



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ**

LUCAS MARRAFON BARTALINI

MAPEAMENTO ENERGÉTICO DE UM EDIFÍCIO CORPORATIVO

Guaratinguetá

2012

LUCAS MARRAFON BARTALINI

MAPEAMENTO ENERGÉTICO DE UM EDIFÍCIO CORPORATIVO

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. José Alexandre Matelli

Guaratinguetá
2012

B283m	Bartalini, Lucas Marrafon Mapeamento energético de um edifício corporativo / Lucas Marrafon Bartalini – Guaratinguetá : [s.n], 2012. 58 f : il. Bibliografia: f. 55 Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012. Orientador: Prof. Dr. José Alexandre Matelli Coorientador: Prof. Dr. Guilherme Eugênio Filippo Fernandes Filho 1. Refrigeração I. Título CDU 621.56
-------	---



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

MAPEAMENTO ENERGÉTICO DE UM EDIFÍCIO CORPORATIVO

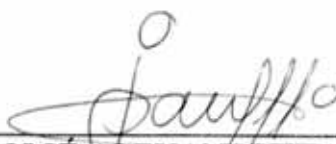
LUCAS MARRAFON BARTALINI

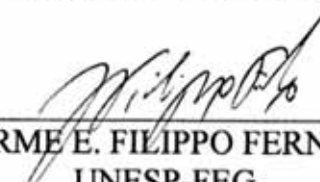
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA"

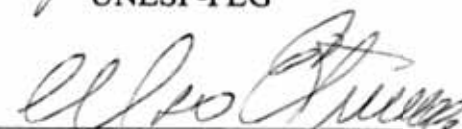
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. ANTONIO WAGNER FORTI
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. JOSÉ ALEXANDRE MATELLI
Orientador/UNESP-FEG


Prof. GUILHERME E. FILIPPO FERNANDES FILHO
UNESP-FEG


Prof. CELSO EDUARDO TUNA
UNESP-FEG

Dezembro de 2012

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço meus pais Adelson e Fátima que sempre me apoiaram durante toda minha graduação e que sem eles isso não seria possível,

ao meu orientador, Prof. José Alexandre Matelli que me auxiliou durante todo esse estudo e que me deu todo suporte técnico para realizar esse trabalho,

aos meus amigos de República que estiveram comigo durante a minha graduação e que considero como minha segunda família

e a minha noiva Carolina que sempre me apoiou em todas minhas decisões e que me ajudou a trilhar o caminho até aqui.

BARTALINI, L. M. Mapeamento energético de um edifício corporativo
2012. 58 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

RESUMO

Cada vez mais o mercado das grandes empresas tendem à ações sustentáveis. Tais ações podem ter motivação social, ambiental e econômica também. Assim, o estudo de pequenas ações ou até grandes investimentos que visam a melhoria de um equipamento ou de algum processo podem impactar em retorno financeiro e até mesmo na exposição do papel sustentável de uma empresa, fato que cada vez mais é bem visto no mercado. Esse estudo apresenta propostas levantadas no mercado e na literatura mostrando o custo de cada investimento, o retorno financeiro ao longo do tempo e as vantagens de cada projeto a ser aplicado num edifício corporativo localizado na cidade de São Paulo. Foram analisados o consumo de energia, determinando a parcela de consumo de cada equipamento através de medições de alguns parâmetros, como tensão e corrente de funcionamento, e do levantamento de valores nominais fornecidos pelos fabricantes. Através do entendimento das condições de cada equipamento e dos processos envolvidos, foram levantadas possíveis melhorias energéticas, focadas no sistema de refrigeração do prédio, no sistema tarifário e na instalação de um sistema gerenciador de energia.

PALAVRAS-CHAVE: Melhorias energéticas. Refrigeração. Sistema tarifário. Gerenciador de energia.

BARTALINI, L. M. **Mapping energy of a corporate building** 2012. 58 f. Graduate Work (Graduate in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

ABSTRACT

Increasingly the business for large companies tend to sustainable actions. Such actions may have motivated social, environmental and economical too. Thus, the study of small actions or investments aimed at improving a product or a process may impact on financial return and even the exposure of a sustainable paper company, a fact that is increasingly well regarded in the market. This study presents proposals raised in the market and in the literature showing the cost of each investment, the payback over time and the benefits of each project to be implemented in a corporative building located in the city of São Paulo. It was analyzed the energy consumption, determining the amount of consumption of each device through measurement of some parameters such as voltage and operating current, and lifting nominal values supplied by the manufacturers. By understanding the conditions of each equipment and the processes involved, were raised possible energy improvements, focusing on the cooling system of the building, the tariff system and the installation of an energy management system.

KEYWORD: Energy improvements. Cooling system. Tariff sytem. Energy management system.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	12
2.2	SISTEMA TARIFÁRIO	13
2.2.1	GRUPOS TARIFÁRIOS	13
2.2.2	MERCADO LIVRE DE ENERGIA	20
2.3	AR CONDICIONADO	22
2.3.1	CONCEITOS BÁSICOS.....	22
2.3.2	REFRIGERAÇÃO EM EDIFÍCIOS	24
2.4	MEDIDORES DE ENERGIA PREDIAL	26
3	METODOLOGIA.....	29
3.1	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	29
3.1.1	LEVANTAMENTO DO CONSUMO ELÉTRICO DO PRÉDIO VIA FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA.....	29
3.1.2	PESQUISA EM CAMPO DOS EQUIPAMENTOS CONSUMIDORES DE ENERGIA	29
3.1.3	QUESTIONÁRIO COM OS USUÁRIOS DOS EQUIPAMENTOS.....	30
3.1.4	BUSCA DE INFORMAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS EM SEUS MANUAIS NA LITERATURA	30
3.1.5	MEDIÇÃO DE PARÂMETROS JUNTO AOS TÉCNICOS RESPONSÁVEIS DURANTE O FUNCIONAMENTO.....	30

3.1.6 CÁLCULO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EQUIPAMENTOS
30

3.2 ANÁLISE DE MELHORIAS	31
4 RESULTADOS	32
4.1 MAPEAMENTO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO.....	32
4.1.1 HISTÓRICO DE CONSUMO DE ENERGIA	33
4.1.2 CONSUMIDORES DE ENERGIA.....	34
4.2 MELHORIAS PROPOSTAS	37
4.2.1 REFRIGERAÇÃO DO PRÉDIO.....	37
4.2.2 ANÁLISE TARIFÁRIA.....	43
5 DISCUSSÃO	52
6 CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXO A.....	58

1 Introdução

O aumento da densidade populacional nas áreas urbanas, através da construção de novas indústrias, de centros corporativos e residências trouxe, um grande desenvolvimento econômico e acelerado nos países industrializados. Nesse cenário, a sociedade encontrou um elevado padrão social e de qualidade de vida. Porém, o preço desse desenvolvimento foi a depredação de recursos naturais nesses países, levando a uma preocupação relacionada ao futuro do planeta relacionado aos recursos oferecidos pelo meio ambiente (SILVA;SILVA;AGOPYAN, 2003).

Com o agravamento dessa situação, a definição de estratégias para minimização do uso de recursos não renováveis, economia de energia e redução de resíduos de construção, em especial, foram amplamente estimulados por agências governamentais, instituições de pesquisa e pelo setor privado de diversos países (CIB;CSTB, 1997). Com esse crescimento vertical, principalmente em grandes centros, uma das unidades consumidora que quem recebendo maiores incentivos pela busca do consumo ecológico e inteligente de energia são os edifícios corporativos. Segundo Seneviratne (2006), alguns fatores podem ser considerados como atrativo para o desenvolvimento de edifícios verdes, tais como:

- Corporações que optam por edifícios verdes possuem grande visibilidade para o mercado de ações, trazendo grande vantagem competitiva no mercado;
- Muitas empresas querem se alocar em prédios verdes, pois isso reflete seus valores;
- O governo, cada vez mais, vem exigindo dos proprietários e gestores de construção que desenvolvam plano de gestão de energia e água;
- Inclusão de índices de sustentabilidade, como o índice Dow Jones de sustentabilidade e RepuTex;
- Minimização de custos e riscos com energia e outros tipos de gastos;

Numa análise mais geral, um dos setores que tem mais impacto no que se diz respeito ao consumo de energia e as emissões de gases de efeito estufa são os edifícios que contribuem em aproximadamente 30% do consumo de energia mundial (PNUMA,2009) Assim sendo, é um dos setores que tem mais capacidade de reduzir impactos ao meio ambiente

A Fig.1 abaixo mostra o consumo de Energia final por setor segundo a World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 2007).

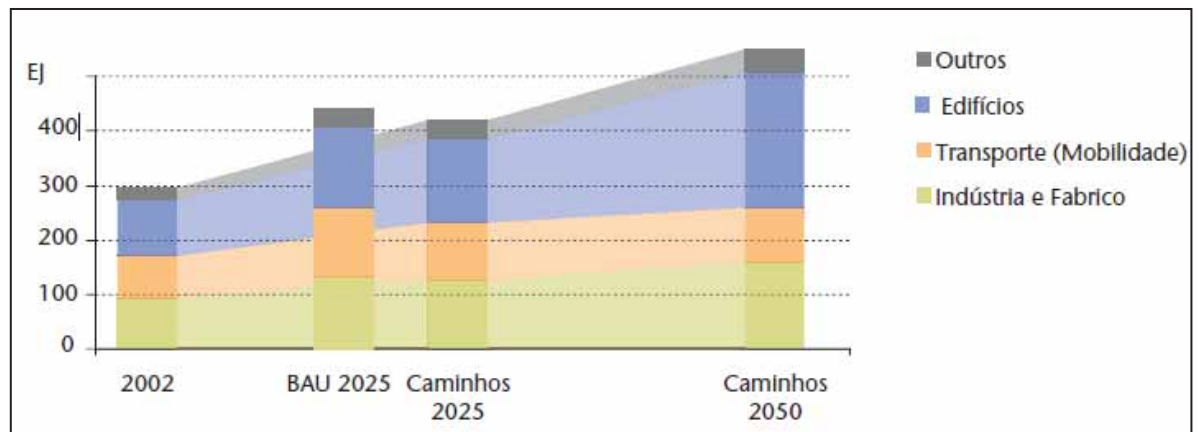


Figura 1:Gráfico de consumo de Energia por setor (Fonte: WBCSD, 2007)

Hoje em dia, a tecnologia e a ciência avançam de forma exponencial. Equipamentos e processos ficam obsoletos e seu rendimento energético tende a diminuir. Nesse cenário, muitas unidades acabam consumindo energia de forma ineficaz, por demorarem a identificar pontos de melhorias que otimize o uso dos recursos energéticos dessa unidade.

Partindo do princípio de que os edifícios possuem grandes oportunidades de redução no consumo de energia no setor mundial, é válido identificar quais os equipamentos responsáveis pelo consumo de energia e como, a partir dessa informação, levantarem possíveis melhorias que proporcionem uma redução significativa no consumo de energia de um edifício. Dados do EPE (2008) fornecem a parcela de consumo de energia dos principais equipamentos em um edifício comercial. A Fig.2 abaixo apresenta tais valores.

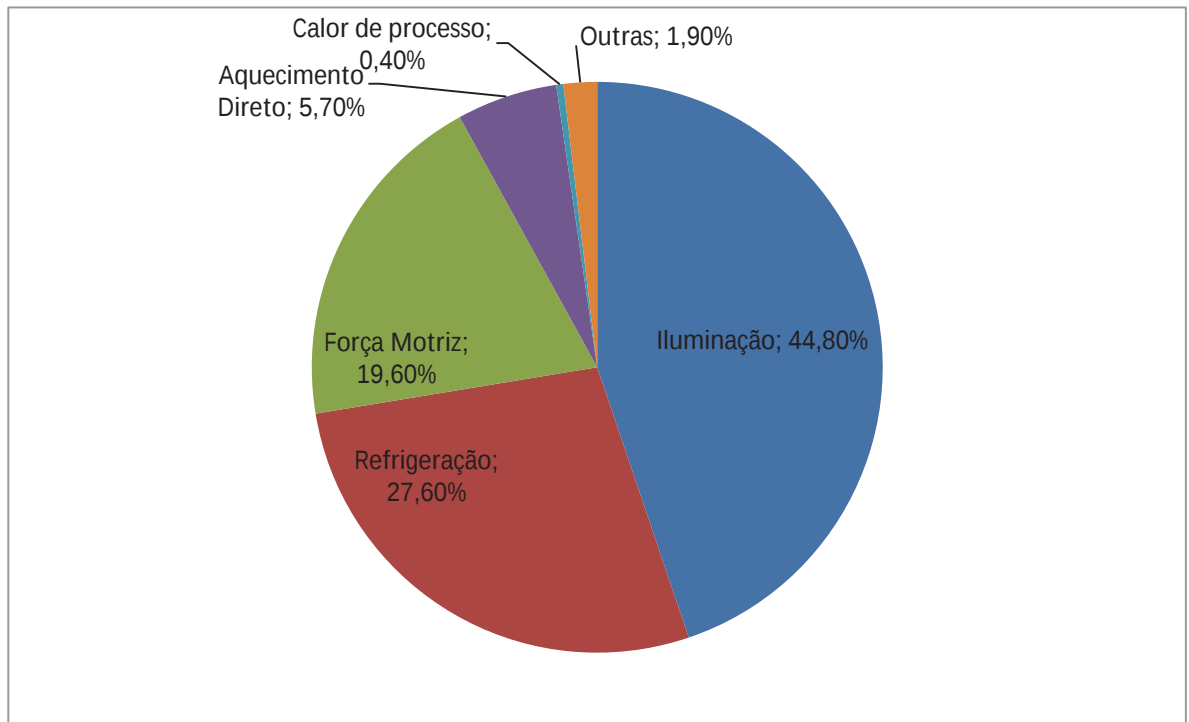


Figura 2: Gráfico do consumo de energia setorizado dos edifícios em geral (Fonte: EPE, 2007)

