquisas relacionadas ao melhor aproveitamento das matrizes energéticas já existentes, visando sempre à melhora na produção, no fornecimento de energia e na minimização dos custos produtivos das plantas de geração de potência. Com esse intuito, o presente trabalho visa à simulação da aplicação de cogeração e trigeração no Restaurante Universitário (RU) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Com o objetivo de alcançar uma melhoria na eficiência energética da planta atual que possui uma caldeira flamotubular, sugere-se a substituição desta caldeira por um motor de combustão interna (MCI) ou por uma turbina a gás (TG), além de comparar os sistemas de cogeração e verificar a viabilidade termodinâmica desses processos para atender a demanda térmica do RU. Utilizou-se o software Thermoflex® para simular tais alterações e obter os resultados termodinâmicos. Na biblioteca do software escolheram-se os acionadores, de menor potência elétrica, que fossem capazes de satisfazer o estado final. Os passos subsequentes foram feitos baseados na capacidade energética que os gases de exaustão apresentavam após as trocas térmicas na caldeira de recuperação de calor. Além do projeto original da planta, outras configurações para a utilização do calor foram testadas com a finalidade da geração de frio. Com a análise dos resultados notou-se que a implantação de cogeração levou a uma melhora na eficiência energética da planta do RU, uma vez que tanto com o uso do MCI ou TG seria mantida a produção de vapor que atenderia a demanda de calor útil do RU, com a vantagem de agora ter a produção de potência eletromecânica e água gelada utilizada na refrigeração através do uso de chillers por absorção. Em relação à comparação dos tipos de acionadores, entre MCI e TG, os resultados indicaram que o MCI possui uma maior eficiência exergética (46,39 % contra 37,47% da TG), além de produzir 1157,7 kW a mais de potência elétrica (vantagem considerável pensando-se na hipótese desta energia elétrica gerada ter um destino planejado dentro da universidade, seja alimentando o próprio sistema de refrigeração que usa compressores para esta finalidade, ou utilizando em outro processo e ainda podendo ser vendido para a concessionária), maior quantidade de água gelada (112 TR a 18 TR) e maior relação de potência elétrica líquida/calor (0,9 a 0,33), considerando o mesmo parâmetro de saída para os dois tipos de acionadores estudados. Já a TG possui uma vantagem a ser considerada que é uma maior economia relativa de combustível (42% contra 33% do MCI). Há vantagens energéticas para o uso de ambos os tipos de acionadores, porém foi comprovado que o MCI é termodinamicamente superior a TG, para este caso, desde que suas vantagens energéticas sejam devidamente aproveitadas.

Palavras-chave: matrizes energéticas, cogeração, trigeração, motor de combustão interna, turbina a gás.

1. INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações da humanidade hoje é o desperdício energético, por este motivo o estudo da cogeração torna-se cada dia mais importante, sendo esta tecnologia uma das alternativas para que haja uma utilização mais eficiente de energia em centrais térmicas de serviço público ou junto aos consumidores. Ao aumentar tal eficiência, reduzem-se, respectivamente, os níveis de demanda de energia primária e todos os inevitáveis efeitos associados ao consumo de energia, como podem ser os impactos ambientais na exploração dos recursos naturais e a emissão de poluentes (Lora e Nascimento, 2004). Essas vantagens energéticas, ambientais e econômicas proporcionadas pela cogeração motivaram este trabalho a realizar uma simulação da aplicação desta tecnologia na planta de produção

de vapor do restaurante universitário (R.U) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), com objetivo de comparar o sistema de cogeração com bases no motor de combustão interna e turbina a gás e verificar a viabilidade termodinâmica desses processos para atender a demanda térmica do R.U. Essas tecnologias de acionadores primários foram escolhidas por serem mais indicadas para a escala da demanda térmica estudada. Visando uma melhoria da eficiência energética da planta atual que possui uma caldeira flamotubular, sugeriu-se a substituição desta caldeira por um motor de combustão interna ou por uma turbina a gás. Para isso, utilizou-se o programa de simulação Thermoflex®, onde foram modelados e simulados os ciclos termodinâmicos utilizando o motor de combustão interna e a turbina a gás.

2. DESCRIÇÃO DA PLANTA

A planta de geração de vapor atual do restaurante universitário é acionada por uma caldeira de vapor saturado horizontal pressurizada. É uma caldeira geradora de vapor saturado, que usa o gás natural como combustível. Seu projeto utiliza combustão pressurizada que consiste do retorno da chama dentro da própria fornalha. Sabe-se que tal modelo é capaz de produzir 1650 kg/h de vapor tendo o seu consumo máximo na casa de 127 m³/h de gás natural (Arautem, 2012). Este vapor produzido é levado aos painéis por tubulações e o vapor saturado é responsável por cozinhar os alimentos, e ao ceder energia, diminui sua temperatura passando para o estado de água líquida a 100°C. Esta água líquida possui duas demandas dentro do processo do R.U: é utilizada como esterilizante de talheres, pratos e canalizada para os balcões térmicos com o objetivo de manter aquecidos os alimentos oferecidos aos consumidores. Além da demanda de calor, há uma demanda de frio proveniente das câmaras frigoríficas onde são armazenados alimentos que precisam ser refrigerados, chegando a temperaturas negativas em alguns casos. Vale ressaltar que esta demanda de frio não tem relação com o processo de geração de vapor e ela é suprida através do uso de energia elétrica.

3. METODOLOGIA

Os sistemas de cogeração são aqueles em que se faz, concomitantemente, e de forma sequenciada, a geração de energia eletromecânica e energia térmica (calor de processo e/ou frio), a partir de um combustível. Como exemplos de combustíveis têm-se, os derivados de petróleo, o gás natural, o carvão ou a biomassa (Lora e Nascimento, 2004). Essa produção combinada de energia eletromecânica e energia térmica pode resultar no benefício econômico, devido a maior eficiência no uso do combustível, quando comparada com a produção realizada separadamente, destas duas formas de energia, e também em benefícios ambientais como a redução de emissões de poluentes decorrentes da queima de combustíveis. Em sistemas de cogeração, entre diversas utilidades possíveis para a utilização da energia térmica, está presente a oportunidade de utilizá-la também com a finalidade de produzir frio (água gelada) em sistemas de refrigeração por absorção. Quando há produção combinada de energia elétrica (potência), energia térmica e arrefecimento, o sistema denomina-se Trigereração.

