

A UTILIZAÇÃO DE MICROTURBINA A GÁS NATURAL COMO COGERAÇÃO

Gervásio Saraiva Lara, Amâncio R. da Silva Junior, Wellington Rocha Araújo, Saulo Gomes Moreira, Rafael Nishimura, Rafael D. Torres, Rodrigo C. Minari

*Laboratório de Eficiência Energética, Departamento de Engenharia Elétrica,
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS
Campus Universitário, Caixa Postal 549, CEP 79.070-900 – Campo Grande-MS
eficiencia@del.ufms.br*

Abstract: The Hospital (HU) of the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS), located in Campo Grande, bought a microturbine of 100 kW of electrical generation, including a 587.000BTU_h unity of termical production, with the purpose of optimizing the generation of electrical energy, operating in “Stand alone” or in paralel with the State Enterprise of Electrical Energy, so as to supply loads and produce heat for the laundry and the kitchen. We present herein a proposal of a cogeneration system, with the use of natural gas microturbine, aiming at the optimization of primary energy use in a study case in this Hospital. The “Requirement Revenues” method is utilized with the objective of evaluating the efficient use of natural gas. *Copyright © 2007 CBEE/ABEE*

Keywords: Energy Efficiency, Cogeneration, Requirement Revenue.

Resumo: O Hospital Univeristário da UFMS adquiriu uma microturbina de 100kW de geração elétrica, dotada de uma unidade de produção de calor de 587.000BTU_h (172kW), com a finalidade de geração de energia elétrica, operando em “Stand Alone” ou em paralelo com a concessionária, para suprir cargas e produzir calor para as necessidades da lavanderia e da cozinha. Apresenta-se uma proposta de sistema de cogeração, com o uso de microturbina a gás natural, visando otimizar a utilização da energia primária em um estudo de caso nesse Hospital, utilizando o método de Receitas Requeridas para avaliar o uso eficiente do gás natural.

Palavras Chaves: Eficiência Energética, Cogeração, Receitas Requeridas.

1 INTRODUÇÃO

O Hospital da UFMS tem atendido a população local e regional dando suporte aos cursos de medicina.

O aumento do custo da energia elétrica no Brasil e a procura de fontes de energia renováveis e de baixa emissão de poluentes propiciaram o uso de outras fontes de energia antes consideradas inviáveis, entre as quais o gás natural. A utilização de microturbinas movidas a gás natural é uma alternativa que se apresenta como fonte de suprimento para cargas de pequeno porte. O desenvolvimento da tecnologia das microturbinas, aliado ao fácil acesso do uso ao gás natural nas regiões servidas pelo gasoduto Bolívia-Brasil, possibilita a utilização de tais dispositivos em sistemas de geração distribuída.

Nessa perspectiva, os principais objetivos a serem alcançados para a obtenção de uma melhor eficiência da energia elétrica consumida no Hospital Universitário (HU), com a cogeração através da utilização de microturbina a gás natural, são:

- 1) Avaliar alternativas técnico-econômicas de cogeração possíveis, com a utilização da microturbina a gás natural instalada no HU.
- 2) Propor soluções para otimizar a utilização da microturbina a gás natural na produção de energia elétrica e térmica, reduzindo emissões poluentes da caldeira a óleo existente.

As figuras 1 e 2 apresentam a forma de interligação da Microturbina no Hospital Universitário (HU/UFMS).

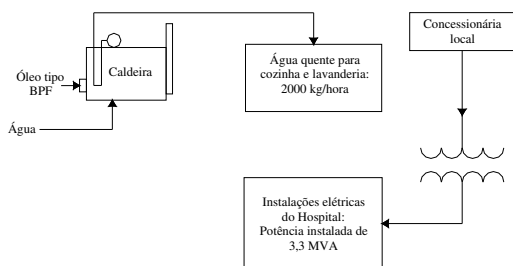


Figura 1: Sistema Atual (Caldeira + Energia Elétrica da Concessionária).

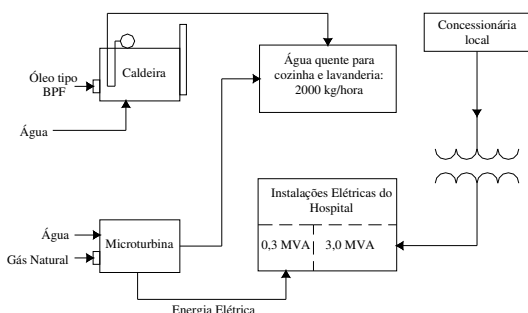


Figura 2 – Interligação da microturbina a gás natural de 100kW.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DO MÉTODO DAS RECEITAS REQUERIDAS

O *Electric Power Research Institute* (EPRI), entre outros trabalhos que constam de seu acervo, tem o Relatório *TR-100281*, que apresenta métodos para avaliar a viabilidade técnico-econômica de investimentos de capital em sistemas térmicos de geração de energia elétrica.