A Fig.2 indica os setores com potencial de melhorias, tais como o sistema de refrigeração, iluminação, equipamentos como ventiladores e bombas, além de , computadores e máquinas de limpeza e restaurante. Acrescenta-se, nesse trabalho, o próprio sistema tarifário do edifício em questão.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Eficiência Energética

A busca da eficiência energética nos últimos anos tem sido feita de forma padronizada. O objetivo da ISO 50001 é definir os requisitos para um sistema de gestão da energia (SGE) que permita às organizações estabelecer os sistemas e processos necessários para melhorar o seu desempenho energético global, incluindo a utilização, consumo e eficiência energética. A norma inclui também um anexo informativo com orientações de como implementar eficazmente este referencial. O objetivo da norma é a redução de custos com energia e a redução das emissões de gases, como o efeito estufa, bem como outros impactos ambientais relacionados, através de uma gestão sistemática da energia.(CROFT, 2012)

A metodologia usada para idealizar a ISO 50001 pode ser ilustrada na Fig.3:

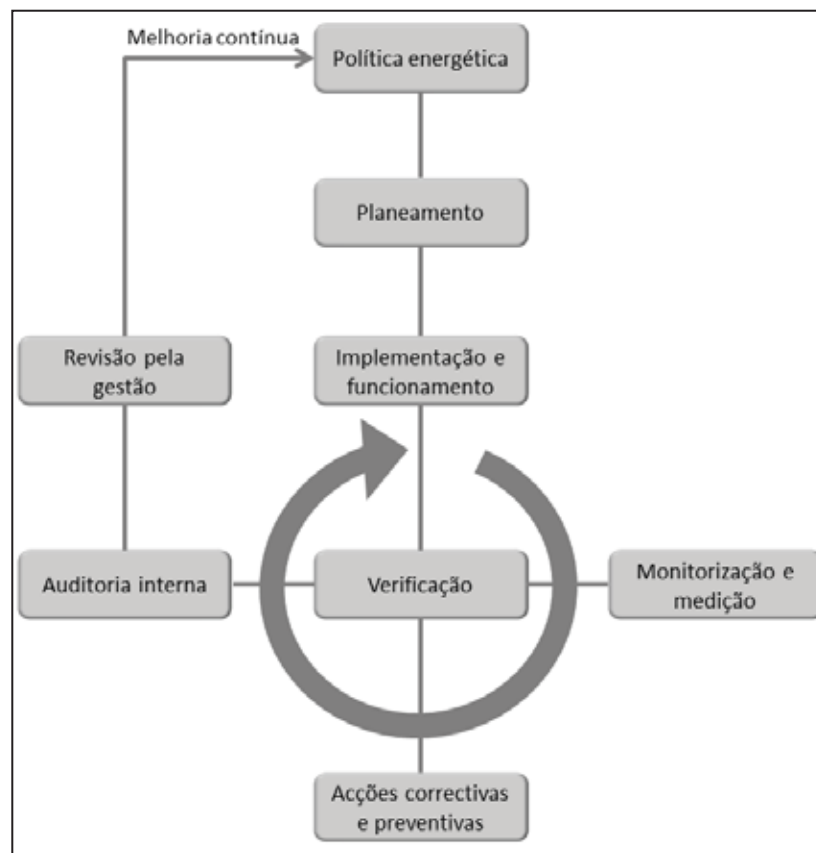


Figura 3: Metodologia em gestão de Energia (Fonte: CROFT, 2012)

2.2 Sistema tarifário

2.2.1 Grupos tarifários

Existem vários tipos de contratos tarifários em vigência, sendo que do tipo de sistema tarifário que uma unidade consumidora se enquadra depende de alguns fatores como tensão de alimentação, demanda necessária e do próprio tipo de unidade consumidora. Assim, uma unidade consumidora pode se enquadrar em dois tipos de grupos, o grupo A e o grupo B.

• **Grupo A:** composto por grupamentos com tensão de fornecimento igual ou superior a 2,3KV e atendidas com tensão inferior a 2,3KV apenas com distribuição subterrânea. Ainda nesse grupo, as unidades consumidoras são divididas em subgrupos, como mostrado na Tab.1.

Tabela 1: Grupo A de consumidores (FONTE: ANEEL. Resolução 456/00)

Grupo A	Tensão de Fornecimento
A1	$\geq 230KV$
A2	88 a 138KV
A3	69KV
A3a	30 a 44KV
A4	2,3 a 25KV
As	<2,3KV, sistema subterrâneo

• **Grupo B:** composto por grupamentos com tensão de fornecimento inferior a 2,3KV. Esse grupo é subdividido em subgrupos, como mostrado na Tab.2.

Tabela 2: Grupo B de consumidores (FONTE: ANEEL. Resolução 456/00)

Grupo B	Classe
B1	Residencial
B1	Residencial Baixa renda
B2	Rural
B2	Cooperativa de eletrificação rural
B2	Serviço público de irrigação
B3	Demais classes
B4	Iluminação pública

Ainda para se entender o tipo de unidade tarifária, é necessário saber a qual estrutura tarifária que as unidades consumidoras fazem parte. Isso irá depender do consumo de energia elétrica, da demanda e da modalidade de fornecimento da unidade consumidora. Existem dois tipos de estrutura tarifária: convencional e Horo-Sazonal.

• **Convencional:**

Caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica independente do horário de utilização e do período do ano. Esse tipo de estrutura tarifária é válida para unidades consumidoras com demanda de potência contratada inferior a 300 kW e tensão de fornecimento inferior a 69 kV.

O valor da fatura de energia para unidade tarifária convencional pode ser obtida através da seguinte Eq.1.

$$Vf = Tc \times Cm + Df \times Td \quad (1)$$

Onde,

Vf= Valor faturado (R\$)

Tc= tarifa de consumo (R\$/KWh)

Cm= Consumo medido (KWh)

Df= demanda faturada (KW)

Td= Tarifa de demanda (R\$/KW)

• **Horo-sazonal:**

Antes de aprofundar no funcionamento do sistema horo-sazonal, é necessário definir alguns conceitos.

- Horário de ponta: Período de pico de consumo de energia de três horas determinado pela concessionária. Nesse período, as tarifas têm valores maiores. O horário de ponta não é válido para feriados e finais de semana.
- Horário fora de ponta: Período complementar ao horário de ponta, ou seja, correspondentes às outras vinte uma horas do dia;
- Período seco: Período de sete meses que vai de maio a novembro, considerados meses com pouca ocorrência de chuva.
- Período úmido: Período de cinco meses que vai de dezembro a abril, considerados meses com grande ocorrência de chuva.

Como o próprio nome indica, o sistema horo-sazonal é caracterizado pela aplicação de tarifas diferenciada de acordo com o horário do dia e o período do ano. O sistema horo-sazonal é dividido em tarifas verde e azul.

• **Tarifa Horo-sazonal verde:**

A fatura de energia é composta em função da seguinte variáveis:

-Demanda de Potência (kW): Um valor único tanto para o horário de ponta como para fora do horário de ponta;

-Consumo de Energia (kWh):

Tarifa: horário de ponta e período úmido;

Tarifa: horário de ponta e período seco;

Tarifa: fora do horário de ponta e período úmido;

Tarifa: fora do horário de ponta e período seco;

Assim, o valor da fatura é obtido da seguinte forma mostrada na Eq.2:

$$V_f = V_d + V_c \quad (2)$$

Onde,

V_f = Preço da fatura

V_d = Gasto com a contratação de demanda (R\$)

V_c = Gasto com Consumo de Energia (R\$)

A demanda é mostrada na Fig.3.

$$V_d = D_c \times T_d \quad (3)$$

Onde,

D_c = Demanda contratada (kW)

T_d = Tarifa para Demanda contratada (R\$/ kW)

Caso haja ultrapassagem de uso de demanda de potencia acima do valor contratado o valor com contratação de demanda passa a ser como mostrado na Fig.4:

$$V_d = D_c \times T_d + T_u \times (D_m - D_c) \quad (4)$$

Onde,

D_c = Demanda contratada (kW)

T_d = Tarifa para Demanda contratada (R\$/ kW)

T_u = Tarifa para ultrapassagem de demanda contratada (R\$/kW)

D_m = Demanda máxima medida (kW)

Tarifa de consumo:

$$P_c = T_p \times C_p + T_{fp} \times C_{fp} \quad (5)$$

Onde,

T_p = Tarifa de consumo em horário de ponta (R\$/kWh)

C_p = Consumo de energia durante o horário de ponta (kWh)

T_{fp} = Tarifa de consumo fora do horário de ponta (R\$/kWh)

C_{fp} = Consumo de energia fora do horário de ponta (kWh)

- **Tarifa Horo-sazonal Azul:**

A fatura de energia será composta em função das seguintes variáveis:

-Demanda de Potência:

Valor para contratação de demanda no horário de ponta;

Valor para contratação de demanda fora do horário de ponta;

-Consumo de Energia (kWh):

Tarifa: horário de ponta e período úmido;

Tarifa: horário de ponta e período seco;

Tarifa: fora do horário de ponta e período úmido;

Tarifa: fora do horário de ponta e período seco;

Assim, o valor da fatura é obtido da seguinte forma mostrada na Eq.6:

$$V_f = V_d + V_c \quad (6)$$

Onde,

V_f = Valor da fatura

V_d = Valor com a contratação de demanda (R\$)

V_c = Valor com consumo de Energia (R\$)

A demanda pode ser representada pela Eq.7 a seguir.

$$V_d = D_{cp} \times T_{dp} + D_{cfp} \times T_{dfp} \quad (7)$$

Onde,

D_{cp} = Demanda contratada para ponta (kW)

T_{dp} = Tarifa para demanda contratada em ponta (R\$/kW)

D_{cfp} = Demanda contratada fora do horário de ponta (kW)

T_{dfp} = Tarifa para demanda contratada fora do horário de ponta (R\$/ kW)

Caso haja ultrapassagem de uso de demanda de potencia acima do valor contratado o gasto com contratação de demanda passa a ser representada pela Eq.8 abaixo.

$$V_d = D_{cp} \times T_{dp} + D_{cfp} \times T_{dfp} + T_{up} \times (D_{mp} - D_{cp}) + (T_{ufp} \times (D_{mfp} - D_{cfp})) \quad (8)$$

Onde,

T_{up} = Tarifa para ultrapassagem de demanda contratada em horário de ponta (R\$/kW)

T_{ufp} = Tarifa para ultrapassagem de demanda contratada fora de ponta (R\$/kW)

D_{mp} = Demanda medida em ponta (kW)

D_{mfp} = Demanda medida fora do horário de ponta (kW)

A tarifa de consumo pode ser representada pela Eq.9 abaixo.

$$V_c = T_p \times C_p + T_{fp} \times C_{fp} \quad (9)$$

Onde,

T_p = valor da tarifa de consumo em horário de ponta (R\$/kWh)

C_p = consumo de energia durante o horário de ponta (kWh)

T_{fp} = valor da tarifa de consumo fora do horário de ponta (R\$/kWh)

C_{fp} = consumo de energia fora do horário de ponta (kWh)

As unidades consumidoras pertencentes ao grupo A se encaixam na estrutura convencional ou horo-sazonal em função das condições ilustrada na Tab.3:

Tabela 3: enquadramento do grupo A nas estruturas tarifárias convencional e horo-sazonal (Fonte: AES Eletropaulo, 2012)

Convencional	Unidades consumidoras com tensão de fornecimento inferior a 69KV e demanda contratada inferior a 300 KW
Horo-sazonal azul	Compulsório: -unidades consumidoras atendidas pelo sistema elétrico interligado e com tensão de fornecimento superior a 69KV -unidades consumidoras atendidas pelo sistema elétrico interligado e com tensão de fornecimento inferior a 69 KV e demanda contratada superior a 300 KW Opcional: - Unidades consumidoras com tensão de fornecimento inferior a 69KV e demanda contratada inferior a 300 KW
Horo-sazonal verde	Compulsório: Unidades consumidoras atendidas pelo sistema elétrico interligado e com tensão de fornecimento inferior a 69 KV e demanda contratada superior a 300 KW Opcional: Unidades consumidoras com tensão de fornecimento inferior a 69KV e demanda contratada inferior a 300 KW

2.2.2 Mercado livre de Energia

Diferentemente do mercado cativo de energia, onde o consumidor contrata a concessionária local de energia elétrica, no mercado livre de energia os consumidores podem escolher seu fornecedor de energia, estando livre para negociar alguns parâmetros como preço de energia, prazo contratual e alguns serviços associados ao comércio. Assim, o consumidor é atendido de forma individual, podendo modelar melhor o contrato conforme seus interesses.

Nessa modalidade, a concessionária contratada pela unidade consumidora será responsável pela transmissão de energia até a concessionária local da unidade consumidora que por sua vez será responsável pela distribuição de energia.