Sistemas de cogeração são sistemas integrados que, a partir de uma única entrada de combustível, produzem dois produtos valiosos simultaneamente, eletricidade e vapor (ou água quente), conseguindo assim redução de custos. Os sistemas de cogeração possuem inúmeras aplicações industriais e comerciais. O aquecimento urbano é uma delas (Moran *et al.*, 2013). Em geral, a cogeração é a produção de mais de uma forma de energia útil (como calor de processo e energia elétrica) utilizando uma mesma fonte de energia (Çengel e Boles, 2013).

Nos casos onde há cogeração, existem diferentes maneiras de se contabilizar a energia térmica que é aproveitada pelo processo industrial, por isso existem diversas definições de eficiência. São apresentadas três destas definições, a energética ($Ef_{energética}$), a purpa (Ef_{purpa}) e por fim a exergética ($Ef_{exergética}$). Basicamente o cálculo da eficiência purpa considera a energia térmica consumida pelo processo uma forma menos nobre de energia em comparação com a elétrica. Segundo o conceito de eficiência purpa, se esse calor fosse convertido em energia elétrica, a eficiência máxima seria de 50%, por isso a parcela de calor é multiplicada por fator de 0,5. Na eficiência energética (entálpica) somente adiciona-se o calor útil do processo no numerador não fazendo distinção da capacidade de realização de trabalho do calor e da energia elétrica. As formulações da eficiência energética e purpa são apresentadas respectivamente nas Eq. (1) e Eq. (2). Onde P_{el} , Q_{comb} e $Q_{útil}$ correspondem à potência elétrica líquida, calor liberado pelo combustível e o calor utilizado no processo industrial.

$$Ef_{energética}(\%) = \left(\frac{P_{el} + Q_{útil}}{Q_{comb}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

$$Ef_{purpa}(\%) = \left(\frac{P_{el} + \frac{Q_{útil}}{2}}{Q_{comb}} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

A eficiência exergética é dada pela relação da soma da potência elétrica e energia térmica útil na base exergética ($Q_{\text{útil}}^e$), que leva em consideração a máxima capacidade que essa energia teria em produzir potência, com a exergia do combustível (Q_{comb}), apresentada na Eq. (3).

$$Ef_{\text{exergética}}(\%) = \left(\frac{P_{el} + Q_{\text{útil}}^e}{Q_{\text{comb}}^e} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

A economia relativa de combustível (ERC), Eq. 4, é um índice de desempenho usado na cogeração que quantifica (em %) a vantagem energética do uso desta tecnologia na produção combinada de calor útil e potência elétrica, ao invés de gerar eletricidade em uma central termelétrica e o calor (vapor) numa caldeira ou gerador de vapor de modo separado. (El-Nashar, 2001).

$$ERC = 100 - \left(\frac{P_{el} + Q_u^h}{\eta_{CC}^h \left(\frac{P_{el} + P_{elut}}{\eta_{CTE}} + \frac{Q_u^h}{\eta_{GV}^h} \right)} \right) \quad (4)$$

Sendo assim, na Eq. 4, os termos Q_u^h , P_{elut} , η_{CTE} , η_{GV}^h , η_{CC}^h representam calor útil, parcela de eletricidade consumida, rendimento da central termelétrica, rendimento do gerador de vapor e rendimento da cogeração.

4. SIMULAÇÃO

A ideia inicial para começar a simulação foi à elaboração de uma caldeira que proporciona o estado de saída desejado para o vapor saturado, ou seja, 8 bar a 170,4°C e 1,5t/h. O estudo foi feito com base na capacidade nominal da caldeira existente no R.U. Escolheram-se na biblioteca do Thermoflex® acionadores que tivessem a menor potência elétrica possível, mas que fossem capazes através de trocadores de calor de elevar a água até o patamar de pressão e temperatura desejável. Lembrando que o preço do acionador está ligado à sua capacidade de produção de potência elétrica. Assim, duas propostas de acionadores para a implantação de um sistema de cogeração da planta do R.U são apresentadas: (i) motor de combustão interna (MCI) e (ii) a turbina a gás (TG). Um maior detalhamento destas simulações pode ser encontrado em Santos, Del Piero (2012).

4.1. Motor de Combustão Interna (MCI)

Na primeira proposta adotou-se o motor de combustão interna e a Fig. 1 apresenta o layout (fornecido pelo software Thermoflex) inicial. O modelo que atendeu as exigências foi o Cummins CPG QSV91/C, representado pelo número 8 na Fig.1. Algumas informações técnicas do modelo seguem na Tab.1

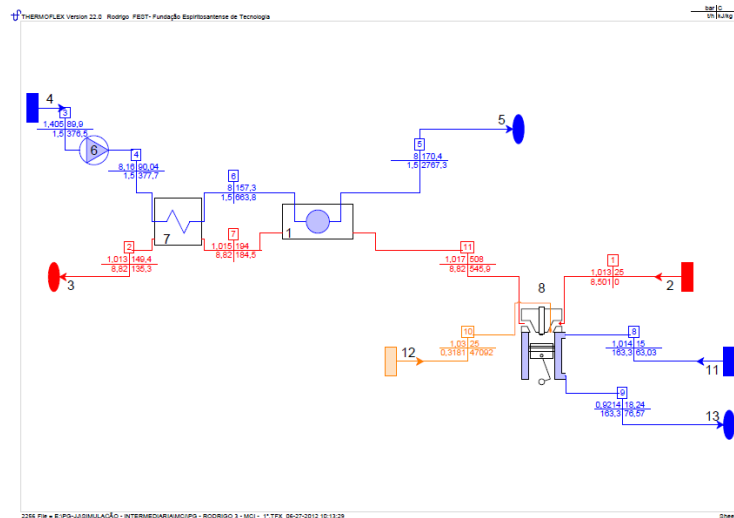
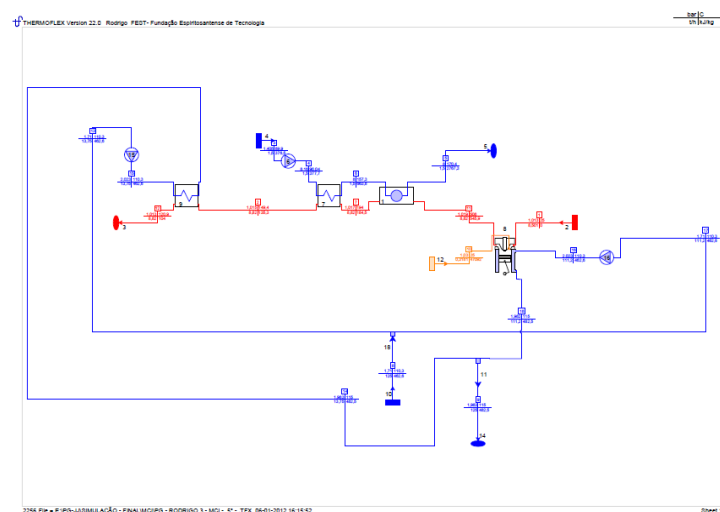