Independente de ser da iniciativa privada ou de órgão público, o investidor em projetos de cogeração de energia elétrica tem a necessidade de realizar análises técnicas e econômicas antes de realizar o investimento.

Em análise econômica, o retorno do capital investido varia de acordo com as taxas de juros do mercado e também com o tipo de tecnologia utilizada para a geração de energia elétrica.

O método da *Receitas Requeridas* foi utilizado para avaliação técnico-econômica de uso da cogeração em um hospital universitário. Este método contabiliza todos os custos dos serviços de geração de energia elétrica, tais como:

- Combustível;
- Despesas de operação e manutenção;
- Depreciação;
- Impostos
- Juros

• Renda líquida

Projeta-se esses custos ao longo da vida útil (considerada igual à vida contábil) do investimento, utilizando regras clássicas de contabilidade.

O processo de nivelção de valores (*levelization*) é uma técnica que consiste, para facilidade de análise, em tomar uma série de valores irregulares de despesas anuais, por motivos de aumentos reais ou de inflação, convertê-los em uma soma (valor presente), no início do período estudado, e redistribuí-los de forma uniforme ao longo dos anos. Um pagamento equivalente anual submetido ao processo de nivelção, como gastos com combustível em uma planta de cogeração, por exemplo, forma uma base para comparação entre alternativas de um determinado investimento.

3 ANÁLISE DO PROBLEMA E RESULTADOS

A utilização do método de *Receitas Requeridas* é adequada para a implantação programas de conservação de energia por meio da cogeração e a análise que se faz, neste estudo, incide sobre a utilização da microturbina a gás natural de 100kW da Elliott em cogeração de 587.000BTU/h, com uma velocidade nominal de 68.000 rpm e um consumo nominal de 39 Nm³/h.. A geração de energia elétrica atenderá parcialmente à subestação da Maternidade do Hospital Universitário (HU) da Universidade de Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), e a energia térmica gerada, de 587.000BTU/h (172kW), será injetada no sistema de aquecimento do Hospital (lavanderia, nutrição, aquecimento e esterilização).

Foram analisadas duas condições no funcionamento da microturbina:

- i) de forma contínua, isto é, 24 horas por dia;
- ii) somente no horário da ponta (das 17h:30min. às 20h:30min.).

A Tabela 1 apresenta os consumos de gás natural para a microturbina Elliott TA-100RGCHP instalada no HU, para as duas simulações realizadas.

Tabela 1 – Consumo de gás natural da Microturbina Elliott TA 100RGCHP.

Condição de operação	Consumo diário de gás Nm ³ /h	Consumo mensal de gás Nm ³ /h
Contínua	850	25.500
Horário da ponta	117	2.574

São as seguintes premissas e características principais consideradas neste trabalho:

- utilização do método das Receitas Requeridas e comparação entre alternativas por meio do valor do MWh em reais, submetido ao processo de nivelção;

- obtenção, inicialmente quanto ao sistema atual (caldeira + energia elétrica da concessionária), do valor que foi desembolsado, em 2004, pelo HU/UFMS, submetido ao processo de nivelção: MWh equivalente ao combustível utilizado nas caldeiras existentes + MWh da energia elétrica pago à concessionária;

- obtenção, numa segunda etapa, do valor do MWh para propostas alternativas de operação da microturbina, em complementação ao sistema atual (caldeira + energia elétrica da concessionária), sendo que a tecnologia a ser empregada na nova geração atenderá parcialmente às demandas por energia elétrica e energia térmica (utilizada na cozinha e na lavanderia).

3.1 Premissas

O trabalho visa analisar a influência da variação do preço do gás natural (GN) considerando o Método das Receitas Requeridas e para tanto se adotou que os índices tanto na literatura internacional quanto na situação específica do Brasil.

1) Para a vida contábil da nova tecnologia a ser implantada (microturbina a gás natural), bem como para sua depreciação, será considerado o período de 30 anos.

2) Para os indicadores financeiros, serão levados em conta, ao longo da vida contábil: uma inflação de 5% ao ano; um aumento real de custos dos combustíveis envolvidos de 1,6% ao ano, além da inflação; uma taxa de desconto, antes do imposto, de 11,5%; uma taxa de desconto, depois do imposto, de 9,8%; e os impostos em 38 %.

