

ESTUDO ENERGÉTICO E ECONÔMICO DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA COM COGERAÇÃO EM
UM HOTEL LOCALIZADO EM PORTO ALEGRE, RS

Eduardo Gus Brofman – eduardobrofman@hotmail.com

Paulo Otto Beyer – paulo.beyer@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica, www.mecanica.ufrgs.br

F3 - Cálculos Térmicos e Energéticos

Resumo. Este trabalho é um estudo da aplicação de um sistema que utiliza a cogeração para um hotel localizado na cidade de Porto Alegre, RS, Brasil. Foi analisada a implantação desse tipo de sistema, também chamado de CHP (Combined Heat and Power), de um ponto de vista econômico e energético. A questão econômica foi determinada pela viabilidade através de métodos de análise quantitativa, neste caso, dando enfoque ao tempo de retorno do investimento. Para a análise energética foi realizado o estudo dos consumos e demandas anuais da operação do prédio através da ferramenta de simulação termo-energética de edificações. O software escolhido foi o EnergyPlus. Essas análises, energéticas e econômicas, foram realizadas através de uma comparação entre o hotel sem o sistema de CHP e o hotel com o sistema de CHP. O hotel hipotético simulado foi definido através de um levantamento de informações a respeito do desempenho energético de hotéis que funcionam em Porto Alegre. O tempo de retorno de investimento (payback descontado) apresentou valor de 10 anos e meio para uma taxa de desconto de 7,44%.

Palavras-chave: Simulação termo energética de edificações, Cogeração, CHP, EnergyPlus

1. INTRODUÇÃO

No presente cenário em que a economia mundial tem alta taxa de crescimento, demandando recursos naturais para geração de energia e aumento de capacidade produtiva, é impossível não entrar na discussão sobre os impactos que esse crescimento gera para o planeta. Essas discussões tratam sobre a disponibilidade dos recursos, sobre suas divisões em recursos renováveis e não renováveis, sobre o impacto que a utilização destes recursos gera e principalmente sobre quais são as medidas que devemos tomar para evitarmos futuros catastróficos.

Dentro do mercado da construção civil, a sustentabilidade vem ganhando muito espaço nos últimos anos. Este setor, desde projeto, construção e operação, consome mais de 30% da matriz energética e mais de 60% da energia elétrica utilizada nos Estados Unidos [USGBC, 2009], país este que tem um dos maiores consumos de energia elétrica per capita do mundo [ANEEL, 2008]. A eficiência energética é fundamental quando se fala em sustentabilidade.

Um tipo de solução para sistemas energéticos que busca um alto nível de eficiência energética é a cogeração. Trata-se da produção simultânea de energia elétrica ou mecânica e térmica a partir de uma mesma fonte energética [ASHRAE, 2008]. A cogeração pode funcionar com diferentes fontes de energia e pode diversificar a matriz energética do empreendimento que decidir por esta aplicação. Então muitos fatores como: demanda de energia elétrica e térmica, horários de picos de demanda e tarifas de energia devem ser considerados na hora de realizar as análises para aplicação de um sistema de cogeração em um empreendimento. A identificação desta vasta necessidade de estudos criou a oportunidade para a realização deste presente trabalho, onde foi analisada a aplicação da cogeração em um empreendimento do setor hoteleiro.

O objetivo principal deste trabalho foi estudar a viabilidade econômica da implantação de um sistema que utilize a cogeração. Foi estudada a utilização desse sistema aplicado a um hotel hipotético localizado na cidade de Porto Alegre, RS, Brasil.

2. METODOLOGIA

Para realizar a análise energética e econômica da implantação de um sistema com cogeração foi utilizada a ferramenta de simulação termo energética. O software escolhido para realizar a análise energética foi o EnergyPlus, o qual realiza uma simulação do prédio inteiro e seus sistemas acoplados para se conhecer seu desempenho térmico e consumo energético. A simulação mostra os resultados de um ano inteiro de operação baseado em dados estatísticos de clima. Os dados estatísticos são informados através de um arquivo climático do tipo TRY (Test Reference Year). Os dados médios e mensais do arquivo climático são mostrados na tabela e no gráfico a seguir:

Tabela 1 - Dados climáticos médios do arquivo climático

	TBS (°C)	TBU (°C)	U.R. (%)	Vel. Vento (m²/s)	Radiação Global (W.h/m²)
Média	19,2	16,9	82	3.0	197,9
Máxima	36,5	27,5	100	13	1106
Mínima	1,3	1,3	20	0	0