Figura 1. Layout inicial com MCI.

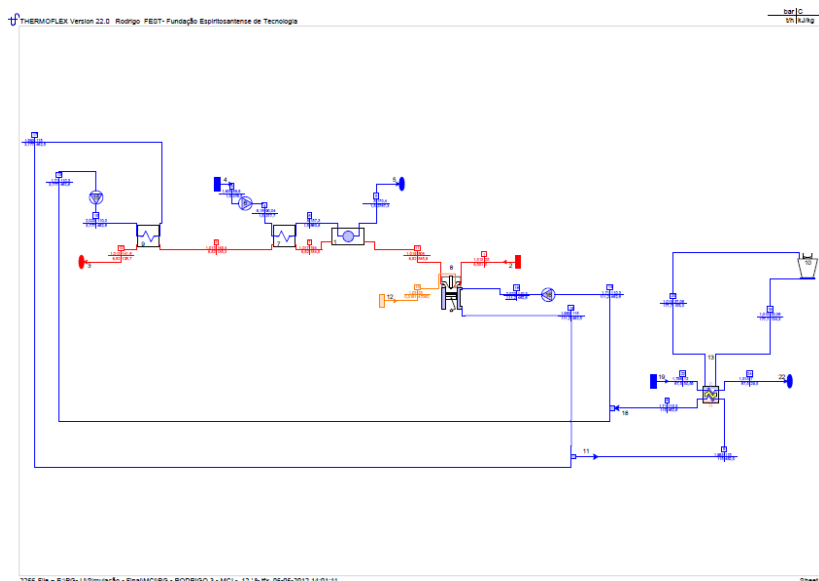
Tabela 1. Informações do modelo CUM – CPGQSV91/C disponíveis no software

Rotação	1500 RPM
Temperatura de saída do motor	508°C
Potência de saída	1540 kW
Rendimento elétrico	37,00%
Vazão dos gases de exaustão	8,82t/h

Os gases de exaustão que são representados pela corrente de linha vermelha, número 3 na Fig. 1, apresentam potencial energético para mais uma troca de calor, o que leva a uma adição de um trocador de calor. A Fig. 2 ilustra a planta com o acréscimo deste novo aparelho (número 9), além de apresentar o layout da cogeração, pois têm-se a produção da energia elétrica e de calor combinadas. A energia elétrica oriunda diretamente do acionador e o calor proveniente da água quente e do vapor saturado. A água quente procedente do MCI e do trocador de baixa pressão foram agrupadas, na saída 14, com a ideia de serem utilizadas em um chiller por absorção.

**Figura 2. Layout da Cogeração com MCI.**

A da adição de um chiller de absorção para que esta água quente possa ser utilizada pode ser constatada na Fig. 3. O layout agora passa a apresentar a tecnologia de Trigeração, pois possui de forma agregada a produção de calor (agora apenas o produto da caldeira, vapor saturado), de potência elétrica e produção de água gelada (produto do chiller representado pelo ponto 24). Para que o ciclo de refrigeração esteja completo há a necessidade de uma torre de resfriamento, cuja função é reduzir a temperatura da água de resfriamento, incorporando-a, novamente, ao circuito (Lora e Nascimento, 2004).

**Figura 3. Layout da Trigeração com MCI.**

Na situação atual de funcionamento do R.U, por volta das 11 horas não há a necessidade de uso do vapor, pois os alimentos já foram cozidos bem como os talheres esterilizados. Assim, existe a possibilidade de aproveitar o vapor saturado gerado para mais uma geração de frio. A partir desse raciocínio colocou-se o segundo chiller. A Fig. 4 mostra o layout completo desta planta.