O fator de capacidade, por sua vez, foi considerado igual a 90 %, em função das características de funcionamento da maternidade do Hospital

Os valores nominais de eficiência da tecnologia utilizada (microturbina Elliott TA 100RGCHP) indicados nos manuais técnicos chegam a 27%, para a geração de energia elétrica, e a 74,5%, para cogeração (geração de energia elétrica e térmica) nas condições ISO.

O custo unitário da microturbina foi considerado igual a R\$ 2.500/kW.

O custo total da planta (CTP) chegou a R\$ 400.000,00, incluindo despesas com infraestrutura. Estimaram-se o prazo de construção em 1 ano e as despesas da instituição em R\$ 8.000,00 (2% do CTP), o que corresponde aos gastos com terras, inventário e partida da planta por unidade.

3.2 Balanço Energético do HU

A tabela 2 apresenta os valores para o Balanço Energético do HU/UFMS nas alternativas estudadas, tendo como referência o ano de 2004.

Tabela 2: Balanço energético do HU/UFMS.

		Operação Atual	Operação contínua	Operação na ponta
Ponta	Demanda (kW)	550	450	450
	Consumo (MWh)	275	203	203
Fora de Ponta	Demanda (kW)	1.000	900	1.000
	Consumo (MWh)	2.930	2.224	2.930
Anual	Consumo (MWh)	3.205	2.427	3.133
Custo	Total (R\$)	894.513,00	716.621,16	825.494,63
	(R\$/MWh)	279,10	295,24	263,43
	Consumo Mensal de Óleo BPF 2A (kg)	22.500	11.040	21.300
	Equivalência Elétrica Mensal (MWh)	216	106	205
	Equivalência Elétrica Anual (MWh)	2.594	1.272	2.457
	Custo do Óleo BPF 2A (R\$/kg)	1,48	1,48	1,48
	Gasto Anual com Óleo BPF 2A (R\$)	399.600,00	196.100,00	378.288,00
	Custo de Energia Térmica (R\$/MWh)	154,02	154,02	154,02
	Consumo Mensal de Gás Natural (Nm ³)	-	25.500	2.574
	Geração Mensal (MWh)	-	65	6
	Geração Anual (MWh)	-	780	71
	Demanda (kW)	-	100	100
	Equivalência Térmica Mensal (MWh)	-	110	11
	Equivalência Térmica Anual (MWh)	-	1.322	135
	Gasto Anual com Gás Natural (R\$)	-	366.949,44	47.490,30
	Custo de Energia de Cogeração (R\$/MWh)	-	174,74	227,23
	Cogeração Anual (MWh)	-	2.100	209

3.3 Cálculo do Valor do MWh (Total) das Simulações

Para efeito de cálculos, optou-se por analisar o efeito de uma inflação de 5% e um aumento real anual de 1,6%.

3.3.1 Primeira Etapa - Atual

Para o cálculo do valor do MWh (total) do sistema atual (caldeira + energia elétrica da concessionária), utilizaram-se os dados contábeis e financeiros já indicados e da planta para a etapa atual, cujo esquema é apresentado na Figura 1.

A partir do cálculo do custo de energia elétrica, do óleo combustível e do gás natural em R\$/MWh, apresentados na tabela do Balanço Energético submeteu-se ao processo de nivelção e montou a tabela 3 com a utilização do fator de nivelção para 30 anos igual a 2,076.

Tabela 3 – Valor das Receitas Requeridas para todas as simulações.

	Consumo anual em MWh	Custo Total R\$	Custo R\$/MWh	Receitas Requeridas R\$/MWh
Situação atual				
Óleo BPF 2A	2.592	399.600,00	154,17	320,05
Energia elétrica	3.208	985.298,79	279,08	579,38
Operação Contínua da Microturbina				
Óleo BPF 2A	1.272	196.100,00	154,17	320,05
Energia elétrica	2.428	717.061,37	295,33	613,10
Gás Natural da MT	2.100	370.260,00	176,31	366,03
Operação da Microturbina, no horário de ponta				
Óleo BPF 2A	2460	379.247,04	154,17	320,05
Energia elétrica	3136	826.032,01	263,44	546,91
Gás Natural da MT	204	47.490,30	232,77	483,24

O método de nivelção, ao ser aplicado num determinado período, acaba por refletir uma espécie de média, que considera perspectivas de evolução dos valores ao longo do tempo, captando o efeito da inflação e de outras taxas.