Para ser um consumidor livre, as unidades consumidoras devem atender alguns requisitos estabelecidos pela lei 9.648/1998, tais como:

- Grupo composto por consumidores com carga maior ou igual a 3.000 kW atendidas em tensão maior ou igual a 69 kV – em geral as unidades consumidoras do subgrupo A3, A2 e A1. Também são livres para escolher seu fornecedor novas unidades consumidoras instaladas após 27.05.1998 com demanda maior ou igual a 3.000 kW e atendidas em qualquer tensão. Estes consumidores podem comprar energia de qualquer agente de geração ou comercialização de energia.

- O segundo grupo, composto pelas unidades consumidoras com demanda maior que 500 kW atendidos em qualquer tensão, também podem escolher seu fornecedor, mas seu leque de escolha está restrito à energia oriunda das chamadas fontes incentivadas, tais como pequenas centrais hidrelétricas – PCH's, usinas de biomassa, usinas eólicas e sistemas de cogeração qualificada.

No mercado livre, o consumidor deve ter sua energia contratada com o gerador ou com uma comercializadora. Esse contrato chama-se CCVEE (Contrato de Compra e Venda de Energia Elétrica) de longo ou curto prazo. Nele há uma livre negociação de preços entre as partes dando nome de livre a este mercado (FARIA, 2008).

O consumidor livre paga à concessionária pela TUSD (tarifa de uso do sistema de distribuição) que engloba a demanda, encargos e paga ao seu fornecedor de energia um valor referente ao consumo (kWh). Outro custo com a migração para o mercado livre é a adequação do sistema de medição, que deve satisfazer as regras estabelecidas pela CCEE e

ANEEL. O consumidor livre é responsável pelas perdas de energia até o ponto de entrega. As perdas podem ser técnicas (dissipadas por fenômenos físicos) ou não técnicas (erros de medições ou furtos de energia). Em geral, as perdas giram em torno de 2,5%. (FARIA, 2008).

Assim sendo, o custo da energia elétrica no mercado livre de energia pode ser representado pela Eq.10:

$$Cl = Cen + Ct + Ce \quad (10)$$

Onde:

Cl = Custo total da energia;

Cen = Custo com o consumo de energia;

$$Cen = (\text{consumo de energia}) \times (\text{preço de energia}) \quad (11)$$

C_t = Custo com TUSD

$$C_t = C_{DTUSD} + C_{ETUSD} \quad (12)$$

C_{DTUSD} = Custo do TUSD referente a demanda;

$$C_{DTUSD} = D_{\text{ponta}} \times TUSD_{\text{dponta}} + D_{\text{fponta}} \times TUSD_{\text{dfponta}} \quad (13)$$

C_{ETUSD} = Custo do TUSD referente ao consumo de energia;

$$C_{ETUSD} = E_{\text{fp}} \times TUSD_{\text{defp}} + E_{\text{p}} \times TUSD_{\text{dep}} \quad (14)$$

C_E = Custo com encargos

Onde,

D_{ponta} : Demanda ponta (kW);

D_{fponta} : Demanda fora de ponta (kW)

$TUSD_{\text{dponta}}$: tarifa TUSD de demanda em ponta

$TUSD_{\text{dfponta}}$: tarifa TUSD de demanda fora de ponta

E_{fp} : consumo de energia fora de ponta

E_{p} : consumo de energia em ponta

$TUSD_{\text{defp}}$: tarifa TUSD de consumo de energia fora de ponta

$TUSD_{\text{dep}}$: tarifa TUSD de consumo de energia em ponta

2.3 Ar condicionado

2.3.1 Conceitos básicos

Basicamente, um sistema de ar condicionado por compressão mecânica é representado por um ciclo de refrigeração ideal. Abaixo o ciclo é apresentado na Fig.5:

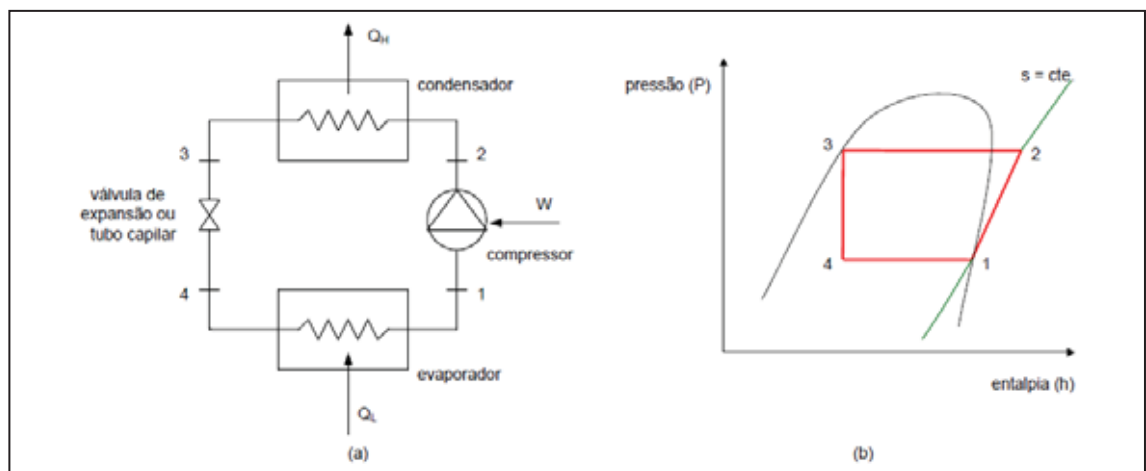


Figura 4 (a) Esquema ciclo de refrigeração, (b) Diagrama P-h ideal (VAN WYLEN, 1998)

Os processos dos ciclos são realizados pelos seguintes componentes:

- Compressor (1-2): Eleva a pressão do fluido refrigerante vindo do evaporador, levando o fluido para um estado de superaquecimento, além de garantir a sua circulação pela tubulação.
- Condensador (2-3): Trocador de calor que resfria o fluido refrigerante abaixando sua temperatura até o ponto de saturação. A condensação do fluido refrigerante é feita em geral com o ar ou com a água.
- Válvula de expansão (3-4): Reduz a pressão do fluido refrigerante de uma forma isoentálpica.
- Evaporador (4-1): Trocador de calor que faz a troca térmica com o ambiente a ser condicionado. O fluido refrigerante recebe calor indo do estado de mistura líquido e vapor para o estado de vapor saturado seco.

•Refrigerante: fluido responsável por fazer as trocas térmicas no evaporador e no condensador. Os fluidos refrigerantes devem ter capacidade de compressão, evaporação e condensação sem perder suas características. Em geral são empregados como refrigerantes hidrocarbonetos a base de flúor e cloro (CFC) para essa função.

No edifício estudado, o sistema de refrigeração usado é um chiller com condensação a água. A representação desse ciclo de refrigeração baseado numa central de água gelada é ilustrado na Fig.6.

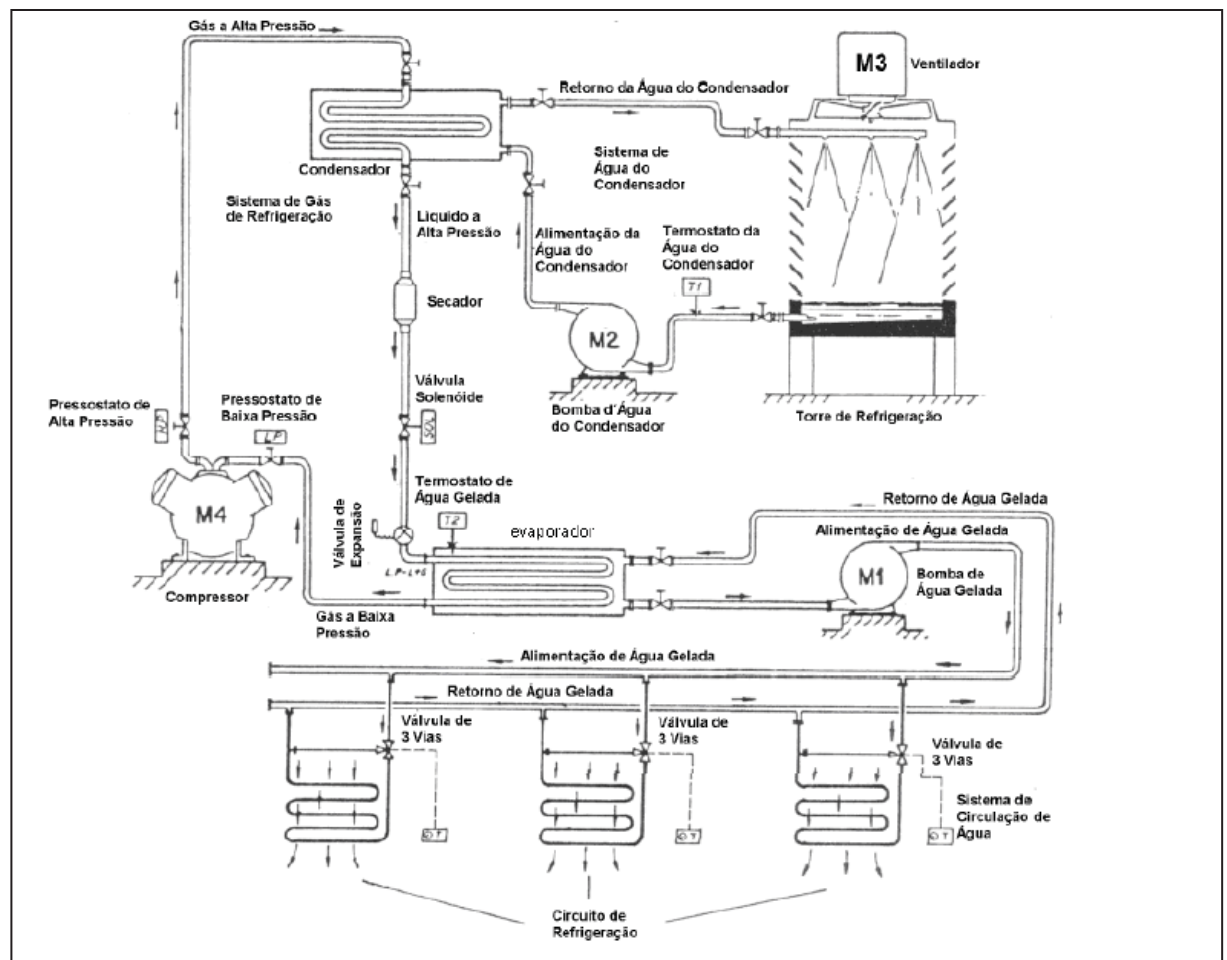


Figura 5: Representação de um sistema de ar condicionado chiller por condensação a água

Fonte: <http://dee.feg.unesp.br/Disciplinas/SEL5013/PDF/Lab-06.pdf>

No circuito de água gelada, a água é resfriada no evaporador do chiller e bombeada por dutos isolados termicamente até os trocadores remotos que vão fazer o condicionamento do ar ambiente. Após a troca térmica a água retorna para o chiller para ser resfriada novamente. Paralelamente a isso, no circuito de água de resfriamento, a água troca calor com o

refrigerante que passa pelo condensador, sendo enviada até as torres de resfriamento onde é resfriada e bombeada novamente para o condensador.

As torres de resfriamento são responsáveis pelo resfriamento da água que faz a troca térmica com fluido refrigerante no condensador. Basicamente, na torre a água é resfriada através do calor latente que é trocado durante sua evaporação devido ao contato com o ar ambiente, que é circulado através de exaustores instalados na torre.

2.3.2 Refrigeração em edifícios

Na maioria dos edifícios comerciais, o sistema de ar condicionado é um dos maiores responsáveis pelo consumo de energia elétrica. Segundo dados da EPE (2008), do consumo total de energia de um prédio, aproximadamente 27% é dedicado ao sistema de ar condicionado. Com o aparecimento de novas tecnologias que buscam menores consumos energéticos e que visam também as boas práticas da sustentabilidade, os equipamentos de ar condicionado se desenvolveram nessas ultimas décadas, desde o surgimento de compressores mais eficientes e com maiores taxas de compressão até fluidos refrigerantes mais ecológicos e que não agredem o meio ambiente.

Assim, é valido concluir que há muitas oportunidades de melhorias nos sistemas de ar condicionado de uma edificação, sendo tais melhorias no perfil de redução de consumo, sustentabilidade ou até mesmo algumas melhorias operacionais.

Uma das melhores oportunidades de melhoria energética é a automação de alguns processos nos edifícios. Soluções inteligentes estão rapidamente entrando neste mercado devido aos custos de instalação reduzidos. (DUNKELS; VASSEUR, 2010).

O sistema de refrigeração é um dos maiores focos da automação predial. Função como liga e desliga, controle de temperatura e de umidade tem sido utilizado em larga escala em centrais de água gelada em prédios modernos, visando economia de energia e melhoria operacional. Hoje em dia, a automatização de sistemas tem sido feito, principalmente, através de equipamentos inteligentes interligados a contatos secos auxiliares, seja relês, contadores ou disjuntores. Ao receber um impulso elétrico do módulo principal, o contato seco fecha ou abre a alimentação do equipamento automatizado. (FRANCO, 2007).

Uma outra oportunidade para redução de gasto de energia com climatização é a troca de alguns equipamentos que fazem parte do sistema de refrigeração de um edifício. Segundo

Jacson (1996), desde os anos 30 até final dos anos 70, o desenvolvimento dos sistemas de ar condicionado permaneceu praticamente estático. A partir dos anos 80, a necessidade de buscar uma maior eficiência energética e redução de custos levou a refrigeração predial a um novo ciclo de desenvolvimento.