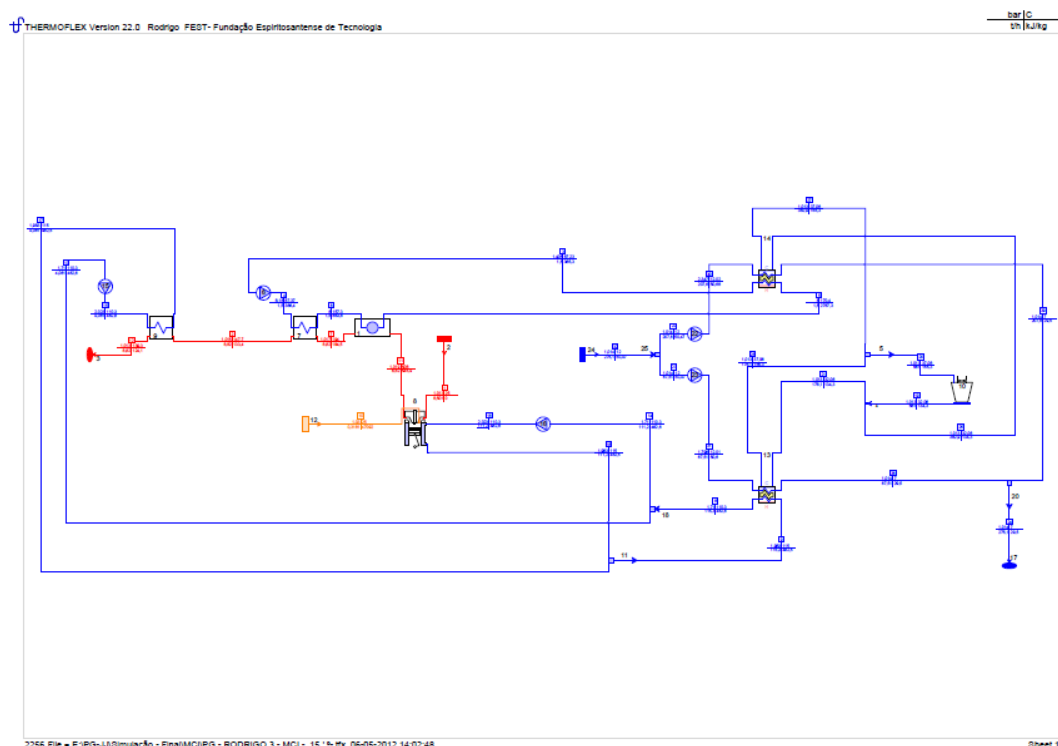


Figura 4. Aproveitamento de vapor num Chiller na planta com MCI.

É importante destacar que tanto a entrada de água do sistema como a saída são únicas, ou seja, são abastecidas pela mesma fonte sendo dividida em seguida para os dois chillers. De forma similar temos uma única saída, pois após as trocas de calor nos chillers, as correntes de águas são agrupadas. Nota-se também que só foi utilizada uma torre de resfriamento, pois as correntes de águas que necessitam ser resfriadas se juntam formando a única entrada.

4.2. Turbina a Gás (TG)

Nesta proposta foi adotada como acionador primário a Turbina a Gás. De forma análoga partiu-se do princípio de escolher a turbina a gás de menor capacidade que satisfizesse a mesma condição de saída. O modelo que supriu esta necessidade foi o P + W ST6L-721. Na Tab. 2 seguem as informações técnicas do modelo.

Tabela 2. Informações do modelo P+W DT6L-721 disponíveis no software

Rotação	33000 RPM
Razão de pressão	6,9
Temperatura de entrada na turbina	888°C
Temperatura de saída da turbina	513°C
Potência de saída	486 kW
Rendimento elétrico	22,20%

Na planta de cogeração com a utilização da turbina a gás como acionador primário não existe água quente proveniente do acionador, diferentemente do MCI. Nesta simulação, também ocorreu a inserção de um chiller para aproveitamento da água quente. Vale enfatizar que a fonte de calor para o chiller, nesta proposta, é apenas aquela oriunda do trocador de calor de baixa pressão. Novamente a torre de resfriamento é posta para que o circuito de resfriamento possa estar completo. Para finalizar as simulações com a turbina gás e garantir a paridade térmica em todos os tipos de plantas simuladas, colocou-se o segundo chiller com o mesmo propósito da planta com o MCI. Novamente tanto as saídas e as entradas do circuito como a da torre de resfriamento foram unidas. Na Fig.5 mostra-se a planta completa para o momento em que se pode utilizar o vapor saturado para a produção de água gelada.

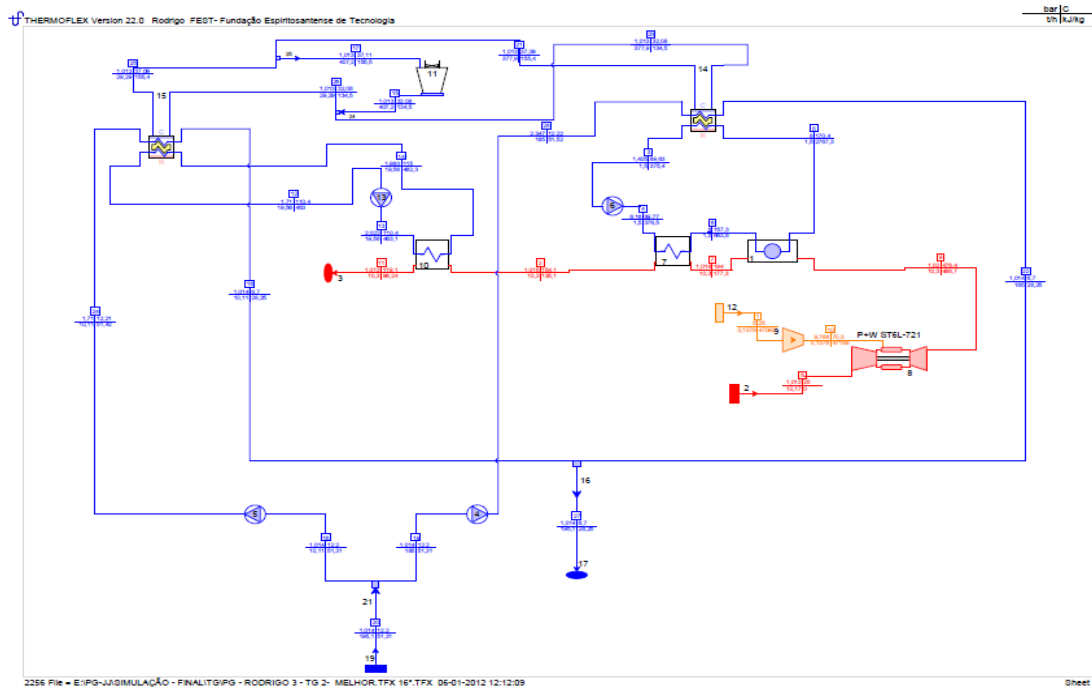


Figura 5. Aproveitamento de vapor num Chiller na planta com TG.

5. RESULTADOS

A análise de resultado desse trabalho visa uma apresentação dos valores encontrados com indicadores de performances, além de um comparativo entre os dois tipos acionadores primários trabalhados: Motor de Combustão Interna e Turbina a Gás. São apresentados os gráficos de potências em base energética e exergética, eficiências, relação potência/calor e economia relativa de combustível para a planta de cogeração. Para a de trigeração há uma análise relacionado/comparando potência líquida com produção de água gelada. Já para o aproveitamento de calor num chiller estudou-se a sua capacidade.