Deve-se acrescentar que, sendo o mesmo método utilizado para todas as alternativas, os valores relativos mostram-se adequados para comparação. Deve-se interpretar, então, a situação atual como um reflexo dos gastos esperados em 30 anos e não como o valor realmente pago, na atualidade, pelo HU/UFMS.

3.3.2 Simulações

Na segunda etapa, obter-se-á o valor do MWh para uma proposta de planta em complementação ao sistema atual (caldeira + energia elétrica da concessionária), sendo que a tecnologia a ser empregada na nova planta suprirá parcialmente as demandas por energia elétrica (atendendo à subestação da maternidade do HU de forma isolada, inicialmente) e térmica (atendendo à cozinha e à lavanderia) e utilizará como combustível o gás natural na microturbina Elliott TA 100RGCHP em duas simulações, sendo que, na primeira, a microturbina funcionará continuamente e, na segunda, somente no horário de ponta (das 17h30min. às 20h30min.).

A microturbina do HU/UFMS operará continuamente no modo de cogeração, em complementação ao sistema atual, de acordo com o esquema apresentado na figura 2.

3.3.3 Simulação da Variação do Preço do Gás Natural

Para a análise de sensibilidade do custo do combustível, cujo percentual em relação ao valor das Receitas Requeridas vai de 80%, para a operação contínua da microturbina, a 50%, na operação no horário da ponta, será considerada a variação do preço do gás natural de R\$ 0,50 a R\$ 2,00 por Nm³, já incluído o processo de nivelção. A tabela 4 apresenta o resumo dessas variações, e as figuras 3 e 4 mostram as curvas dessa simulação.

Tabela 4 – Resumo da variação do gás natural versus Receitas Requeridas na operação contínua da microturbina.

Preço do GN	Operação Contínua	Operação no Horário da Ponta
R\$/Nm ³	R\$/MWh	R\$/MWh
0,50	229,52	551,42
0,75	305,15	630,00
1,00	380,77	708,57
1,25	456,40	787,15
1,50	532,02	865,72
1,75	607,65	944,30
2,00	683,28	1.022,87

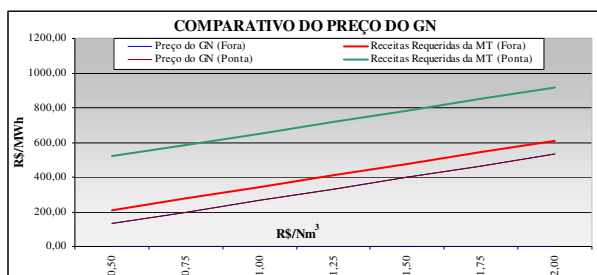


Figura 3: Resumo da variação do gás natural versus Receitas Requeridas.

OBS: A curva referente ao preço do GN (fora) coincide com o preço do GN (ponta).

Para a operação contínua da microturbina, observa-se que o custo do GN tem uma influência muito maior do que no horário da ponta. Essa influência vai de 63%, para o valor de US\$ 0,20/Nm³, a 87%, para US\$ 0,80 Nm³, passando por 80%, para US\$ 0,48/Nm³.

Para o funcionamento da microturbina somente no horário da ponta, a influência vai de 26%, para o preço do gás de R\$ 0,5 Nm³, a 58%, para R\$ 2,00/Nm³, passando por 52%, para R\$ 1,55/Nm³.

3.4 Resumo dos Quantitativos de cada Simulação

A tabela 5, a seguir, apresenta os quantitativos anuais do balanço energético do HU/UFMS (com o processo de nivelção) das três simulações realizadas.

Tabela 5 – Balanço Energético com a metodologia dos Requisitos de Receitas.

	Simulação Atual	Operação Contínua	Operação na Ponta
Energia Elétrica Anual			
Consumo Anual em MWh	3.208	2.428	3.136
Custo do MWh em R\$/MWh \$	579,38	613,10	546,91
Gasto Anual Total em R\$	1.858.651,04	1.488.606,80	1.714.842,89
Energia Térmica Anual			
Consumo Anual em MWh	2592	1.272	2.460
Custo do MWh em R\$/MWh \$	320,05	320,05	320,05
Gasto Anual Total em R\$	829.569,60	407.103,60	787.316,86
Cogeração Anual			
Consumo Anual em MWh	-	2.100	209
Custo do MWh em R\$/MWh \$	-	444,30	877,51
Gasto Anual Total em R\$	-	933.030,00	183.399,59
Total Geral da Simulação em MWh	2.688.220,64	2.828.740,40	2.685.559,34

3.5 Resumo dos Quantitativos com a Variação do Preço do Gás Natural

Realizou-se uma variação do custo total do gás natural, a fim de verificar a sensibilidade das Receitas Requeridas Totais para a operação contínua da microturbina e para o horário da ponta, conforme se vê na tabela 6 e nas figura 4 e 5.