Uma forma de verificar a eficiência energética de um ar condicionado é através do coeficiente de performance (COP) ciclo. Essa relação é dada pelo resfriamento total produzido em kW pela potência total demandada pelo compressor. Tal valor pode variar dependendo do tipo do compressor e de sua tecnologia. Alguns compressores com controle de rotação através de inversores possuem sistema de vazão de fluido refrigerante variável, levando o ciclo a um COP acima de 3. (JACSON, 1996).

Em refrigeração industrial são utilizados diversos tipos de compressores: alternativos, rotativos parafuso e de palhetas centrífugas. Desses, os tipos mais comuns em instalações de capacidade até 1000 kW são os alternativos e os rotativos parafuso (STOECKER; JABARDO, 2002).

O compressor parafuso apresenta algumas vantagens sobre o alternativo, destacando-se entre elas, o tamanho menor e o número inferior de partes móveis. Por outro lado, possui menor eficiência em condições de carga parcial. Acima de tudo, o compressor parafuso tem mostrado ser uma máquina confiável, capaz de operar durante anos seguidos sem manutenção, embora sejam recomendáveis inspeções visuais e testes dos mancais uma vez por ano. (STOECKER; JABARDO, 2002).

A Fig. 7 a seguir, ilustra um gráfico comparativo do custo inicial dos compressores parafuso e alternativo em função da vazão de funcionamento.

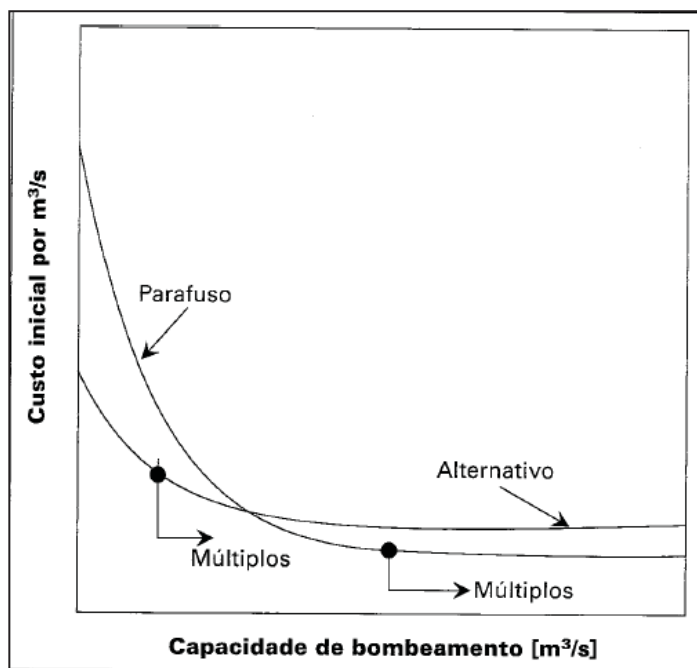


Figura 7: Gráfico do custo inicial dos compressores parafuso e alternativo em função da vazão (Fonte: STOECKER; JABARDO , 2002)

Como se pode ver na Fig.7 o compressor parafuso se torna mais vantajoso em relação ao compressor alternativo em grandes vazões quando se comprara o investimento inicial. Entretanto, é necessário avaliar também outros fatores para a escolha do compressor, como a eficiência, o investimento inicial e custo de manutenção ao longo do tempo.

2.4 Medidores de Energia predial

O gerenciamento de energia predial vem sendo uma das melhores alternativas para monitoramento das cargas do prédio. Hoje em dia, esses dispositivos vêm sendo usados como ferramenta identificar oportunidades de migração para outro sistema tarifário, monitoramento de potência ativa (responsável por realizar trabalho) e de potencia reativa (não realiza trabalho e serve apenas para circular a carga e a fonte). É importante conhecer o valor da potência reativa pois acima de um valor estipulado pela empresa concessionária de energia, o consumo de potencia reativa pode gerar multas para o consumidor. (FRANCO, 2007).

Algumas tecnologias surgiram ao decorrer do tempo visando o gerenciamento de energia. Atualmente, são usados sensores que controlam e medem unidades consumidoras de energia e um analisador de energia que conta o consumo total durante a operação. Basicamente, essa ferramenta usa como sensor transformadores de corrente que

instalado com um medidor de energia elétrica, sendo o enrolamento primário ligado em série ao circuito que se deseja medir a corrente, enquanto o secundário é ligado aos terminais de corrente de um ou mais instrumentos de medição, controle ou proteção. A corrente no circuito secundário é normalmente menor, sendo na prática considerado um redutor de corrente. O secundário de um TC (transformador de corrente) é normalmente empregado para alimentar instrumentos elétricos de baixa impedância (amperímetros, bobinas de corrente de medidor) (OLIVEIRA, 2012). A Fig.8 , ilustra o funcionamento de um transformador de corrente, onde I_p é a corrente primária, I_s é a corrente secundária que será feita a leitura do medidor, N_p é o enrolamento primário e N_s enrolamento secundário.

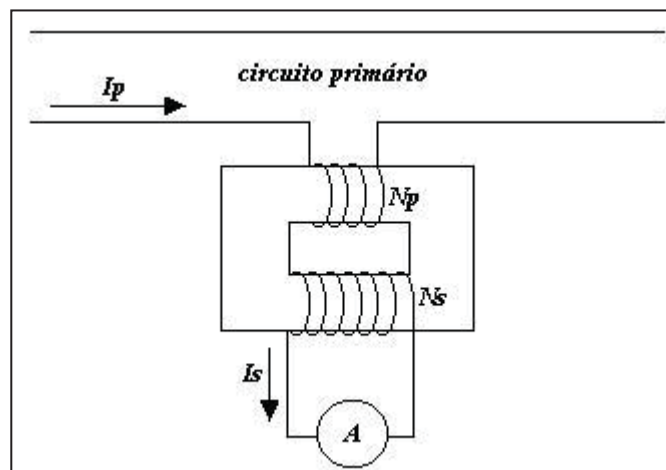


Figura 8: Sistema de funcionamento de um transformador de corrente (OLIVEIRA, 2012)

Esses dados coletados pelos sensores são enviados a um dispositivo gateway que é uma interface de rede Ethernet entre os dados coletados e a internet, que, por sua vez envia os dados coletados a um servidor que processa e libera as medições feitas de forma a serem lidas conforme solicitado.(Marinakiset al, 2012). A Fig. 9 representa o funcionamento dessa ferramenta segundo a empresa ACS-Soluções Energéticas. O sistema usado pela empresa é denominado web energy.

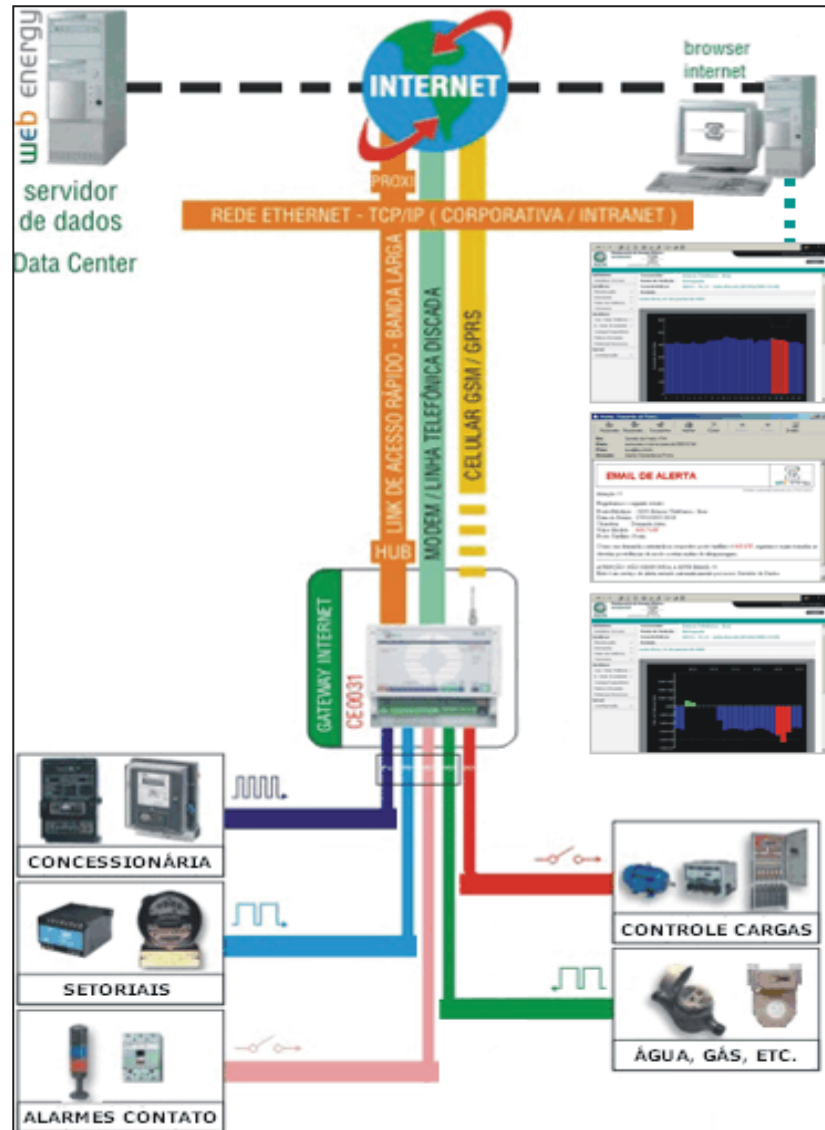


Figura 10: Esquema de medição de energia WEB Energy (Fonte: ACS- Soluções Energéticas,2012)

3 Metodologia

3.1 Levantamento de dados

O mapeamento energético do prédio foi realizado a partir dos passos apresentados a seguir.

3.1.1 Levantamento do consumo elétrico do prédio via fatura de energia elétrica

Primeiramente, foi necessário levantar um indicador que fornecesse uma base para o consumo de energia do prédio ao longo de um período. Tal indicador levantado foram as faturas mensais de energia elétrica fornecidas pela concessionária local de energia dos últimos três anos. A partir disso, foi possível compreender melhor qual o perfil de consumo do edifício ao longo do ano, bem como qual a tendência de consumo e demanda de potência do mesmo.

3.1.2 Pesquisa em campo dos equipamentos consumidores de energia

Nessa etapa foi feito um trabalho de campo no edifício, listando os equipamentos consumidores de energia. Foram levantados quais equipamentos que consomem energia no prédio e qual o número de cada um.

3.1.3 Questionário com os usuários dos equipamentos

Para poder quantificar o consumo de cada equipamento, é necessário primeiro conhecer seu perfil de consumo de cada um. Para isso, foi levantado junto aos usuários o tempo de uso do equipamento no dia, o número de dias que ele é usado no mês e outras informações convenientes ao estudo.

3.1.4 Busca de informações dos equipamentos em seus manuais na literatura

Nesse passo foram levantado dados nominais do equipamento para se obter uma referencia de sua demanda. Assim é possível saber identificar alguma anormalidade que está comprometendo seu rendimento e funcionamento do equipamento. Esses dados foram obtidos junto ao fabricante ou na literatura.

3.1.5 Medição de parâmetros junto aos técnicos responsáveis durante o funcionamento

Foram obtidos nessa etapa, através de medições, parâmetros para cálculo do consumo de cada equipamento. Basicamente, a equipe técnica responsável pela parte elétrica e de refrigeração do prédio realizaram medições da tensão ,da corrente de funcionamento, e o fator de potencia de cada equipamento.

3.1.6 Cálculo do consumo de energia Elétrica dos equipamentos

A última etapa para quantificar o consumo de cada equipamento do prédio foi o cálculo do consumo elétrico (kWh). Com base nos dados obtidos nas etapas anteriores. Os valores de potência utilizados para o cálculo de consumo são medida ou nominais dependendo,

da disponibilidade e viabilidade de realizar medições nos equipamentos. A prioridade nesse estudo foi obter o consumo real dos equipamentos através de medições. Assim, são obtidos dois tipos de consumo elétrico:

- Consumo real: O consumo elétrico foi obtido através de medições. A Eq.15 representa o consumo real.

$$C_{real} = P_{otr} \times t_u \quad (15)$$

Onde:

C_{real} : Consumo mensal real (kWh)

P_{otr} : Potência real obtido através de medições (kW)

t_u : tempo de uso do equipamento por mês (horas)

- Consumo nominal: o consumo foi obtido através de valores nominais obtidos no manual do fabricante . O consumo nominal é determinado pela Eq.16 a seguir.

$$C_n = P_{otn} \times t_u \quad (16)$$

Onde:

C_n : Consumo mensal nominal (kWh)

P_{otn} : Potência nominal obtido de parâmetros fornecidos pelo fabricante (kW)

t_u : tempo de uso do equipamento por mês (horas)

3.2 Análise de melhorias

Após o levantamento de dados, foram propostos alguns pontos de melhoria para o edifício. Os itens considerados para melhoria foram: sistema tarifário, ar condicionado do edifício e o sistema de medidores para gerenciamento de energia do prédio.

4 Resultados

4.1 Mapeamento energético do edifício

O edifício em estudo está localizado no bairro Bela Vista, na cidade de São Paulo. Trata-se de um prédio comercial com 10 andares, um restaurante interno para uso dos funcionários, uma área para estacionamento externo e um estacionamento subterrâneo para a gerência. Ainda no subterrâneo fica localizada a casa de máquinas, assim como a central de água gelada e a cabine elétrica com a parte dos disjuntores.

O edifício é alimentado por cabeamento subterrâneo da empresa distribuidora de Energia AES Eletropaulo, com tensão de 20 kV. Transformadores fornecidos pela empresa proprietária do prédio reduzem a tensão para aproximadamente 208V. O sistema tarifário contrato junto a concessionária é o horo-sazonal verde.