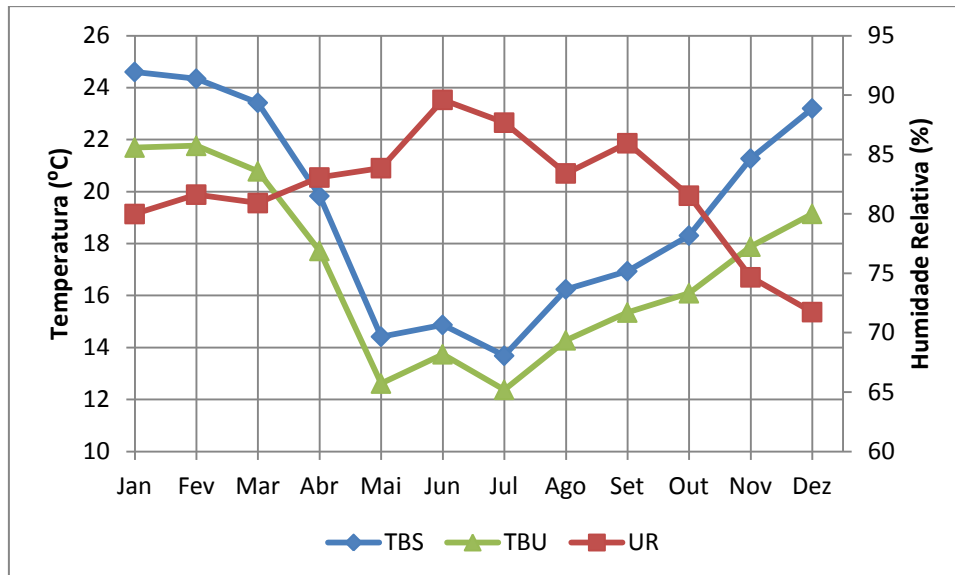


Figura 1 - Temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e umidade relativa em médias mensais

A viabilidade econômica foi mostrada comparando um hotel que possui o sistema com cogeração (modelo com CHP) e o mesmo hotel sem o sistema (modelo de referência). Foram comparados os consumos, demandas de energia e custo operacional anual. A partir da diferença de custo operacional dos dois modelos foi realizada uma análise econômica levando em conta o custo adicional de instalação do sistema de CHP em relação ao sistema convencional de aquecimento de água e energia elétrica comprada na rede.

Para se chegar aos resultados de comparação energética e custo operacional foi utilizado o *software* de simulação termo energética EnergyPlus. Foram realizadas duas simulações do prédio completo com e sem o sistema de CHP e comparados os resultados. A partir desses resultados foram usados métodos quantitativos de análise econômica: taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) e tempo de retorno de investimento (*payback* descontado) para se avaliar se é um investimento válido.

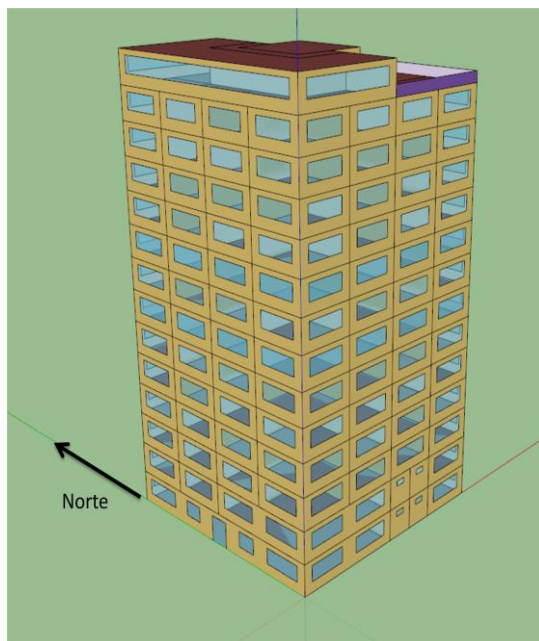


Figura 2 - Modelo geométrico do hotel

3. HOTEL AVALIADO

O hotel escolhido para ser avaliado foi definido baseado em uma pesquisa realizada por Brofman, 2014 em que foram levantados dados de consumo de hotéis localizados em Porto Alegre, RS. O hotel foi considerado um padrão de mercado da cidade de Porto Alegre.

Foram levantados dados de consumo de energia elétrica e energia térmica. Nos gráficos a seguir são mostrados os dados de consumo médio do hotel comparados com temperatura média do ar externo e da água da rede, dados estes retirados do arquivo climático.