5.1. Cogeração

5.1.1. MCI

A potência líquida das plantas instaladas é a potência total gerada pelo sistema descontando parte da potência que foi usada para o acionamento de elementos auxiliares presentes no ciclo, tais como bombas. Na Fig. 6a pode-se observar o valor das capacidades para os indicadores: potência elétrica líquida 1521,9 kW, água quente 690,97 kW e vapor 996,17 kW, para a planta MCI. Já para a capacidade em base exergética na mesma planta tem-se o gráfico da Fig. 6b. Nota-se que há uma redução de 517,359 kW e 679,35 kW nas capacidades da água quente e vapor, respectivamente. Vale ressaltar que tal diferença se deve ao motivo de que em base exergética considera-se apenas o real potencial de se realizar trabalho.

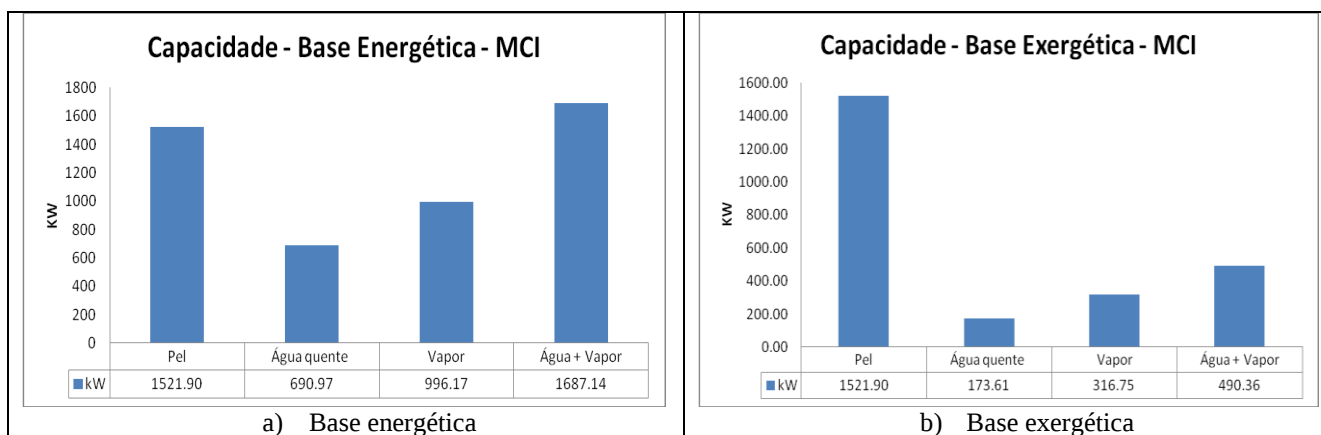


Figura 6. Capacidade da planta MCI

No gráfico da Fig.7 observa-se o valor das eficiências entálpica, purpa e exergetica. Valores coerentes na medida em que a eficiência purpa valoriza o calor útil pela metade da sua entalpia e a exergetica é calculada considerando o calor útil pelo seu potencial de realizar trabalho.

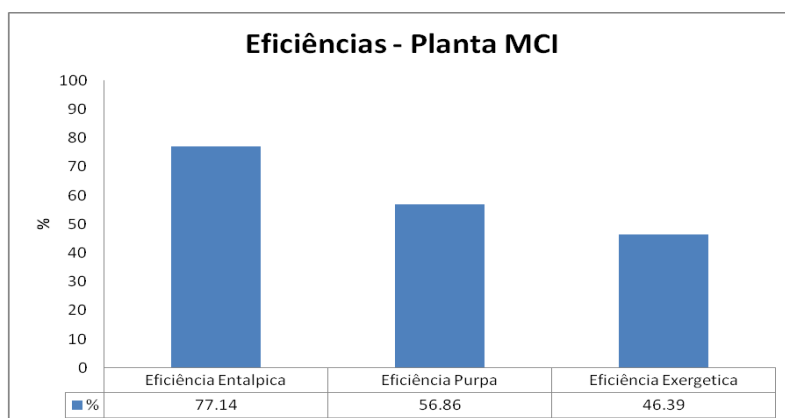


Figura 7. Eficiências – Planta MCI

4.1.2 TG

A Fig. 8 apresenta a capacidade em base energética e exergetica referentes ao modelo simulado com turbina a gás.

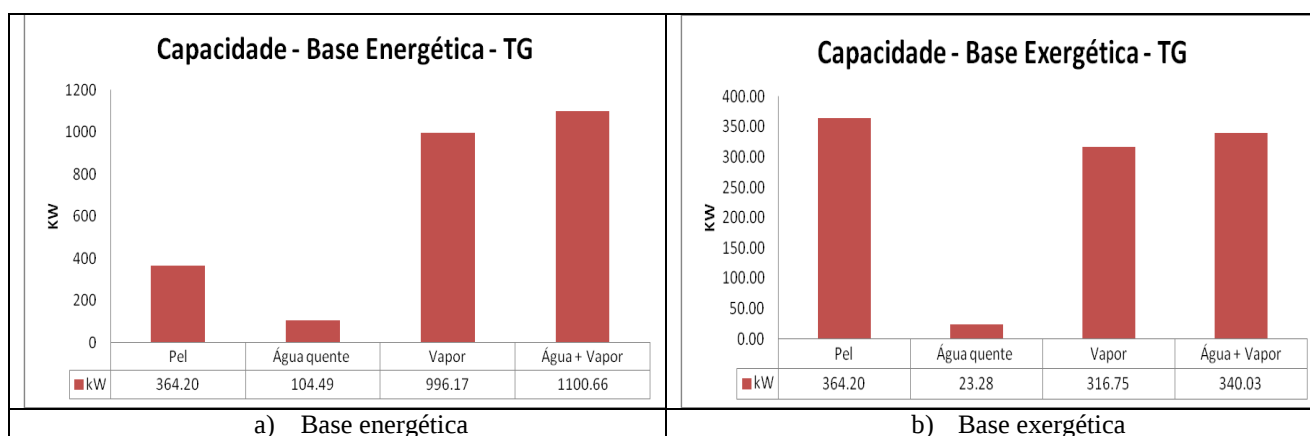


Figura 8. Capacidade da planta TG

Para a planta tendo a turbina a gás como acionador, obtiveram-se valores da eficiência energética, da eficiência purpa e da eficiência exergetica e esses dados são apresentados no gráfico da Fig. 9.