O edifício basicamente é dividido em duas cargas. Uma delas, considerada como carga crítica, é uma central de processamento de dados (Data Center- CPD) e a outra é o próprio edifício e seus equipamentos. Cada carga consumidora é dotada de um sistema de cabeamento elétrico com nobreak e geradores, que assumem as cargas através de uma chave de transferência automática (CTA). A CTA é acionada caso haja interrupção da energia fornecida pela concessionária ou se a tensão fornecida encontra-se abaixo do recomendado. Assim sendo, o prédio possui três geradores, um de 440 kVA que supre a carga do CPD, um de 500 kVA, que está ligado no mesmo barramento do de 440 kVA(sistema de redundância) e outro de 750 kVA, que supre a carga do edifício, com exceção da central de água gelada e parte do elevador social. Ainda sobre o gerador de 750 kVA, ele serve como terceira redundância caso haja falha nos geradores de 440 kVA e no de 500 kVA. A Fig. 11 a seguir apresenta um diagrama do sistema elétrico do prédio.

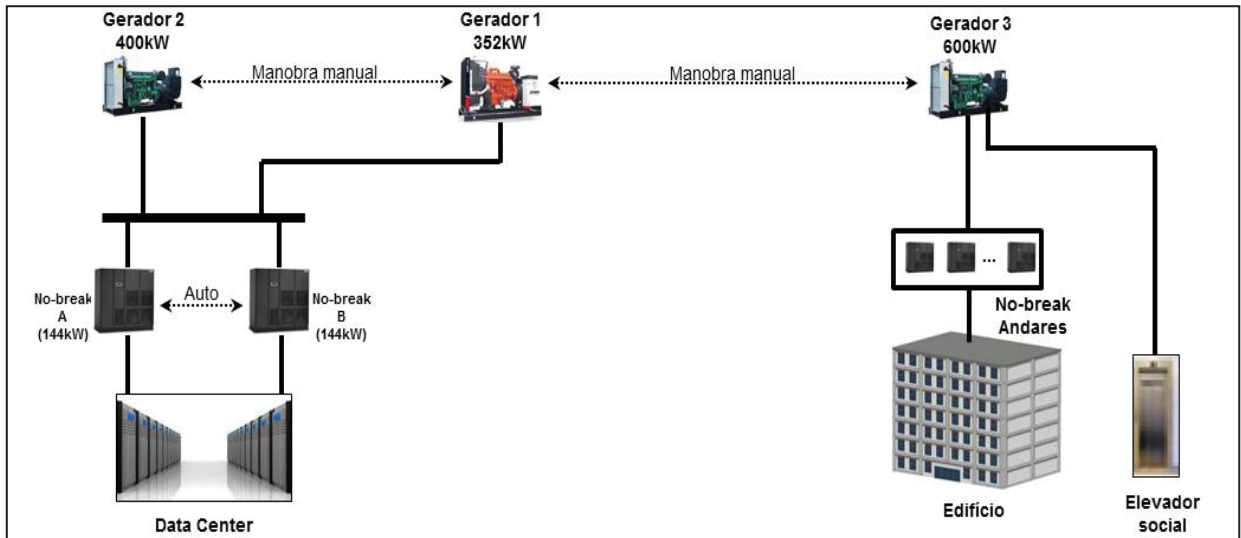


Figura 11: Diagrama elétrico macro do prédio estudado

4.1.1 Histórico de Consumo de Energia

Dados levantados das faturas de energia elétrica permitiram mapear o histórico de consumo de energia do prédio ao longo do ano. O período pesquisado vai de janeiro de 2009 a maio de 2012. A Fig.12 ilustra o consumo, identificado pelas faturas da concessionária.

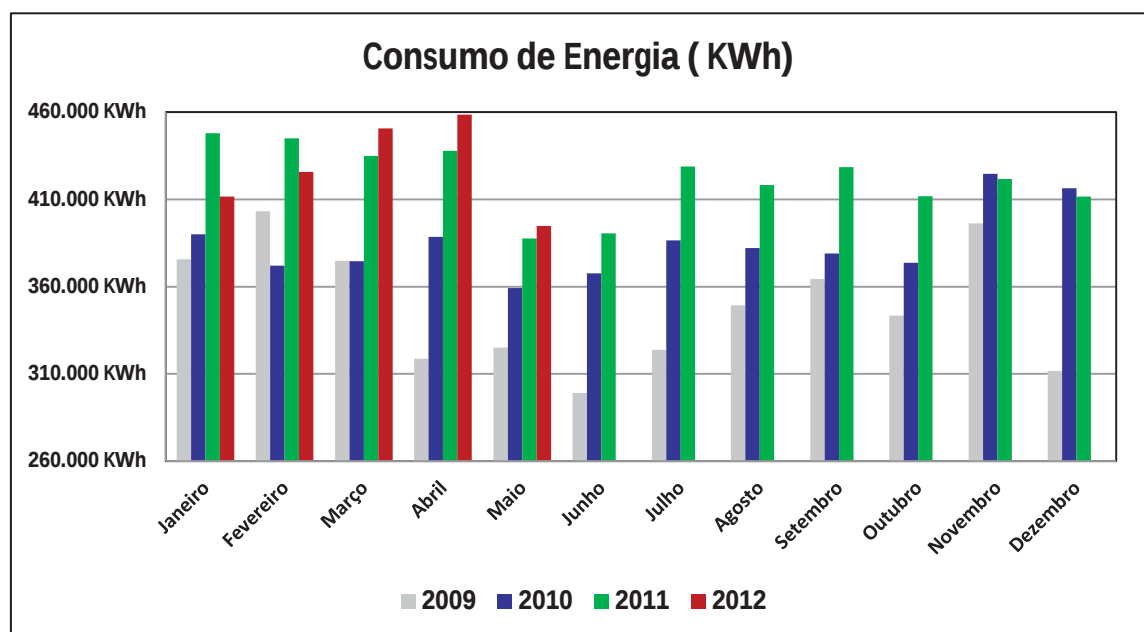


Figura 12: Histórico de Consumo de Energia (kWh) do edifício estudado

Como se pode observar na Fig.12, houve tendência de aumento do consumo de energia do prédio ao longo dos anos. De maneira geral, observou um aumento médio de 17 % de 2009 até 2012, é explicado pelo aumento da população do edifício e também pela expansão ocorrida no data center da empresa (aumento de número de servidores).

Com esses mesmos dados, ainda é possível identificar a tendência de consumo energético do prédio ao longo do ano. Como mostrado na Fig.13.

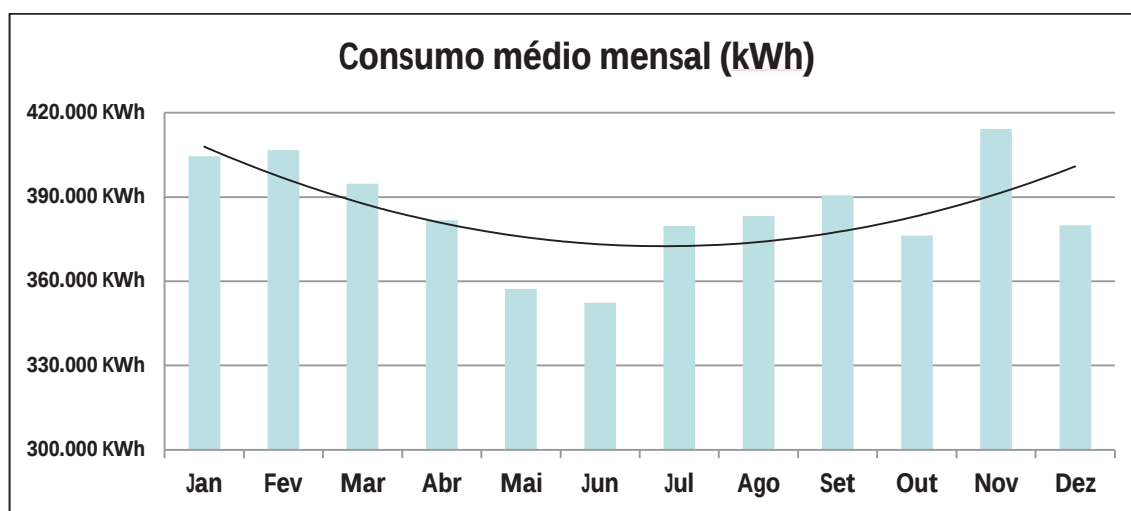


Figura 13: Tendência de consumo de Energia (kWh) do edifício ao longo do ano

Em geral, nos meses de verão o consumo de energia tende a ser maior, havendo um vale nos meses mais frios (maio, junho e julho). Isso é explicado pelo fato que, no inverno, menos compressores do sistema de refrigeração do prédio, são ligados, fazendo com que o consumo diminua nesses meses.

4.1.2 Consumidores de energia

Para facilitar o estudo, os consumidores de energia do prédio foram separados em categorias. Dessa forma, o condomínio é dividido em CPD e edifício, cada uma sendo subcategorizada.

Central de Processamento de Dados

- Servidores: Equipamentos que fazem os processamentos dos dados da empresa.
- Refrigeração: São 5 máquinas de refrigeração de 15 TR cada, do tipo self, que são usados para retirar o calor liberado durante o funcionamento dos servidores. Nesses equipamentos são usados fluido refrigerante R407a. Quatro deles funcionam 24 horas todos os dias e um fica como reserva.
- No break: Há consumo do nobreak associado a sua recarga e às perdas harmônicas. Dados fornecidos no manual do nobreak referem a 15% da energia sustentada pelo nobreak para recarga e 17% devido a harmônica.

Edifício

- Iluminação: O prédio possui um sistema de iluminação com aproximadamente 3980 lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W cada, ao longo dos 10 andares do prédio.
- Computadores de mesa: Existem no edifício 1095 estações de trabalho, sendo que cada uma possui um computador para uso do funcionário.
- Central de água gelada (CAG): O sistema de refrigeração do prédio é dotado de 3 chillers de 280 TR cada um (dois funcionam e um é usado de reserva), quatro bombas de água gelada, quatro de água condensada, três torres de resfriamento e 25 fancoils espalhados pelo andares do prédio.
- Elevador social: São quatro elevadores que são usados para transporte dos funcionários do prédio.
- Outros equipamentos: Existem alguns equipamentos no prédio que demandam uma baixa potência que, se somados, consomem uma grande quantidade de energia. Entre esses equipamentos estão os aparelhos usados no restaurante do prédio, alguns equipamentos de limpeza, bombas da caixa d'água, máquinas de café, entre outros.

Através da metodologia apresentada anteriormente, foi possível determinar o consumo dos consumidores identificados. Porém para determinar o consumo de energia de alguns equipamentos foi preciso fazer algumas ressalvas:

1. Computadores de mesa: Devido ao grande número de computadores ativos do prédio não foi possível fazer a medição dos parâmetros de todos eles. Nesse caso, foi feito a medida do consumo de 10 computadores e usado a média deles para padronizar o consumo para os demais. Isso pode trazer alguns erros, pois alguns computadores podem consumir mais que outros devido a demanda de uso de cada um.

2.Elevadores: Os elevadores possuem demanda variável ao longo dia, já que nos horários de chegada, almoço e saída tendem a consumir mais. O número de pessoas, o número de viagens também são variáveis que influenciam no seu consumo . Para determinar o consumo , foi usado alguns dados fornecidos pelo fabricante do elevador que fez um estudo do consumo médio do elevador no ano de 2011.

Na Tab. 4 são apresentados os valores de demanda e consumo de cada consumidor.

Tabela 4: Demanda Elétrica e Consumo de Energia dos consumidores do prédio estudado

	Medido/Nominal	Potência (KW)	Consumo mensal (KWh)
Data Center			
Refrigeração	Medido	90	64.656
Nobreak (Recarga+ Harmônicos)	Nominal	38	27.360
Servidores	Medido	130	93.600
Subtotal	-	258	185.616
Edifício			
Iluminação	Nominal	130	42.960
Desktop	Nominal	114	30.180
Refrigeração Prédio	Medido	485	120.038
Elevador Social	Nominal	240	68.302
Outros	Nominal	245	74.024
Subtotal	-	1.224	335.504
TOTAL		1.482	521.120

A parcela de cada consumidor em relação ao consumo geral do condomínio são apresentados na Fig.14 abaixo:

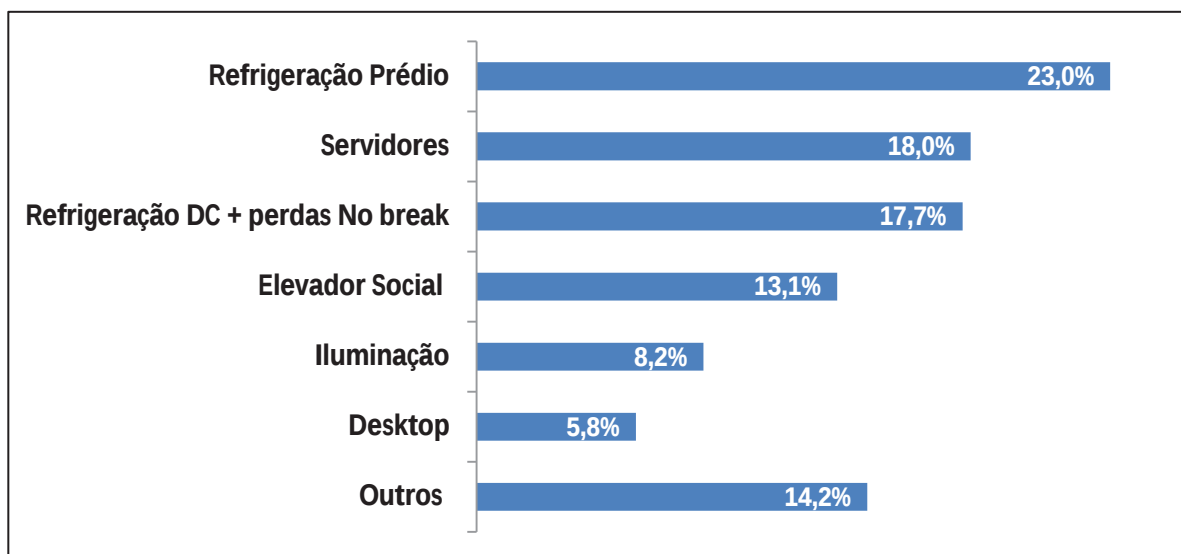


Figura 14: Parcela de consumo de energia dos maiores consumidores do edifício

4.2 Melhorias propostas

4.2.1 Refrigeração do prédio

A necessidade térmica do prédio, segundo a equipe de refrigeração, é de 420 TR no período quente (setembro até abril) e de 300 TR no período frio (maio a agosto). Os chillers atuais, funcionando com uma carga térmica de 420 TR demandam uma potência de aproximadamente 300 kW, o que proporciona um coeficiente de performance (COP) de 4.96. Essas máquinas são antigas e tem como fluido refrigerante o R22 que é considerado danosos ao meio ambiente, além de estar em uso a mais de 30 anos. O esquema da CAG do edifício é mostrado na Fig. 6.