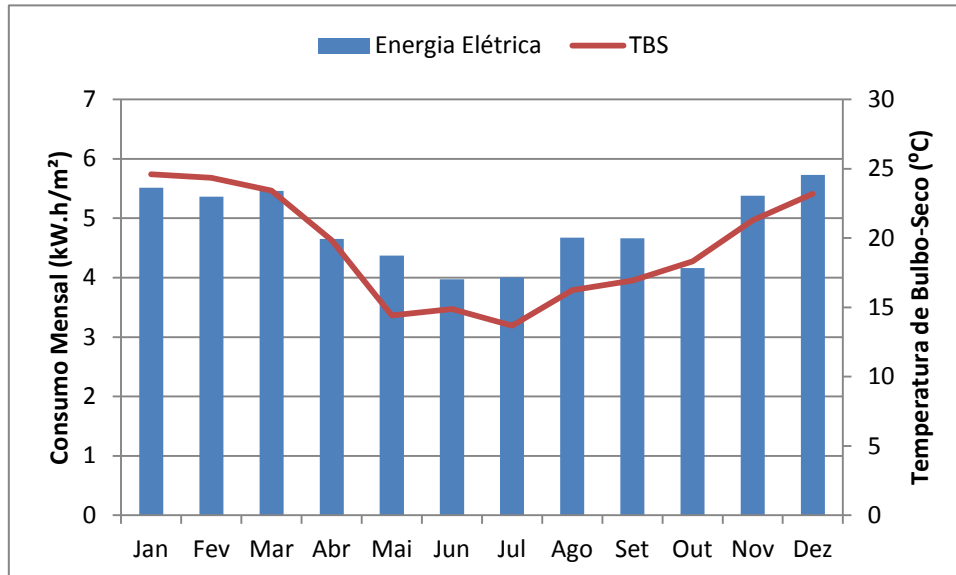


Figura 3 - Médias mensais de consumo de energia elétrica comparados com temperatura do ar externo

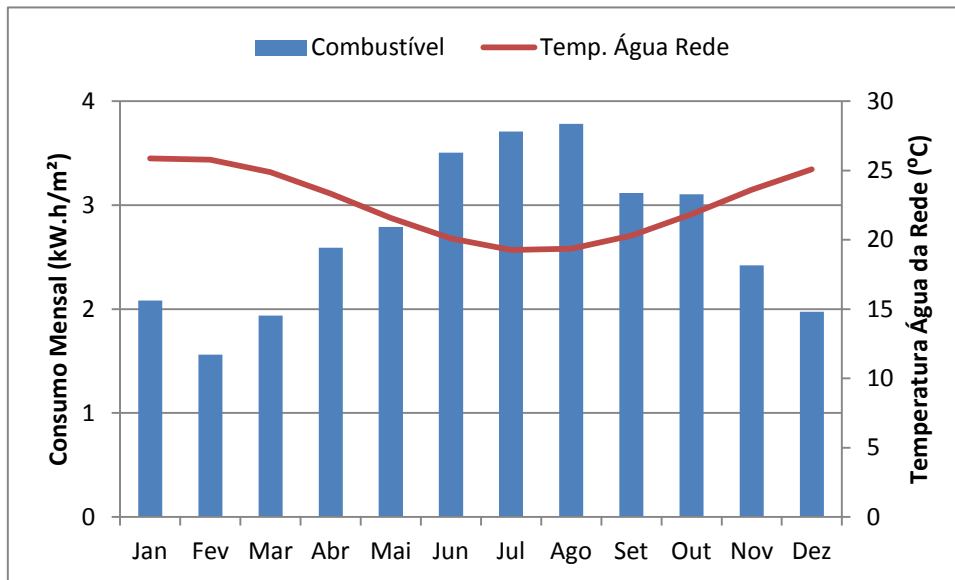


Figura 4 - Médias mensais de consumo de combustível comparados com temperatura da água da rede

3.1 Modelo de Referência e Modelo com CHP

O modelo de referência é o hotel sem o sistema de CHP e serviu como base para a comparação energética e viabilidade econômica. Neste capítulo são mostrados os parâmetros considerados na simulação do modelo de referência e do modelo com CHP.

Para determinar o perfil do uso do hotel são utilizados, como dados de entrada na simulação, *schedules* que determinam quando os quartos estão ocupados. A determinação desses *schedules* de ocupação do modelo de referência foi baseado nos dados apresentados por BEMTUR, 2012, onde está descrita a ocupação média mensal de hotéis em Porto Alegre nos anos de 2010 a 2012.

Tabela 2 - Ocupação média mensal de hotéis em Porto Alegre [adaptado de BEMTUR, 2012]

	2010	2011	2012	Média
Jan	45%	50%	53%	50%
Fev	42%	51%	44%	46%
Mar	63%	57%	63%	61%
Abr	59%	61%	56%	59%
Mai	66%	64%	62%	64%
Jun	58%	59%	59%	59%
Jul	67%	61%	63%	63%
Ago	71%	68%	68%	69%
Set	71%	75%	73%	73%
Out	62%	66%	64%	64%
Nov	72%	72%	72%	72%
Dez	51%	50%	50%	50%

Como o hotel modelo de referência possui 132 quartos, a ocupação mensal foi definida pela média mostrada na tabela anterior multiplicada pelo número de apartamentos do hotel, por exemplo: no mês de janeiro houve uma ocupação média de 50%, então os *schedules* determinam que 66 dos 132 quartos estivessem ocupados. Quanto à ocupação diária a pesquisa realizada por Brofman, 2014 mostrou, qualitativamente, que o perfil de uso é predominantemente executivo, onde há alta ocupação depois do horário comercial e a noite, e no período da manhã os hóspedes saem a trabalho retornando apenas no final da tarde.