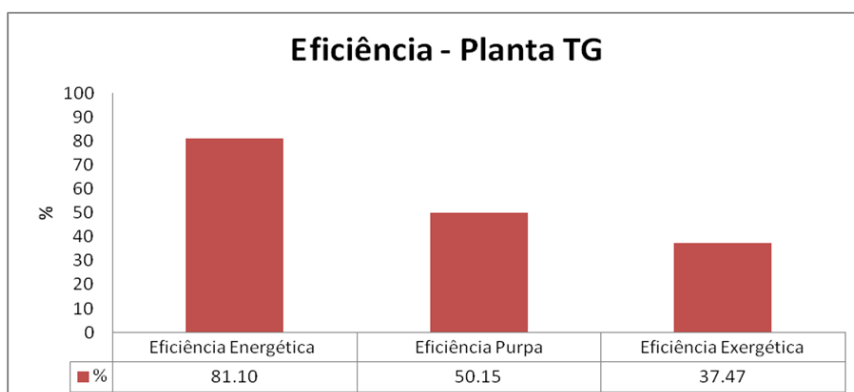


Figura 9. Eficiências – Planta TG.

4.1.3 Comparações: MCI vs. TG

O gráfico da Fig. 10 mostra uma comparação entre os acionadores primários. Nota-se que o MCI proporciona uma produção de potência líquida maior, cerca de 1157,70 KW. Em relação à água quente, como já era de se esperar, a capacidade do MCI mostrou-se superior, à medida que se usa a água de resfriamento do motor. O dado de saída da planta do R.U é a demanda de vapor, logo independente da fonte geradora o valor deverá ser igual.

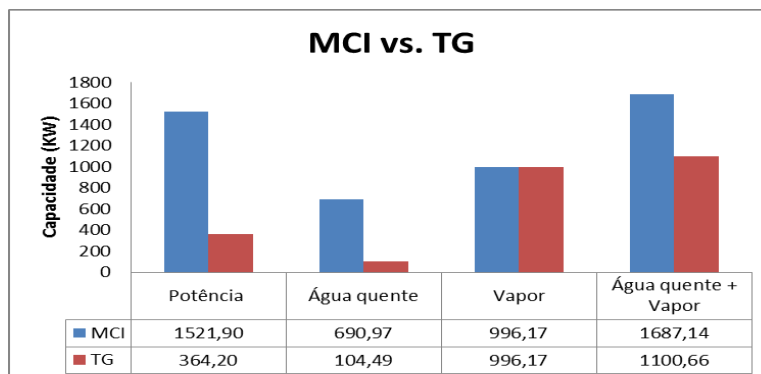


Figura 10. Capacidade base energética MCI Vs. TG.

Confrontados as plantas, em relação à fração potência elétrica líquida/calor útil, (Fig. 11), constata-se um índice maior relacionado ao MCI. Um dos motivos na diferença dos indicadores se dá pela maior produção de potência da planta com MCI. Outra evidência que influencia neste resultado é o fato que a TG consegue uma produção de calor elevada quando se compara a sua potência produzida.

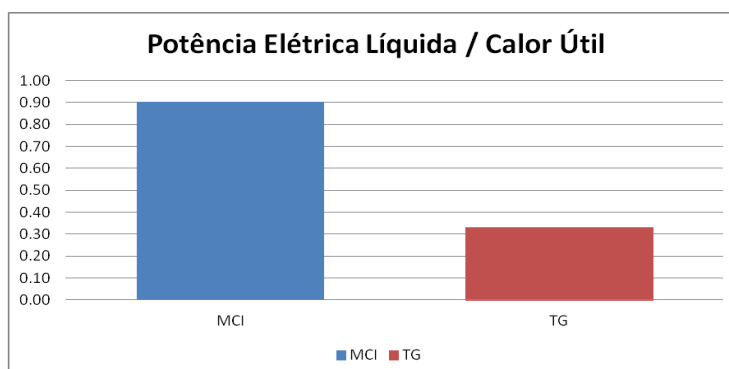


Figura 11. Potência elétrica líquida / calor útil

A economia relativa de combustível não é um indicador para comparar as performances de plantas com tecnologias de cogeração diferentes, mas mostra a vantagem energética da cogeração para cada tecnologia, Santos (2005). O gráfico da Fig. 12 vem evidenciar tal vantagem energética.

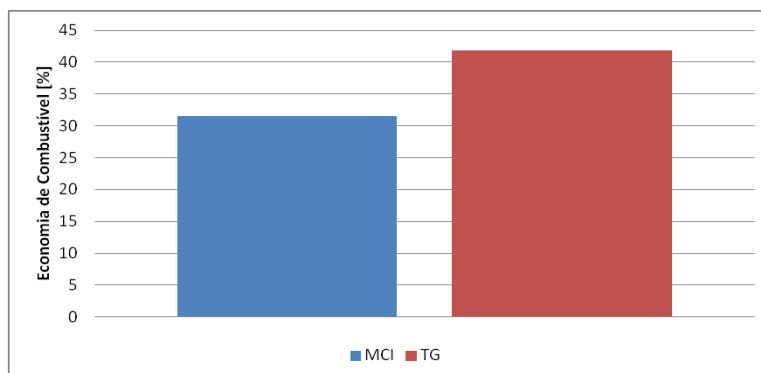


Figura 12. Economia de combustível

Já no gráfico da Fig.13 observa-se que a planta com maior eficiência entálpica, teve menor eficiência exergética. Outro fato importante que deve ser ressaltado é a maior eficiência entálpica da planta com turbina a gás, tal ocorrência é justificada pelo pouco consumo de combustível dessa planta.