Foi identificado também uma despesa com troca de peças defeituosas no valor de R\$ 80.000,00 no ano de 2011. Essa despesa engloba troca de filtro, óleo, fluído refrigerante, correia, rolamento, componentes eletromecânicos, manutenção do compressor entre outros. Segundo a equipe de compras da empresa essa despesa vem se repetindo nos anos anteriores.

O período de funcionamento da CAG é de segunda a sexta das 7h até as 17:30h, ou seja, ele é desligado antes do começo do horário de ponta. O processo de liga e desliga do sistema é feito manualmente pela equipe de refrigeração do prédio.

Para o sistema de refrigeração do prédio, são apresentadas a seguir propostas da troca do chiller por um com tecnologia mais atual e melhor COP e também a possibilidade da automatização do sistema (chillers, bomba, torres de resfriamento e fancoil), uma vez que o processo liga/desliga é feito manualmente e muitas vezes ocorrem atrasos , incorrendo em despesas desnecessárias com energia elétrica.

Troca do Chiller

O modelo considerado para troca é um chiller 23 XRV da Carrier com capacidade 560 TR (Anexo 1). O equipamento usa o refrigerante R134-a, possui compressor do tipo parafuso com alta taxa de compressão e um variador de frequência que permite variar a rotação do compressor , conseqüentemente, o seu consumo energético. Segundo manual da máquina, para uma carga de 75% de sua carga total, ou seja, 420 TR, o chiller possui um COP de 8,8. Já para uma carga de 300 TR o mesmo possui um COP de 12.1 . O preço consultado do equipamento é de R\$ 900.000,00. A mesma consulta informa que, para os 7 primeiros anos o custo de manutenção do chiller, que envolve apenas troca de filtros e óleo, é de R\$ 20.000,00 anuais.

Sabendo que o sistema tarifário usado no edifício é o horo-sazonal verde com valor de ICMS de 22% (Fonte: AES Eletropaulo, 2012) do valor total da fatura e considerando a despesa atual de R\$ 80.000,00 anuais com manutenção o uso da CAG ,das 7:00h até as 17:30h de segunda a sexta-feira é possível fazer uma análise de payback simples da troca do chiller atual pelo proposto.

Para isso, primeiramente é preciso levar em conta a despesa atual e futura de energia para os dois cenários de CAGs.

A Tab.5 abaixo apresenta as tarifas de energia para o sistema tarifário horo-sazonal verde da concessionária de energia AES Eletropaulo, empresa fornecedora de energia para o edifício.

Tabela 5: Tarifas do sistema horo-sazonal verde (Fonte: AES Eletropaulo, 2012)

	Tarifa
Demanda Ponta	8,35 R\$/KW
Demanda Fora Ponta	8,35 R\$/KW
Consumo Ponta Seco	1,03475 R\$/KWh
Consumo Ponta umido	1,01192 R\$/KWh
Consumo Fora Ponta Seco	0,15912 R\$/KWh
Consumo Fora Ponta Umido	0,14587 R\$/KWh

As Tab. 6 e 7 a seguir apresentam, respectivamente, as despesas com energia elétrica para os dois cenários e para as cargas de 420 TR (período quente) e 300 TR (período frio).

Tabela 6: Gasto de energia para o período de calor (setembro a abril)

	Chiller atual	Chiller 23XRV
COP	4,96	8,8
Demanda Térmica (TR)	420	420
Demanda elétrica (kW)	300	170
Torres + Bombas (kW)	115	115
Fancoil (kW)	80	80
Demanda total (kW)	495	335
Consumo mensal (kWh)	114.345	77.385
Despesa com contratação de demanda (R\$ 8,35/ kW)	R\$ 4.133,25	R\$ 2.797,25
Despesa mensal	R\$ 16.679,51	R\$ 11.288,15
Despesa Mensal com Energia Elétrica (com ICMS)	R\$ 25.391,56	R\$ 17.184,19

Tabela 7: Gasto de energia para o período de frio (maio, junho, julho e agosto)

	Chiller atual	Chiller 23XRV
COP	4,96	12,1
Demanda Térmica (TR)	300	300
Demanda elétrica (kW)	214	86
Torres + Bombas (kW)	115	115
Fancoil (kW)	80	80
Demanda total (kW)	409	280
Consumo mensal (kWh)	94.479	64.680
Despesa com contratação de demanda (R\$ 8,35/ kW)	R\$ 4.133,25	R\$ 2.797,25
Despesa mensal	R\$ 15.033,50	R\$ 10.291,88
Despesa Mensal com Energia Elétrica (com ICMS)	R\$ 19.166,75	R\$ 13.089,13

A Tab. 8 abaixo mostra a despesa total das duas CAGs, uma com o chiller atual e outra com o chiller proposto do estudo levando em conta a despesa de energia e a despesa com manutenção anual para os dois casos.

Tabela 8: Análise de retorno financeiro com a troca do Chiller

	Chiller atual	Chiller 23XRV
Gasto anual total com Energia Elétrica	R\$ 279.799,48	R\$ 173.449,80
Gasto estimado com troca de peças	R\$ 80.000,00	R\$ 20.000,00
Gasto anual total	R\$ 359.799,48	R\$ 193.449,80
Economia anual	Referência	R\$ 166.349,68
Investimento	-	R\$ 900.000,00
Payback simples	-	5,4 anos

Automatização da CAG

Atualmente, o sistema de CAG e seus equipamentos são ligados e desligados manualmente, trazendo uma despesa operacional a empresa. Além disso, é passível de atrasos, uma vez que, a equipe de refrigeração pode estar empenhada em algum outro serviço no horário de ligar ou desligar o sistema, como por exemplo, na manutenção da refrigeração do Data Center, que é considerado um serviço crítico e prioritário. Isso pode trazer uma despesa adicional a empresa, uma vez que o processo de desligar fica na transição no horário fora de ponta para o horário de ponta, onde o custo da tarifa de energia aumenta em aproximadamente sete vezes. Para isso é proposto um sistema de automatização das máquinas da CAG, o que engloba os compressores do chiller, as bombas de água gelada e condensada, as torres de resfriamento e os fancoil.

A automatização proposta é feita através de um sistema web energy que consiste na instalação de alguns contatos secos nos equipamentos a serem automatizados e os mesmos sendo ligados a um gateway num sistema interligado a internet. Assim, através do acesso a um site fornecido pela empresa fornecedora do produto, os equipamentos podem ser programados a ligar e desligar conforme a necessidade, além de se obter, pelo próprio sistema, valores de temperatura e umidade de vários pontos de interesse no edifício, visando o melhor gerenciamento dos equipamentos da central de água gelada.

Esse projeto foi desenvolvido junto a empresa ACS- Soluções energéticas e o orçamento está descrito a seguir.

- Adesão: R\$ 5.328,00
- Material + Instalação: R\$ R\$ 27.850,00
- **Total : R\$ 33.178,00**

Esses equipamentos são adquiridos em sistema de comodato, o que inclui uma taxa de mensalidade no valor de R\$ 600,00. Esse valor engloba qualquer tipo de manutenção que a de ser feita a no sistema.

Com base no orçamento, é possível fazer uma estimativa do retorno financeiro que obtido com a automatização da CAG, apenas levando em conta o gasto anual de energia adicional com o funcionamento dos equipamentos fora do horário programado.

Levando em conta que esse tempo adicional de funcionamento desnecessário ocorreria no horário de ponta, considerando uma tarifa de R\$ 1,02/ kWh e considerando ainda tempos adicionais de funcionamento desnecessário de 5, 10, 15 e 20 minutos tem-se a Tab. 10 que apresenta a economia líquida anual com a automatização da CAG:

Tabela 9 : Redução de custos com Energia com a automatização da CAG

Redução de gastos com Energia elétrica				
Chiller				
Tempo que funciona a mais na ponta	5 min.	10 min..	15 min.	20 min.
Redução de gasto com Energia mensal (R\$)	691,13	1.382,26	2.073,39	2.764,52
Redução de energia anual (R\$)	8.293,56	16.587,12	24.880,68	33.174,24
Fancoil+BAG				
Tempo que funciona a mais na ponta	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Redução de gasto com Energia mensal (R\$)	334,05	668,09	1.002,14	1.336,18
Redução de energia anual (R\$)	4.008,55	8.017,11	12.025,66	16.034,22
BAC+Torres de resfriamento				
Tempo que funciona a mais na ponta	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Redução de gasto com Energia mensal (R\$)	84,98	169,95	254,93	339,90
Redução de energia anual (R\$)	103,67	207,34	311,01	414,68
Total				
Redução de gasto com Energia anual (R\$)	12.405,78	R24.811,57	37.217,35	49.623,13
Despesas anuais (taxa de manutenção) (R\$)	7.200,00	7.200,00	7.200,00	7.200,00
Economia líquida anual (R\$)	5.205,78	17.611,57	30.017,35	42.423,13

4.2.2 Análise tarifária

O edifício estudado tem contrato em vigência com a AES Eletropaulo, sistema tarifário horo-sazonal verde com uma contratação de demanda de 1300 KW. No período de estudo, os valores das tarifas vigentes pela concessionária são os apresentados na Tab. 10 abaixo:

Figura 10: Tarifas do sistema Horo-sazonal verde (Fonte: AES Eletropaulo, 2012)

	Tarifa
Demanda Ponta	8,35 R\$/KW
Demanda Fora Ponta	8,35 R\$/KW
Consumo Ponta Seco	1,03475 R\$/KWh
Consumo Ponta úmido	1,01192 R\$/KWh
Consumo Fora Ponta Seco	0,15912 R\$/KWh
Consumo Fora Ponta Umido	0,14587 R\$/KWh

Como sugestões de melhorias para o sistema tarifário, são propostas a adesão a outro tipo de sistema tarifário, a da migração do mercado cativo para o mercado livre de energia e a instalação de multimedidores de energia.

Troca de sistema tarifário

Como possibilidades de troca de sistema tarifário foi proposto o sistema tarifário horo-sazonal azul, uma vez que, pelo fato do edifício ser alimentado por uma tensão inferior a 69 kV e ter uma demanda contratada maior que 300 kW, a adesão do sistema tarifário horo-sazonal se torna compulsório.

Para fazer essa análise, é preciso conhecer os valores de consumo e demanda para os horários de ponta e fora de ponta em um determinado período. A Tab. 11 abaixo mostra os valores de consumo e demanda do período de maio de 2011 até abril de 2012.

Tabela 11: Consumo de energia e demanda elétrica na ponta e fora de ponta (maio de 2011 até abril de 2012)

Mês	Con. Ponta	Con. Fora Ponta	Dem. Ponta	Dem. Fora Ponta
mai/11	37.084	400.820	1.061	1.300
jun/11	37.724	349.803	844	1.300
jul/11	37.860	352.694	959	1.300
ago/11	44.404	384.382	1.047	1.300
set/11	43.206	375.070	1.100	1.300
out/11	33.529	394.889	1.030	1.300
nov/11	24.043	387.738	1.004	1.300
dez/11	24.962	396.821	1.031	1.300
jan/12	33.953	377.648	1.056	1.300
fev/12	34.898	390.802	1.070	1.300
mar/12	44.648	406.083	1.166	1.300
abr/12	41.869	416.707	1.128	1.300

Já na Tab. 12, são apresentados os valores das tarifas do sistema horo-sazonal azul da concessionária AES Eletropaulo:

Tabela 12: Tarifas do sistema Horo-sazonal Azul (Fonte: AES Eletropaulo, 2012)

	Azul
Demanda Ponta	33,84 R\$/KW
Demanda Fora Ponta	8,35 R\$/KW
Consumo Ponta Seco	0,24904 R\$/KWh
Consumo Ponta úmido	0,22621 R\$/KWh
Consumo Fora Ponta Seco	0,15912 R\$/KWh
Consumo Fora Ponta Umido	0,14587 R\$/KWh

Para os cálculos de fatura para os dois casos é adotada uma demanda de 1300 KW para o horário fora de ponta e 1200 KW para o horário de ponta. A Tab. 13 abaixo apresenta os valores simulados das faturas de energia do período de maio de 2011 até abril de 2012 para os dois casos de sistemas tarifários horo-sazonal, considerando também um valor de ICMS de 22 % sobre do valor total da fatura (fonte: AES Eletropaulo, 2012).