No caso das cargas internas, utilizou-se valores estabelecidos em normas de desempenho energético de edificações, pois esses dados não foram levantados na pesquisa devido à dificuldade de serem conhecidos pelas gerências dos hotéis. Os valores das cargas internas utilizados no modelo de referência são mostrados abaixo [ASHRAE, 2007]:

Tabela 3 - Cargas internas do hotel

	Ocupação	Iluminação (W/m ²)	Equipamentos Elétricos (W/m ²)
Quartos	2 pessoas	12	2,7
Restaurante	9 m ² /pessoa	14	-
Escritório	7 m ² /pessoa	12	10,8
Uso Comum	23 m ² /pessoa	12	-
Banheiros	-	10	-
Corredores	-	5	-
Serviço	-	6	-
Convenção	7 m ² /pessoa	14	-

A infiltração de ar é um fator que tem bastante influência no consumo do sistema de ar condicionado, os valores utilizados para a simulação do modelo de referência foram estabelecidos a partir de um guia para prédios considerados sustentáveis e de baixo consumo energético. Este guia estabelece valores empíricos de infiltração de ar para uma série de prédios. Os valores de infiltração são estabelecidos em renovações por hora (ren/h), que significa o número de vezes que todo volume de ar da zona é trocado em uma hora. Abaixo pode-se ver os valores utilizados no modelo de referência [CIBSE, 2006]: Quartos - 0,65 ren/h; Restaurante - 0,65 ren/h; Escritório - 0,65 ren/h; Convenção - 0,65 ren/h; Hall de Entrada - 1 ren/h.

Um dado que tem grande influência no resultado deste trabalho e é de alta importância para o desempenho energético de um prédio é o sistema de aquecimento de água. O sistema escolhido para ser utilizado no modelo de referência foi baseado no que foi visto na pesquisa realizada. O sistema mais utilizado nos hotéis pesquisados em Porto Alegre é um sistema de aquecimento central com um boiler a gás natural junto com um tanque para acumulação de água quente. Porém, a capacidade desse sistema varia de hotel para hotel conforme a demanda de água quente que estes apresentam.

O dimensionamento utilizado para se achar a capacidade do boiler e o volume do tanque de acumulação no modelo de referência foi um método apresentado por EnergyPlus Input Output Reference, 2013, chamado de demanda de pico (peak draw). Neste método o volume do tanque é dimensionado pelo tempo em que este consegue atender a demanda máxima de água quente, e a capacidade do boiler é dimensionada pelo tempo que este leva para preencher o volume do tanque com água na temperatura escolhida pelo termostato. Foram utilizados como tempo para dimensionamento do tanque 0,25 horas e para dimensionamento do boiler 1 hora. Com esses valores o volume do tanque foi dimensionado em 12,96 m³ e a capacidade do boiler de 640 kW. Para definir a demanda de água quente se estabeleceu uma vazão dos chuveiros de 9,6 L/min [ASHRAE, 2007] com dois banhos diários por apartamento de 15 minutos, a uma temperatura de 40 °C. A temperatura de acumulação do tanque foi definida em 60 °C. Com esses dados e o *schedule* de uso dos chuveiros se chega a uma demanda de energia térmica do hotel.

Outro equipamento que tem papel determinante no desempenho energético do prédio é o sistema de ar condicionado. Foi visto que o sistema mais utilizado nos hotéis em Porto Alegre é o *split* individual. No modelo de referência foi utilizado um modelo contido no EnergyPlus chamado de PTHP (*Package Terminal Heat Pump*) que pode representar um *split* individual ou um aparelho de janela. Foram distribuídos esses equipamentos individuais por zona térmica do hotel.

Para definir os coeficientes de performance (COP) dos equipamentos foram utilizados os valores indicados por ASHRAE, 2010. Esse dado é de fundamental importância pois está diretamente relacionado com o consumo de energia que o sistema de ar condicionado irá apresentar.

Para poder realizar a comparação de custo operacional é necessário determinar a tarifa das fontes de energia elétrica que será aplicada ao modelo. O EnergyPlus possui um modelo onde são inseridos os dados das tarifas e como resultado da simulação tem-se o custo operacional do prédio. A definição da tarifa de energia elétrica foi baseada em tabelas de preço da concessionária Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica (CEEE) e com as definições de grupos tarifários por ANEEL, 2008, foi utilizada uma tarifa do tipo horo-sazonal verde. A pesquisa realizada neste trabalho mostrou que essa estrutura tarifária é a mais utilizada nos empreendimentos do setor hoteleiro em Porto Alegre. Os valores utilizados como entrada de dados para a simulação são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 4 - Tarifa de energia elétrica utilizada [www.ceee.com.br, acessado em 20/12/2012]

	Horo-sazonal Verde
Demanda (R\$/kW)	R\$ 6,7900
Energia Ponta (R\$/kW.h)	R\$ 0,7690
Energia Fora Ponta(R\$/kW.h)	R\$ 0,1499
ICMS	25,0%
PIS	1,5%
COFINS	3,5%

Para o gás natural foi utilizada a tarifa estabelecida pela Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul (Sulgás) de 1,7 R\$/m³. Considerando o poder calorífico inferior do gás natural de 35,22 MJ/m³ [Staffell, 2011] tem-se um custo energético de 0,17 R\$/kW.h.