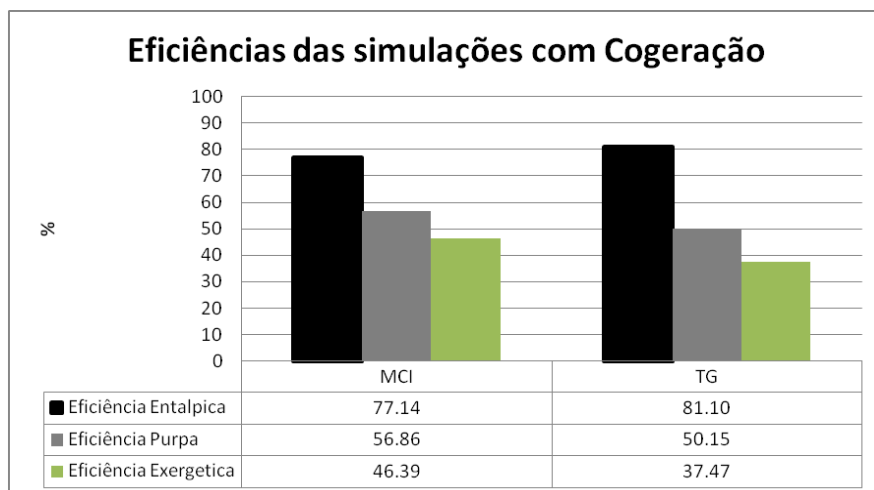


Figura 13. Eficiência das simulações com Cogeração

5.2. TRIGERAÇÃO

Nesta parte do projeto há uma visualização da tecnologia de trigeração à medida que teremos três produtos finais (potência elétrica, vapor e água gelada). Como existe um ganho de produto, água gelada, pela introdução de um chiller a absorção na planta, os gráficos adiantes mensuram tal produto comparando-o com a capacidade em base entálpica da potência elétrica líquida e vapor.

4.2.1 MCI

Na Fig. 14a pode-se observar o valor de 1512 kW para a potência elétrica líquida. De forma minuciosa percebe-se que há uma queda em 9,9 kW da Cogeração para Trigeração. Aceitável, visto que a adição do chiller gera um aumento no consumo elétrico. Nota-se também que o volume de água gelada tem a potencialidade de geração de 112 toneladas de refrigeração. De forma similar para a turbina a gás ocorre uma perda de 12,2 kW de potência elétrica. Nesta planta há um potencial de geração de água gelada de 18 TR. Tais dados são mostrados na Fig. 14b.

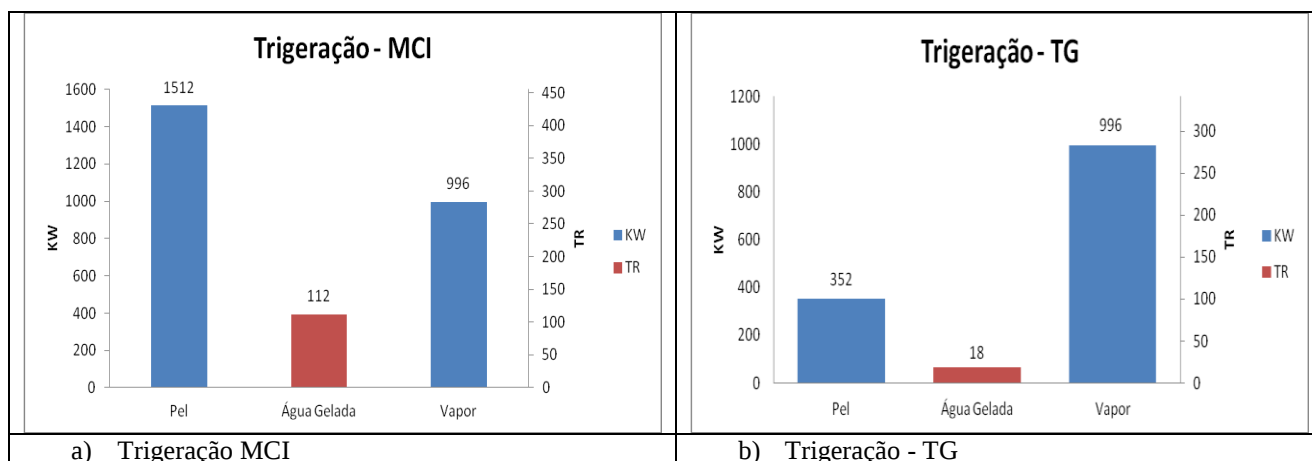


Figura 14. Trigeração

Na ultima parte da simulação acrescentou-se mais um chiller para aproveitar o vapor gerado no período em que não há utilização de tal produto. Vale ressaltar que são dois chiller diferentes, pois um trabalha com água quente e o outro com vapor saturado. Observa-se neste caso que há uma maior redução de potência elétrica, justificado pelo acréscimo de mais um chiller. Por outro lado, existe um ganho na produção de água gelada, proveniente do mesmo. No gráfico da Fig. 15 nota-se que a potência elétrica (P_{el}) assume o valor de 1474 kW e a água gelada de 1805 TR. Similar

ao motor de combustão interna a potência elétrica da turbina a gás diminui, atingindo agora um valor de 318 kW enquanto a água gelada chega ao valor de 1280 TR (Fig. 15). Percebemos com auxílio do gráfico da Fig. 15 que mesmo com a utilização do vapor a planta relacionada ao MCI continua gerando uma quantidade de água gelada superior a aquela gerada pela TG. Outra observação importante é que para essa situação há um ganho em 1693 TR e 1262 TR, para a planta MCI e TG, respectivamente. Em detrimento de uma perda de potência elétrica líquida de 38 kW para a planta MCI e 34 kW para TG.