Tabela 13: Comparativo dos custos dos Sistemas horo-sazonais azul e verde

Simulação	Azul	Verde
mai/11	R\$ 151.861,79	R\$ 137.867,50
jun/11	R\$ 142.152,49	R\$ 128.771,69
jul/11	R\$ 142.755,03	R\$ 129.504,59
ago/11	R\$ 150.894,77	R\$ 143.917,18
set/11	R\$ 148.723,08	R\$ 140.597,13
out/11	R\$ 149.630,32	R\$ 132.228,32
nov/11	R\$ 145.360,00	R\$ 118.865,05
dez/11	R\$ 140.292,60	R\$ 114.678,57
jan/12	R\$ 139.361,85	R\$ 122.366,28
fev/12	R\$ 141.963,55	R\$ 125.873,83
mar/12	R\$ 147.373,74	R\$ 140.630,05
abr/12	R\$ 148.497,47	R\$ 139.089,92
Total	R\$ 1.748.866,69	R\$ 1.574.390,10

Como se pode notar pela simulação apresentada na Tab. 14, o sistema tarifário horo-sazonal verde é mais econômico que o horo-sazonal azul para o edifício estudado, uma vez que apresentou um gasto R\$174.476,59 por ano a menos que o horo-sazonal azul. Nesse caso, é viável manter o sistema tarifário atual.

Migração para o mercado livre de energia

Para essa análise, foi feita uma simulação junto a empresa AES Tietê para viabilização da migração do edifício para o mercado livre de energia. Pelo fato do prédio ser alimentado por uma tensão menor que 69 KW, mas com uma demanda de potência maior que 500 KW, a oportunidade de migração só se dará para o mercado livre com contratação de fontes de energia renováveis. Para essa simulação, foi considerada a possibilidade de ter como transmissora e geradora de energia pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), considerada fontes de energia limpa.

No caso do mercado cativo, foi considerada a média de consumo em ponta e fora de ponta do período de maio de 2011 até abril de 2012, como mostrado na Tab. 14. Assim, um valor de fatura média mensal no sistema atual (horo-sazonal verde) é apresentado na Tab.15.

Tabela 15: Gastos médio com Energia no atual sistema tarifário

	Consumo	Tarifa	Valor
Demanda Ponta	1.300 KW	8,35 R\$/KW	R\$ 10.855,00
Demanda Fora de ponta	-	-	-
Consumo Ponta	36.515 KWh	1,02524 R\$ /KWh	R\$ 37.436,64
Consumo fora de ponta	386.121 KWh	0,1536 R\$/KWh	R\$ 59.308,19
Total	422.636 KWh		
ICMS	-	-	R\$ 25.153,20
PIS/Cofins	-	-	R\$ 6.987,00
TOTAL	-	-	R\$ 139.740,02

A Tab.16 apresenta os valores das tarifas para o mercado livre de energia , considerando valores para fontes de energia renováveis, fornecido pela empresa AES Tiête para o ano de 2013:

Tabela 16: Tarifas para o mercado livre de Energia (Fonte: AES Eletropaulo, 2012)

Tusd P	3,80 RS/KW
Tusd FP	0,66 RS/KW
Tusd Energia	0,03 RS/KWh
Custo Energia	0,21 RS/KWh

Por fim, utilizando um consumo médio de 422636 KWh mensais, é possível calcular qual seria a despesa mensal com energia caso houvesse migração para o mercado livre, como é apresentado Tab. 17.

Tabela 17: Simulação de custos com o uso do mercado livre de energia com fontes de energia renovável

Simulação	Valor
Tusd P	R\$ 4.940,00
Tusd FP	R\$ 858,00
Tusd Energia	R\$ 14.724,65
Perdas + Encargos	R\$ 3.571,79
Adesão CCEE	R\$ 500,00
Encargo de conexão	R\$ 495,06
Garantia bancária	R\$ 270,59
Custo da Energia sem imposto	R\$ 108.236,14
ICMS	R\$ 4.797,50
PIS/COFINS	R\$ 1.332,64
TOTAL	R\$ 139.726,37

Como se pode notar pelas Tab. 15 e 17, a diferença do valor faturado atual para o valor faturado no mercado livre é muito pequena. Assim, atualmente não é viável realizar a migração devido a grande carga burocrática que há na transição e pelo pequeno ganho financeiro obtido. Porém, vale ressaltar que essa inviabilidade vale apenas para o período estudado, uma vez que os preços das tarifas do mercado livre possuem grande flutuação. Assim sendo, é válido sempre monitorar futuras oportunidades de realizar uma migração com contratos de curto à longo prazo visando uma redução do valor faturado de energia.

Multimedidores de Energia

Analisando as oportunidades de melhorias no edifício e conversando com a equipe de engenharia, foi notória a preocupação dos funcionários ligados ao sistema de energia a necessidade de obter um melhor gerenciamento de energia no prédio, isso devido ao fato do condomínio ter instalado em si uma carga crítica (Data Center). Assim, é consenso comum que um controle das cargas do prédio possibilita identificar alguns fatores energéticos que afetam o sistema, prejudicando o funcionamento dos equipamentos. Como proposta de melhoria para esse caso, foi apresentada a oportunidade de instalar equipamentos multimedidores de energia.

O conceito para essa melhoria é a instalação de relógios medidores de energia que façam leituras de tensão, corrente elétrica, fator de potência e consumo e enviem essas informações para um aparelho central gateway com conexão via internet que envia e atualiza essas informações em um servidor fornecido pela empresa fornecedora, num intervalo de quinze minutos. Assim, a equipe de energia do prédio teria as informações geradas pelos medidores praticamente em tempo real.

O site fornece itens com várias informações relevantes, tais como:

- Consumo de energia em ponta e fora do horário de ponta;
- Gráficos de corrente, tensão, consumo por intervalo de tempo;
- Fator de potência, apontando para baixo fator de potência evitando multas por excesso de energia reativa;
- Histórico de corrente, tensão e consumo num determinado intervalo de tempo;
- Alertas para uso de demanda acima da contratada;
- Simulações para troca de sistema tarifário (viabilidade financeira);

A Fig.15 abaixo apresenta o funcionamento básico do sistema de medidores de energia:

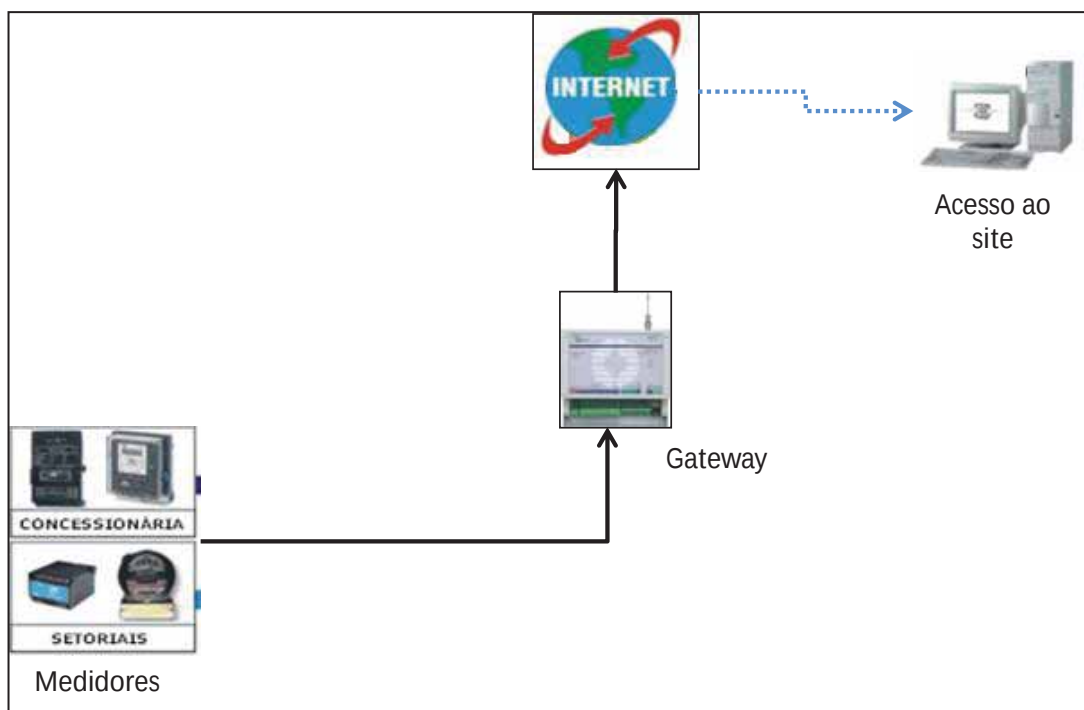


Figura 15: Sistema de medidores de energia proposto

Para o edifício estudado, a proposta é instalar um medidor na entrada vinda da concessionária que fornece leituras gerais do edifício e também medidores setoriais que são instalados na saída dos no-breaks de cada andar, na casa de máquinas dos elevadores e na central de água gelada (CAG).

A empresa fornecedora do serviço e que fez o orçamento para essa instalação foi a ACS- Soluções Energéticas. A Fig.16 ilustra a visualização padrão oferecida pela empresa para monitorar alguns parâmetros desejados.

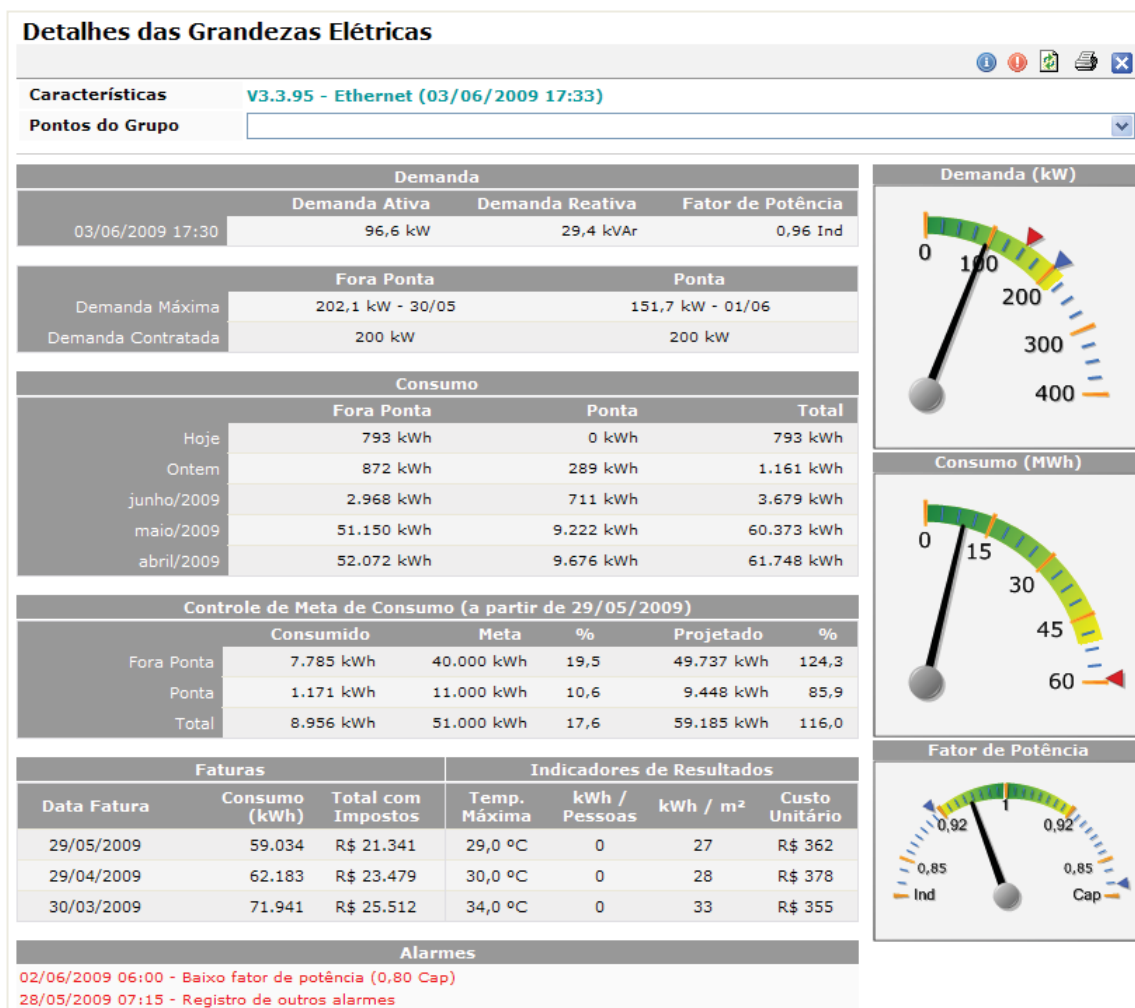


Figura 16: Visualização de parâmetros medidos da ferramenta proposta

Já a Fig.17, mostra gráficos gerados da demanda ativa diária e do consumo mensal.