O modelo com CHP possui os mesmos parâmetros que o modelo de referência, mas possui um sistema de CHP que produz energia elétrica e térmica. O sistema de CHP é composto por um motogerador, trocadores de calor para recuperação dos rejeitos térmicos e sistema de bombeamento de água. O sistema opera apenas em horário de ponta, devido a tarifação de energia elétrica contratada pelo hotel, e toda sua energia térmica produzida é inserida no tanque de acumulação de água de serviço (chuveiros, torneiras e pias). As energias aproveitadas de cada corrente energética do motogerador são mostradas na tabela a seguir. Esses dados foram adaptados de um fabricante de motogerador.

Tabela 5 - Correntes energéticas do sistema de CHP [Adaptado de Waukesha, 2010]

PLR	Eficiências			
	Energia Elétrica	Calor no Óleo de Lubrificação	Calor na Água de Arrefecimento	Calor nos Gases de Exaustão
100%	37%	3%	21%	16%
96%	36%	3%	22%	16%
87%	36%	3%	22%	16%
81%	35%	3%	22%	16%
67%	34%	3%	23%	16%
54%	33%	4%	25%	15%
40%	30%	4%	27%	15%
27%	27%	6%	30%	14%

4. RESULTADOS

Primeiramente foi analisado o consumo total dos dois modelos. Esse consumo total inclui energia elétrica e gás natural, onde os resultados são mostrados em valores de energia (kW.h) e normalizados por área (kW.h/m²). No caso do modelo com CHP mostra-se o consumo total sem descontar a energia elétrica produzida pela central cogeneradora e também o consumo líquido, onde essa energia produzida é subtraída do consumo total.

Tabela 6 - Consumo total e líquido

	Total		Líquido	
	Consumo Total (kW.h/ano)	Consumo Total (kW.h/m ² .ano)	Consumo Total (kW.h/ano)	Consumo Total (kW.h/m ² .ano)
Modelo de Referência	750635	90,02	750635	90,02
Modelo com CHP	881437	105,71	803908	96,41

É visto, neste caso, que o modelo com CHP possui um consumo maior (96,41 kW.h/m²) que o modelo de referência (90,02 kW.h/m²). Mesmo que o modelo com CHP tenha um potencial de obter um custo operacional menor (análise mostrada no item 5.2) ao modelo de referência, este cenário se enquadra no caso de apresentar consumo maior, como descrito no parágrafo anterior.

A explicação para esse maior consumo do sistema com a cogeração está no fato de que a energia elétrica produzida pelo motogerador possui uma eficiência na ordem de 35 %, ou seja para cada unidade de energia elétrica produzida é necessário 2,85 unidades de energia consumida através do combustível que alimenta este motor. Já no caso da energia elétrica comprada da concessionária, pode-se considerar essa eficiência de 100 % pois para cada unidade de energia elétrica consumida será cobrada uma unidade ao consumidor. E mesmo utilizando a cogeração onde a eficiência total do

sistema chega na casa de 75 %, esta continua sendo menor que as eficiências do modelo de referência, onde a elétrica é de 100 % e a térmica de 80 % referente à eficiência do boiler.

Para ir mais a fundo no funcionamento do CHP foi analisado o perfil diário de demanda de energia elétrica e térmica e comparado entre os dois modelos. Foram escolhidos os dias de maior e menor temperatura média diária para se estudar esses comportamentos. O dia que teve maior média de temperatura do ar externo foi dia 01 de fevereiro, com temperatura média de 28,7 °C. O dia com menor temperatura média foi dia 08 de junho, com uma média de 7,1 °C, porém esse dia foi durante um final de semana em que o sistema de CHP não é operado já que não há horário de ponta. Por tanto foi escolhido o dia com segunda menor média de temperatura diária que foi dia 04 de junho, com média de 7,9 °C.