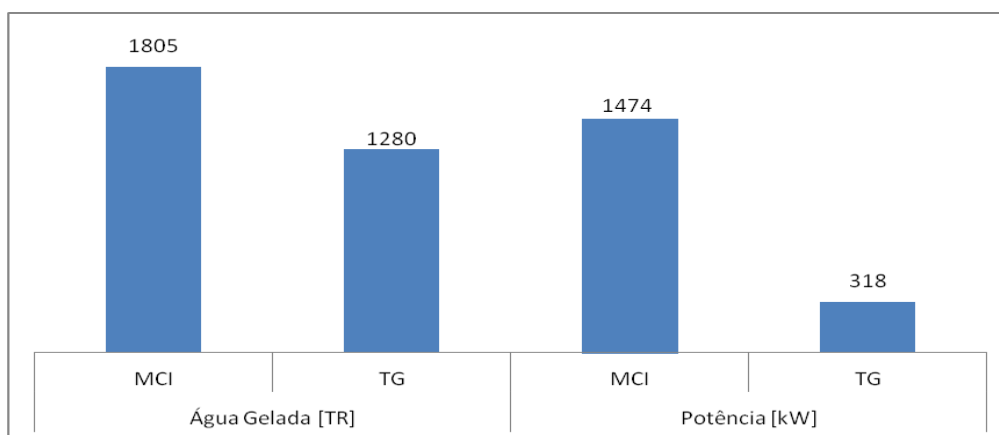


Figura 15. Aproveitamento de vapor e potência – MCI Vs. TG.

O propósito de implantação de cogeração visando uma melhoria da eficiência energética da planta do R.U foi alcançado, uma vez que tanto com o uso do MCI ou TG seria mantida a produção de vapor que atenderia a demanda atual de calor útil do R.U, com a vantagem de agora ter a produção de potência eletromecânica e água gelada utilizada na refrigeração através do uso de chillers por absorção.

Em relação à comparação dos tipos de acionadores, entre MCI e TG, os resultados salientam que o MCI seria mais indicado por possuir maior eficiência exergética, aliado ao fato de produzir maior potência elétrica (vantagem considerável pensando-se na hipótese desta energia elétrica gerada ter um destino planejado dentro da universidade, seja alimentando o próprio sistema de refrigeração que usa compressores para esta finalidade, ou utilizando em outro processo e ainda podendo ser vendido para a concessionária) e maior quantidade de água gelada, considerando o mesmo parâmetro de saída (8 bar a 170,4 °C e 1,5 kg/s), para os dois tipos de acionadores estudados. A TG possui uma vantagem a ser considerada que é uma maior economia relativa de combustível.

Como se percebe, há vantagens energéticas para o uso de ambos os tipos de acionadores, porém foi comprovado que o MCI é termodinamicamente superior a TG (para as condições apresentadas), desde que suas vantagens energéticas fossem devidamente aproveitadas.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Instituto federal do Espírito Santo e a Enzo Pignaton Del Piero.

7. REFERÊNCIAS

- Lora, E.E.S.; Nascimento, M.A.R. do. Geração termelétrica: Planejamento, Projeto e Operação. Volume 1. Rio de Janeiro. Editora Interciência, 2004.
- Catálogo Arauterm. ARAUTERM caldeiras de vapor saturado. Disponível em: http://www.arauterm.com/pdf/cvs_hp.pdf, Acesso em 10 de março. de 2016.
- Lora, E.E.S.; Nascimento, M.A.R. do. Geração termelétrica: Planejamento, Projeto e Operação. Volume 2. Rio de Janeiro. Editora Interciência, 2004.
- Çengel, Y. A., Boles, M. A., 2013. Termodinâmica. 7ª Edição, McGrawHill.
- J., Moran, M., Shapiro, N., Boettner, D., Bailey, B.. Princípios de Termodinâmica para Engenharia, 7ª edição. LTC, 05/2013.
- Santos, R.G; Del Piero, E.P. Avaliação termodinâmica de um sistema de poligeração para a carga térmica do R.U. Trabalho De Conclusão De Curso. Universidade Federal Do Espírito Santo. Vitória, 2012.
- Santos, J.J.C.S Avaliação Exergoeconômica das Tecnologias para a Produção Combinada de Eletricidade e Água Dessalinizada. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2005.

8. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho

THERMODYNAMIC EVALUATION OF THE POLYGENERATION SYSTEM FOR THE THERMAL LOAD OF RESTAURANT UNIVERSITY OF UFES

Abstract.

The growing demand for energy in the industrial sector gives rise to the need to develop research related to the best use of existing energy sources, aiming at improving production, energy supply and minimizing plant production costs of power generation. To that end, this paper aims at simulating the application of cogeneration and trigeneration in the University Restaurant (UR) of the Federal University of Espirito Santo (UFES). In order to achieve an improvement in energy efficiency of the present plant, which has a flame tube boiler, the replacement is suggested of this boiler by an internal combustion engine (ICE) or a gas turbine (GT), and to compare the systems cogeneration and verify the thermodynamic feasibility of these processes to meet the thermal demand of the UR. The software Thermoflex® was used to simulate these changes and get the thermodynamic results. In the Software Library were chosen, actuators of lower electrical power, which were able to satisfy the final state. The subsequent steps were performed based on the energy capacity that the exhaust gases had after heat exchange in the heat recovery boiler. In the original design of the plant, other configurations for the use of heat have been tested for the purpose of generation of cold. With the analysis of the results was noted that CHP deployment led to an improvement in energy efficiency of the UR plant, since both using the ICE or GT would be maintained steam production that would meet the useful heat demand of UR, with the advantage that now have the electromechanical power production and chilled water used for cooling through the use of absorption chillers. Regarding the comparison of the types of actuators, between ICE and GT, the results indicated that ICE has a higher exergetic efficiency (46.39% against 37.47% of the GT), in addition to producing 1157.7 kW more power electric (considerable advantage if thinking on the assumption of this electricity generated have a planned destination within the university, is feeding the cooling system itself which uses compressors for this purpose, or using another process and still may be sold to the utility), larger quantity of cold water (112 TR 18 TR) and a higher ratio of liquid electric power / heat (0.9 to 0.33), considering the same output parameter for the two types of actuators studied. GT has an advantage that have to be considered that is a fuel economy (42% versus 33% of MCI). There are energetic advantages to the use of both types of actuators, but it was proven that the ICE is thermodynamically more than GT, for this case, since its energy advantages is properly harnessed.

Keywords: Energy matrices, cogeneration, trigeneration, internal combustion engine, gas turbine.