Tabela 6 – Variação do preço total do gás natural nas duas condições estudadas.

Preço do Gás Natural R\$/Nm ³	Operação Contínua (R\$)	Operação na Ponta (R\$)
0,50	2.337.651,84	2.607.533,97
0,75	2.477.028,84	2.621.458,74
1,00	2.616.426,84	2.635.382,52
1,25	2.755.824.84	2.649.306,80
1,50	2.895.222,84	2.663.231,12
1,75	3.034.620,84	2.667.155,34
2,00	3.173.997,84	2.689.890,93

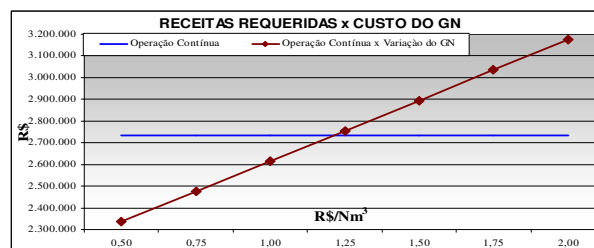


Figura 4: Variação do preço do gás natural com operação contínua.

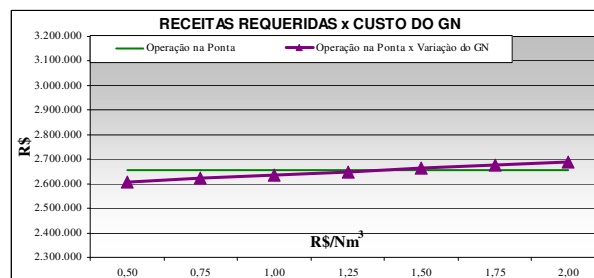


Figura 5: Variação do preço do gás natural com operação no horário da ponta.

Verifica-se que a variação do custo do gás natural é muito mais significativa para a operação contínua da microturbina quando se considera o método das Receitas Requeridas Totais.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com a utilização do método das Receitas Requeridas e com as devidas adaptações à realidade brasileira, fez-se a avaliação da viabilidade técnico-econômica das simulações possíveis para o funcionamento contínuo (24 horas/dia) da microturbina Elliott TA 100RGCHP, no HU/UFMS. Essa alternativa é viável para a eficiência energética, pois contribui para a diminuição do efeito estufa, com a redução, na ordem de 50%, das emissões da caldeira a óleo BPF, apesar do valor final das Receitas Requeridas Totais ser superior ao da alternativa atual.

Verificou-se também que a variação do preço do gás natural influencia fortemente nos valores das Receitas Requeridas Totais, na condição de operação contínua, sendo um fator econômico importante a ser considerado para a celebração do contrato de compra desse insumo.

Constata-se, portanto, que uma proposta da cogeração de energia é um empreendimento que merece atenção especial, podendo representar uma forma atrativa de investimento e servindo ainda como alternativa de incremento na matriz energética brasileira. Trata-se, além disso, de uma forma de evitar restrições de consumo de energia elétrica, como ocorreu durante o racionamento de 2001.

5 REFERÊNCIAS

- COSTA, M. H. A. and BALESTIERI, J. A. P. (2001). Comparative study of cogeneration systems in a chemical industry, *Applied Thermal Engineering*, v.21, n.4, p. 523-533, Mar. 2001.
- TOLMASQUIM M.T.; SZKLO A.S.; SOARES, J. B. (2001). Economic potencial of natural gas fired cogeneration plants at malls in Rio de Janeiro. *Energy Conversion & Management*, v.42, n.6, p. 663-674.
- EPRI (Electric Power Research Institute). *TR-100281. Revision 6*. EUA, Dec,1991. v.3.
- CLEMENTINO, L., D. (2001). *A conservação de energia por meio da cogeração de energia elétrica*. Editora Érica. São Paulo.
- ELLIOTT ENERGY SISTEMAS, Inc. – TARGCHP – 100kW Turbo Alternator Recuperated Natural Gas Combined Heat and Power – Application Guide Part 1 – Product Description, Flórida, 2003.
- ELLIOTT ENERGY SISTEMAS, Inc. – TARGCHP – 100kW Turbo Alternator Recuperated Natural Gas Combined Heat and Power – Application Guide Part 2 – Basic Installation Electrical, Flórida, 2003.