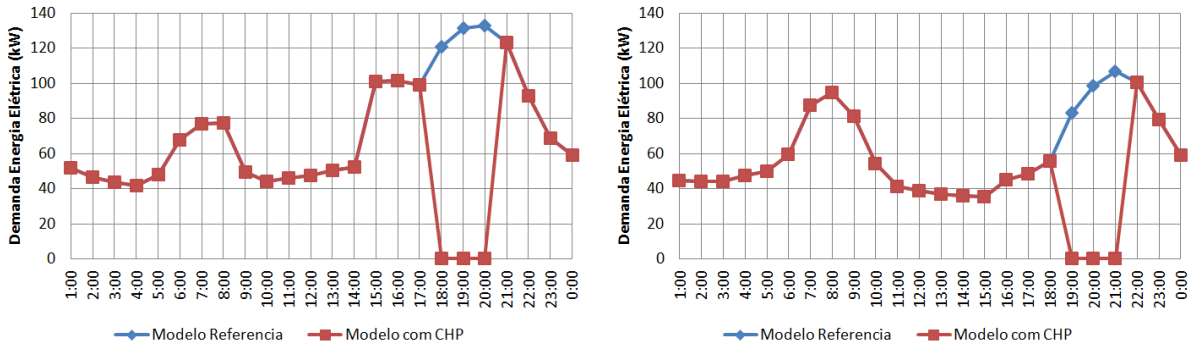


Figura 5 - Perfil de demanda de energia elétrica nos dias 01 de Fevereiro (esquerda) e 04 de Junho (direita)

É visto que a demanda de energia elétrica do hotel é parecida no período do verão e do inverno, com maiores picos durante o verão. Esse comportamento se deve à demanda de energia do sistema de ar condicionado, que tem maior utilização durante o verão. Os dois picos presentes no perfil de demanda ocorrem no começo do dia e no final da tarde, que são os horários de maior ocupação do hotel. Durante o horário comercial (8:00 até as 18:00) a grande maioria dos hóspedes não estão ocupando o prédio.

Também é interessante notar que, no modelo com CHP, durante o horário de ponta a demanda é nula pois a energia elétrica é suprida 100 % pelo motogerador. Foi visto que a maior demanda está presente no horário de ponta, fazendo com que esse empreendimento tenha uma boa aplicação para a geração de energia elétrica em horário de ponta, onde as tarifas ficam mais caras. Esse fato está aliado a viabilidade econômica da implantação do sistema com cogeração.

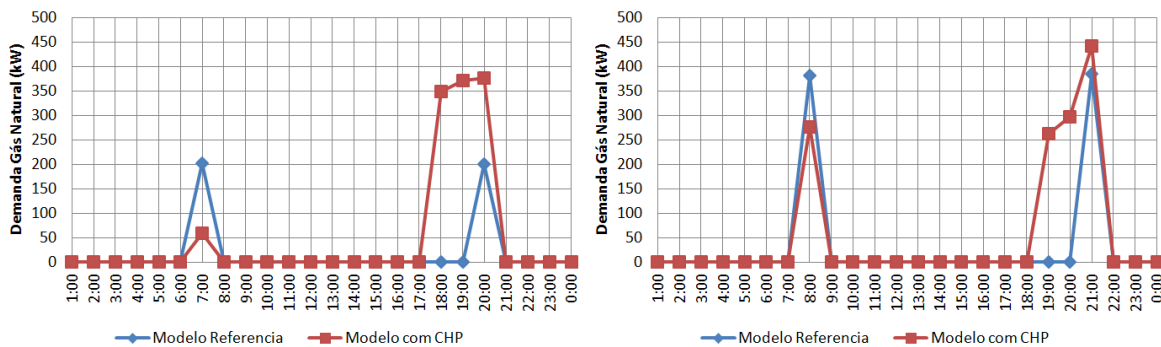


Figura 6 - Perfil de demanda de gás natural nos dias 01 de Fevereiro (esquerda) e 04 de Junho (direita)

Para analisar o perfil diário da demanda de energia térmica foram expostas nos gráficos acima as demandas de gás natural dos dois modelos. No caso do modelo de referência, o gás natural atende apenas a demanda de energia térmica do prédio, já no modelo com CHP, atende também o funcionamento do motogerador.

Pode-se ver que nos dois dias e nos dois modelos existem dois picos de demanda, um no começo do dia e outro no final da tarde. Esse picos ocorrem no horário em que os hóspedes estão tomando banho e, no caso do modelo com CHP, o pico do final da tarde é incrementado com o funcionamento do motogerador em horário de ponta. Quanto ao modelo de referência os dois picos diários são iguais.

O pico do início do dia no modelo com CHP é menor que do modelo de referência pois existe energia termo acumulada no tanque de água quente. Essa energia é fornecida pelo aproveitamento de calor na cogeração do dia anterior. Pode-se notar que no dia de inverno essa diferença é menor devido ao fato de que houve menor demanda de energia elétrica no horário de ponta e, conseqüentemente, menor produção de energia térmica para ser termo acumulada. Outro fato que contribui para essa menor diferença no dia de inverno é que a demanda de energia térmica é maior em relação ao dia de verão, principalmente por que a temperatura da água distribuída na rede é menor no inverno.