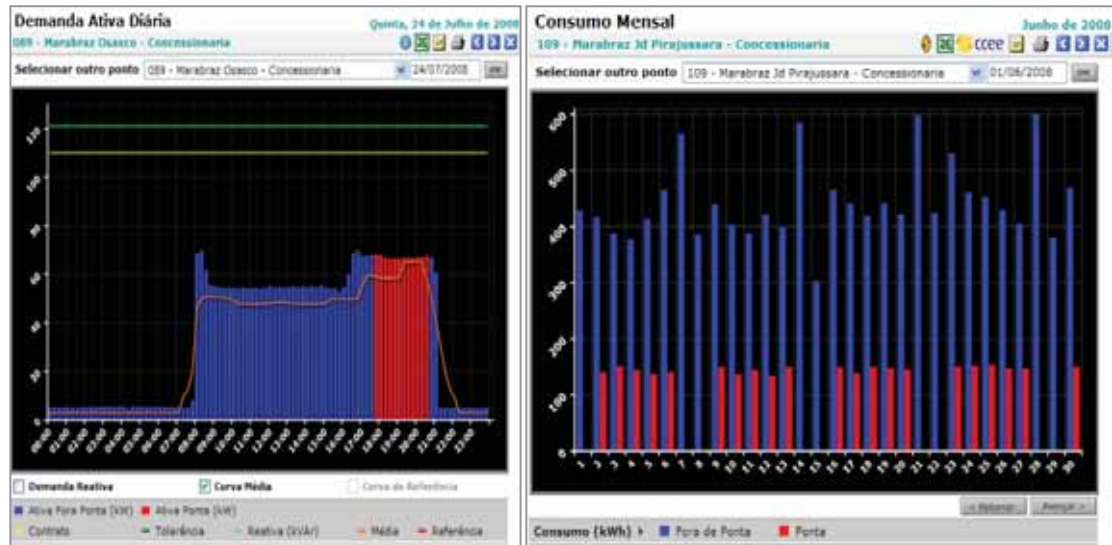


Figura 17: Modelos de Gráficos gerados pela ferramenta proposta (demanda ativa e consumo mensal)

O preço para o empreendimento é detalhado abaixo:

- Adesão: R\$ 3.415,00
- Material + Instalação: R\$ 29.735,00
- **Total: R\$ 33.150,00**

Esses equipamentos são adquiridos em sistema de comodato, incluindo uma taxa de mensalidade no valor de R\$ 760,00. Esse valor engloba qualquer tipo de manutenção que a de ser feita no sistema.

5 Discussão

Por se tratar de um estudo que possui vários resultados, a discussão de cada proposta de melhoria é dividida por itens como mostrado abaixo:

1. Mapeamento energético do edifício

O mapeamento energético do prédio, em geral, obteve resultados similares com o consumo real. Porém, o resultado poderia ser mais preciso se a coleta de dados fosse feita num intervalo maior, pois os valores médios obtidos são mais representativos quando há mais dados para compor a média. Outro fator que trouxe imprecisão no resultado final foi o uso de alguns dados nominais para a determinação do consumo, devido à impossibilidade de realizar medições em alguns equipamentos. Como quase nenhum equipamento sempre demanda sua potência o resultado tende a ser superdimensionado.

2. Refrigeração

A troca do chiller atual por aparelho mais atual se mostrou viável, sendo que o payback simples resultou aproximadamente cinco anos. Além disso, o equipamento proposto traria menor necessidade de mão-de-obra para manutenção e menor necessidade de demanda de potência, o que aliviaria o sistema energético do prédio como um todo. Analisando a melhoria pelo lado sustentável, além do equipamento consumir menos energia, é utilizado refrigerante ecológico não danoso à natureza.

No caso da automatização da CAG, o projeto traria uma melhoria operacional para a equipe de refrigeração do prédio, que poderia se dedicar mais à refrigeração do data center, que é uma carga crítica para empresa, além de evitar despesas com energia associada a equipamentos tem funcionando fora do horário programado.

3. Sistema tarifário

O atual sistema tarifário horo-sazonal verde e o mercado cativo são os mais viáveis atualmente para o edifício estudado. Porém é interessante monitorar continuamente possíveis trocas tanto para o sistema tarifário horo-sazonal azul como para o mercado livre de energia.

Como o mercado de energia possui grande flutuação em suas tarifas, não se pode descartar uma futura troca nos contratos de energia do edifício.

3 Medidores de energia

Além de proporcionar um melhor monitoramento no sistema energético do prédio, espera-se também redução de custos com energia, monitorando desperdícios como o uso de equipamento desnecessariamente em horário de ponta, multas por baixo fator de potência, redução de demanda contratada entre outros custos. Essa melhoria foi proposta também devido à dificuldade apresentada durante o mapeamento energético do edifício.

6 Conclusão

A implementação da análise periódica de melhorias energéticas em alguns equipamentos e processos é de grande utilidade para centros comerciais. Medidas que visam as boas práticas da sustentabilidade e renovação tecnológica proporcionam retorno financeiro à empresa, melhoria operacional de algum processo e até mesmo uma melhor visão em relação aos investidores que, cada vez mais, levam em consideração a relação da marca com a conservação ao meio ambiente.

O estudo em caso em questão, proporcionou uma abordagem de diversas formas de aplicar medidas que proporcionem melhorias energéticas em um prédio comercial. A troca de equipamentos, como o caso do chiller, levou em consideração o fato do equipamento estar em uso há muito tempo, com alto custo com manutenção e usar fluido refrigerante ultrapassado e nocivo para camada de ozônio. Assim a troca por um com tecnologia mais avançada pode proporcionar redução das despesas com energia e manutenção. As propostas de automatização da central de água gelada e a instalação de medidores de energia em alguns setores do prédio tiveram o intuito de trazer um melhor gerenciamento do sistema de energia do prédio, além de um melhor controle das cargas do edifício. Nesse caso, tais propostas visam melhorar alguns processos deficientes no prédio. Também foi possível levantar possíveis melhorias que não exigiriam grande investimento financeiro, que foi o caso da análise do sistema tarifário de energia elétrica do prédio. Apesar das duas propostas de melhorias não serem viáveis no momento do estudo, devem ser analisadas periodicamente devido à grande variação no mercado de energia elétrica.

Depois desse período de estudo, foi possível notar que sempre haverá melhorias a serem feitas para otimizar o consumo de energia de um edifício comercial ou residencial, uma planta fabril ou qualquer outra unidade consumidora. Sempre haverá algum equipamento que não está trabalhando em sua melhor condição ou está em funcionamento a tempo suficiente para ser substituído por outro melhor no mercado, processos deficientes e que podem ser melhorados. Por isso é necessário fazer análises energéticas periodicamente nessas unidades para manter sempre o processo otimizado. Pode ser viável, em alguns casos, manter uma equipe especializada para essa função, pois foi notório que tais processos ineficientes já poderiam ter sido otimizados se houvesse uma auditoria energética periódica nesse edifício no estudo e que aplicar as boas práticas de consumo racional de energia proporciona um grande valor agregado a uma empresa.

Referências Bibliográficas

MARINAKIS Vangelis; KARAKOSTA Charikleia, DOUKAS Haris. **A building automation and control tool for remote and real time monitoring of energy consumption:** Original Research Article Sustainable Cities and Society, In Press, Corrected Proof, Available online 6 July 2012

ACS SOLUÇÕES ENERGÉTICAS. Web Energy. Disponível em:
<<http://www.acs.ind.br/produtos/software/webenergy.asp>>. Acesso em: 08 out. 2012.

AES ELETROPAULO (Org.). Sistemas tarifários. Disponível em:
<<http://www.aeseletropaulo.com.br/clientes/PoderPublico/Informacoes/Paginas/TarifasdeEnergia.aspx>>. Acesso em: 08 out. 2012.

Aneel – Agência Nacional de Energia Elétrica- Mercado Livre de Energia

FRANCO, Edgard . **Controle gerenciamento energetico:** O Setor Elétrico, ano 2, julho de 2007. Atitude editorial Ltda, ed. 18

Chapter 11 - Commercial Buildings, Hospitals and Institutional Buildings
A Practical Approach to Water Conservation for Commercial and Industrial Facilities, 2006,
Pages 267-290 Mohan Seneviratne

Chapter 24 - Building Automation Interconnecting Smart Objects with IP, 2010, Pages 361-372 Jean-Philippe Vasseur, Adam Dunkels

CROFT, Nigel H. **ISO 50001 – A nova norma de Sistemas de Gestão de Energia.**

Disponível em:

<http://www.apcer.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=296%3Aiso-50001-a-nova-norma-de-sistemas-de-gestao-de-energia&Itemid=85>. Acesso em: 14 nov. 2012.

FARIA, Samuel Travalão. **Redução de custos com Mercado Livre de Energia.** 2008. 10 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, UFPR, Curitiba- PR, 2008.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION (CIB); CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DUBATIMENT (CSTB) (Eds.). **INTERNATIONAL CONFERENCE BUILDINGS AND THE ENVIRONMENT**, 2., 1997, Paris. Proceedings...Paris: CIB Task Group 8; Environmental Assessment of Buildings, 1997

JACSON, A.N. **Condicionamento de ar:** funções, evolução e desempenho energético- Revista Eletricidade Moderna, Out. 98- XII Congresso Internacional sobre Aplicações de Eletricidade, Reino Unido, 1996.

Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia de 2030. Brasília: MME: EPE (Empresa de Pesquisa Energética), 2007

OLIVEIRA, Eng. Punaro Bley Adão de. **Transformador de Corrente.** Disponível em: <<https://sites.google.com/site/punarobley/medidor-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 08 out. 2012.

PINTO, Patricia Mello Marçal. **Diagnóstico Energético de um prédio comercial**. 2009. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, UFRJ, Rio de Janeiro-RJ, 2009

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Avaliação de Políticas Publica para redução de emissão de Gases de Efeito Estufa em edificações**.

Relatório PNUMA – Iniciativa para Edificações e Construções Sustentáveis. Tradução Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. São Paulo, 2009

SILVA, Vanessa Gomes da; SILVA, Maristela Gomes da; AGOPYAN, Vahan. **Avaliação de edifícios no Brasil**: da.Ac Ambiente Consruído, Poto Alegre, n. , p.7-18, 01 set. 2003

MICHAEL F. Hoexter. **Sustainable Communities Design Handbook**, 2010, Pages 45-63

VAN WYLEN, Sonntage Borgnakke. **Fundamentos da Termidinâmica**. Editora Edgard Blucher, 1998.

W.F.STOECKER; JABARDO, J.m. Saiz. **Refrigeração Industrial**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2002. 371 p.

World Bussiness Council for Sustainable Development. **Factos e Tendências. Eficiência Energética em Edifícios**: Realidades Empresariais e Oportunidades. Relatório Síntese. 2007

ANEXO A



Evergreen Chiller Performance Outputs

Project Name: Grupo Ultra
Sales Office: Springer Carrier

06/21/2012
05:23



Tag Name: 23XRV 560Tons

Chiller

Chiller Model 23XRV555SERVBA30-
Starter / VFD, VFD - Unit Mounted (Active Rectifier)
Refrigerant Type R-134a

Cooler

Size 55
Waterbox Type Nozzle-In-Head, 1034 kPa
Passes 2
Nozzle Arrangement Will Advise
Tubing Super E3 (SUPE3), .635 mm, Copper
Fluid Type Fresh Water
Fouling Factor (m²·K)/kW 0,01761

Compressor

Size Full Load Optimized
Economizer Yes

Flow Controls

Fasc Office 27

Weights

Total Rigging Weight 11221 kg
Total Operating Weight 12373 kg
Refrigerant Weight 649 kg

Condenser

Size 55
Waterbox Type Nozzle-In-Head, 1034 kPa
Passes 2
Nozzle Arrangement Will Advise
Tubing Spike Fin III (SPK3), .635 mm, Copper
Fluid Type Fresh Water
Fouling Factor (m²·K)/kW 0,04403

Motor

Size V
Line Voltage/Hertz 380-3-60

Output Type	Full Load	Part Load	Part Load	Part Load
Percent Load	100,00	75,00	50,00	25,00
Chiller Capacity	560 Tons	420 Tons	280 Tons	140 Tons
Chiller Input kW	315 kW	169 kW	80 kW	42 kW
Chiller Input Power	0,562 kW/Ton	0,402 kW/Ton	0,286 kW/Ton	0,300 kW/Ton
Chiller COP	6,3	8,8	12,3	11,7
Cooler				
Entering Temp.	14,00 °C	12,24 °C	10,49 °C	8,75 °C
Leaving Temp.	7,00 °C	7,00 °C	7,00 °C	7,00 °C
Flow Rate	67,3 L/s	67,3 L/s	67,3 L/s	67,3 L/s
Pressure Drop	46,0 kPa	46,3 kPa	46,5 kPa	46,7 kPa
Condenser				
Leaving Temp.	34,58 °C	27,22 °C	20,55 °C	19,44 °C
Entering Temp.	29,44 °C	23,89 °C	18,33 °C	18,33 °C
Flow Rate	106,0 L/s	106,0 L/s	106,0 L/s	106,0 L/s
Pressure Drop	63,5 kPa	65,2 kPa	67,1 kPa	67,2 kPa
Motor				
Motor Rated Load Amps	439	334	253	230
Chiller Rated Line Amps	500	272	135	77
Chiller Inrush Amps	500			
Max Fuse/CB Amps	1000			
Min Circuit Ampacity	625			

Messages:

- (1) Certified in accordance with the AHRI Water-Chilling Packages using the Vapor Compression Cycle Certification Program, which is based on AHRI Standard 550/590 (formerly ARI Standard 550/590)