Para realizar a análise da viabilidade econômica devem ser abordados os custos envolvidos na operação dos dois cenários e de instalação e manutenção do sistema de CHP. Primeiramente, são mostrados os custos para instalação da central cogeneradora. Os dados apresentados foram estabelecidos por um fabricante através de contato pessoal [Schmidt,

2013]. Foram estabelecidos um custo de instalação por potência de energia elétrica instalada e um custo de operação e manutenção (O&M) por produção de energia elétrica anual. Na tabela abaixo são mostrados esses custos:

Tabela 7 - Custos de instalação do CHP

Custo Instalação CHP (R\$/kW)	R\$ 2.600,00
Custo O&M Anual CHP (R\$/MW.h)	R\$ 45,00
Capacidade do CHP (kW)	166
Custo Instalação CHP	R\$ 432.118,21
Energia Elétrica Prod. (MW.h/ano)	77,53
Custo O&M Anual	R\$ 3.488,78

Os custos de operação dos dois modelos foram estabelecidos com os resultados da simulação com as tarifas definidas no item 4.2. Abaixo são mostrados os custos operacionais do modelo de referência e do modelo com CHP:

Tabela 8 - Custo de operação do modelo de referência

	Custo Energia Elétrica	Custo Demanda de Energia Elétrica	Custo Gás Natural	Impostos	Total
Jan	R\$ 12.463	R\$ 1.070	R\$ 2.549	R\$ 5.389	R\$ 21.471
Fev	R\$ 9.665	R\$ 916	R\$ 1.937	R\$ 4.198	R\$ 16.715
Mar	R\$ 12.881	R\$ 1.139	R\$ 3.564	R\$ 5.554	R\$ 23.137
Abr	R\$ 9.199	R\$ 888	R\$ 3.376	R\$ 4.031	R\$ 17.494
Mai	R\$ 8.590	R\$ 769	R\$ 4.397	R\$ 3.722	R\$ 17.478
Jun	R\$ 8.168	R\$ 729	R\$ 4.039	R\$ 3.518	R\$ 16.453
Jul	R\$ 9.424	R\$ 782	R\$ 4.954	R\$ 4.050	R\$ 19.209
Ago	R\$ 8.849	R\$ 800	R\$ 4.946	R\$ 3.832	R\$ 18.428
Set	R\$ 8.722	R\$ 919	R\$ 5.135	R\$ 3.840	R\$ 18.615
Out	R\$ 9.652	R\$ 944	R\$ 4.361	R\$ 4.235	R\$ 19.192
Nov	R\$ 11.105	R\$ 1.136	R\$ 4.277	R\$ 4.873	R\$ 21.390
Dez	R\$ 10.730	R\$ 899	R\$ 2.711	R\$ 4.624	R\$ 18.963
Total	R\$ 119.447	R\$ 10.991	R\$ 46.244	R\$ 51.864	R\$ 228.547

Tabela 9 - Custo de operação do modelo com CHP

	Custo Energia Elétrica	Custo Demanda de Energia Elétrica	Custo Gás Natural	Impostos	Total
Jan	R\$ 6.130	R\$ 939	R\$ 5.170	R\$ 2.618	R\$ 14.857
Fev	R\$ 5.019	R\$ 841	R\$ 3.756	R\$ 2.175	R\$ 11.790
Mar	R\$ 6.772	R\$ 1.043	R\$ 5.987	R\$ 2.895	R\$ 16.697
Abr	R\$ 4.356	R\$ 813	R\$ 5.174	R\$ 1.923	R\$ 12.265
Mai	R\$ 4.315	R\$ 684	R\$ 5.888	R\$ 1.853	R\$ 12.739
Jun	R\$ 4.397	R\$ 688	R\$ 5.292	R\$ 1.884	R\$ 12.261
Jul	R\$ 4.830	R\$ 736	R\$ 6.565	R\$ 2.061	R\$ 14.191
Ago	R\$ 4.517	R\$ 710	R\$ 6.397	R\$ 1.937	R\$ 13.562
Set	R\$ 4.357	R\$ 824	R\$ 6.694	R\$ 1.928	R\$ 13.803
Out	R\$ 4.571	R\$ 852	R\$ 6.236	R\$ 2.017	R\$ 13.676
Nov	R\$ 5.567	R\$ 1.047	R\$ 6.440	R\$ 2.461	R\$ 15.515
Dez	R\$ 5.365	R\$ 818	R\$ 4.803	R\$ 2.290	R\$ 13.276
Total	R\$ 60.195	R\$ 9.995	R\$ 68.400	R\$ 26.043	R\$ 164.633

Neste caso se confirma que a implantação do CHP traz redução de custo operacional mesmo com um maior consumo energético mostrado no capítulo anterior. O modelo com CHP obteve uma redução de custo operacional de 28 % em relação ao modelo de referência. Essa redução é proporcionada pela grande diferença no custo da energia elétrica

que o sistema de CHP produz. No modelo com CHP esse custo é aproximadamente a metade em relação ao modelo de referência, porém há um acréscimo no custo do gás natural de 48 %. É importante resaltar que a carga tributária no custo da energia elétrica fica na casa dos 40 %.

A partir desses valores foram analisados três métodos de avaliação de viabilidade econômica: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), e *payback*. Inicialmente para as análises de VPL e TIR foram estabelecidos períodos de 10, 15 e 20 anos e uma taxa de desconto de 7,44 % (a taxa de desconto não é necessária para cálculo da TIR). Os valores das avaliações são mostrados na tabela abaixo:

Tabela 10 - Resultados de VPL e TIR

	10 anos	15 anos	20 anos
TIR	6,61%	11,10%	11,55%
VPL	-R\$ 16.267	R\$ 103.169	R\$ 186.586

A análise de *payback* descontado foi realizada para cinco diferentes taxas de desconto. Os valores são mostrados na tabela abaixo:

Tabela 11 - *Payback* descontado para cinco diferentes taxas de desconto

Taxa de Desconto	Payback (anos)
7,44%	10,59
9,02%	11,99
10,92%	14,66
12,82%	20,63
14,72%	-

Para o projeto ser considerado viável o tempo de retorno deve ser menor que a vida útil do equipamento. Brasil, 2005, apresentou um estudo considerando a vida útil de uma central cogeneradora de 20 anos ou mais, nesse caso até 14,66 anos seria um *payback* considerado economicamente viável para esse investimento.

5. CONCLUSÃO

Pode-se dizer que a implantação da cogeração para o caso estudo é economicamente viável dependendo da taxa de retorno que o investidor busca alcançar. O trabalho mostra a importância de uma análise energética através da ferramenta de simulação computacional. Com ela foi possível determinar os perfis de consumo e demanda de maneira precisa trazendo maior segurança para os valores utilizados na análise econômica.

Uma questão que é importante ser debatida quando se está estudando a implantação da cogeração em prédios dentro de centros urbanos é a questão das emissões de gases. Em relação a questões financeiras foi visto que podem haver cenários muito atrativos, porém o que deve ser debatido é a emissão dos gases oriundos da queima do combustível. Com ou sem a cogeração a emissão para a atmosfera é muito parecida, pois a produção de energia elétrica também implica na emissão desses gases. No entanto, quando se instala um motor para cogeração, este estará emitindo os gases dentro do centro urbano, enquanto as usinas que produzem energia elétrica normalmente estão afastadas das grandes cidades. Isso faz com que aumente o nível de poluição dentro da cidade e ajuda a reduzir qualidade do ar que seus moradores respiram. Levando em consideração este fato, é muito importante que seja avaliado a instalação de um sistema eficiente de tratamento de gases acoplado ao CHP quando se está estudando implantar esse tipo de solução.

Como conclusão geral do trabalho pode-se dizer que este tipo de estudo tem alto valor para se conhecer as novas e já disponíveis tecnologias e soluções de engenharia. Este trabalho deve servir como incentivo para os tomadores de decisão na construção de edificações irem em busca de soluções que tornem seus empreendimentos de alta performance e qualidade e que as busquem na engenharia de ponta.

6. REFERÊNCIAS

- ANEEL, Atlas de Energia Elétrica no Brasil, 2008, www.aneel.gov.br, acessado em 08/2012.
- ASHRAE, Handbook of Applications, HOA, American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, EUA, 2007.
- ASHRAE, Handbook of System and Equipment, HSE, American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, EUA, 2008.
- BEMTUR, Boletim Estatístico Municipal do Turismo em Porto Alegre, Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2012
- Brasil, N. P., Apostila de Cogeração, 2005, www.professores.uff.br, acessado em 10/2012.

Brofman, E., Estudo de Cogeração em Hotéis, Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
CIBSE, Environmental Design Guide A, The Chartered Institution of Building Services Engineers London, 2006
EnergyPlus, Engineering Reference: The Reference for EnergyPlus Calculations, <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>, acessado em 12/2013.
Schmidt, C. E, contato pessoal em 08/2013
Staffell, I., The Energy and Fuel Data Sheet, University of Birmingham, UK, 2011
USGBC, Leadership in Energy and Environmental Design, 2009, www.usgbc.org, acessado em 10/2013.
Waukesha, VGF18GL/GLD, 2010, www.dresser.com/waukesha, acessado em 05/2013.

ECONOMIC AND ENERGETIC ANALYSES FOR THE INSTALLATION OF A CHP SYSTEM IN A HOTEL BUILD IN PORTO ALEGRE, RS, BRAZIL

Abstract. *This work is a study of the application of a CHP (Combined Heat and Power) system in a hotel built in the city of Porto Alegre, RS, Brazil. This system was analyzed from an economic and energetic point of view. The economic matter on its viability perspective was determined through quantitative methods, in this case, with the focus on the time frame for the investment's return. For the energetic analysis, a annual energy consumption and demand study was performed utilizing a whole-building energy model with computer simulation. The chosen software was EnergyPlus. The analyses, energetic and economic, were performed through a comparison between the hotel without the CHP system and with the CHP system. The hypothetic simulated hotel was determined by a data survey on the energetic performance of hotels build in Porto Alegre. The time to return o the investment was of 10 years and a half with a discount rate of 7,44 %.*

Key words: *Building Energy Modeling, Cogeneration, CHP, EnergyPlus*