

**ESCOLA POLITÉCNICA
DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ENERGIA E
AUTOMAÇÃO ELÉTRICAS



**USO DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA PARA FINS DE GESTÃO DE
ENERGIA**

Denis Kenji Torii
Leandro Yashiro

PROJETO DE FORMATURA/2004

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ENERGIA E
AUTOMAÇÃO ELÉTRICAS**



PROJETO DE FORMATURA/2004

**USO DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA FINS DE
GESTÃO DE ENERGIA**

**ALUNOS: Denis Kenji Torii
Leandro Yashiro**

**ORIENTADOR: Marco Antônio Saidel
COORDENADOR: Carlos Márcio Vieira Tahan**

*Dedicamos este trabalho
aos nossos pais,
familiares, amigos e a
todos que contribuíram
para a realização do
mesmo.*

Sumário

SINOPSE.....	5
1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVO.....	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
4. METODOLOGIA GERAL	11
4.1 DEFINIÇÃO INICIAL DOS INDICADORES DE EFICIÊNCIA	11
4.1.1 <i>Indicadores Genéricos de Eficiência Energética</i>	11
4.1.2 <i>Indicadores de Eficiência Energética em uma Instituição de Ensino</i>	14
4.2 OBTENÇÃO DE DADOS	18
4.3 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES A SEREM UTILIZADOS.....	20
4.4 HIPÓTESES CONSIDERADAS.....	21
5. ANÁLISE DOS DADOS	23
6. RESULTADOS OBTIDOS	26
7. CONCLUSÕES.....	32
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	33
9. ANEXOS	35

Sinopse

Este trabalho apresenta uma metodologia de determinação e utilização de indicadores de eficiência energética com a finalidade de se obter uma melhor eficiência e racionalidade de energia elétrica, orientada para a análise de instalações de ensino.

São apresentados os meios de obtenção dos dados, assim como a metodologia para a manipulação dos mesmos.

São apresentados diversos indicadores possíveis de serem aplicados a uma instituição de ensino, realizando um estudo mais aprofundado para alguns deles, como demanda máxima por área e consumo por área, definidos de acordo com os dados disponíveis. Assim, é apresentado um estudo de caso utilizando-se os indicadores previamente definidos, para o universo da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (CUASO), o maior campus da Universidade de São Paulo.

1. Introdução

Dentro do atual cenário macro-econômico, empresas e instituições em geral, sejam elas de pequeno ou grande porte, buscam a otimização de seus custos inerentes, a fim de propiciar um melhor aproveitamento dos recursos econômicos e naturais que elas têm disponíveis.

Um dos meios de obter essa otimização dos gastos, é o uso racional da energia elétrica. Assim sendo, um projeto de eficiência energética pode ser um ponto de partida para a modernização seja em instalações prediais ou em processos industriais já que, dependendo do tipo e do tamanho da empresa, a energia consumida pode representar uma porcentagem significativa dos custos operacionais daquela empresa.

Ligado ao conceito de uso racional, temos o conceito de eficiência energética, que se refere às medidas adotadas e ao resultado obtido, tendo sempre em vista a redução do consumo de energia primária para produzir um determinado serviço de energia. Esta redução pode acontecer em qualquer etapa das transformações que a energia sofre (energia primária ? energia secundária ? uso final), podendo também ocorrer devido à substituição de uma forma de energia por outra.

É importante lembrar que o uso racional e eficiente de energia elétrica pressupõe que não haja prejuízo à eficiência dos processos decorrentes do uso da energia elétrica. Assim, deve haver igual, ou melhor, produção de iluminação, produto ou trabalho, com menor uso de energia. Isso pode ser obtido através de substituições de luminárias, motores, aparelhos de ar-condicionado, etc. Além disso, para se obter a eficiência, relativa ao gasto dos recursos econômicos, desejada, pode-se utilizar a automação de processos e o gerenciamento energético associado, a fim de possibilitar a alocação do consumo em períodos de tarifas menores (fora do horário de ponta do sistema elétrico), desde que seja possível a mudança dos padrões de demanda. É

importante ressaltar que todas essas alterações e medidas a serem tomadas devem ser feitas de forma a não comprometer o nível de conforto proporcionado aos usuários finais.

Antes de determinar as medidas a serem adotadas num projeto de melhoria de eficiência energética, é preciso detalhar quais padrões que servirão de guia para avaliar patamares mínimos e ideais para a instalação considerada. Daí, surge a grande importância dos indicadores de eficiência, que aplicados aos dados reais e atualizados da instalação, permitirão avaliar a cada instante, o grau de eficiência energética.

Como indicadores, consideraremos nesse caso, índices de mérito que relacionam grandezas elétricas (como kWh, MVA, etc.) com outras grandezas relevantes (por exemplo, número de empregados, quantidade de equipamentos produzidos, área útil da instalação, temperatura, etc.). A proposição de quais são os índices de mérito relevantes a uma instalação, é um dos objetivos deste trabalho, uma vez que será preciso obter modelos de consumo relacionados aos indicadores considerados, para que se desenvolva uma metodologia para avaliação da eficiência energética de uma dada instalação.

Nesse projeto de formatura, serão utilizados dados reais obtidos junto à Universidade de São Paulo, para o balizamento da metodologia. Como a Universidade é composta de diversas unidades, com funções e padrões de consumo diversos, pode-se, numa aproximação razoável, dizer que a metodologia decorrente desse projeto, mesmo sendo originada de um universo restrito, poderia ser aplicada em um ambiente mais amplo de consumidores.

2. **Objetivo**

O principal objetivo deste trabalho é realizar um estudo para a proposição de indicadores de eficiência energética visando eficiência e racionalidade de energia elétrica em instalações.

Será feito um estudo de caso visando à aplicação de indicadores previamente definidos para o universo da Universidade de São Paulo, analisando propriedade e pertinência dos mesmos.

Finalmente, será proposta uma metodologia de análise de eficiência energética em instalações similares.

3. Revisão Bibliográfica

Desde as crises do petróleo, a primeira em 1973 e a segunda em 1979, o estudo sobre eficiência energética passou a ser um importante elemento da política energética no Brasil, sendo ainda mais enfatizado a partir da crise de abastecimento no início de 2001.

O conceito de eficiência energética se refere às medidas implementadas e a resultados alcançados na busca de uma melhor utilização da energia, ou ainda, na utilização racional da energia que pode, por sua vez, caracterizar a forma de utilização da mesma (Castro et Shimozako, 2001 ^[6]).

Nesse contexto, foi criado o conceito de indicadores de eficiência energética, que podem ser definidos como sendo figuras de mérito que relacionam grandezas relacionadas à energia elétrica com outros tipos de grandezas, sejam elas físicas, ocupacionais, modos de utilização, etc (Castro et Shimozako, 2001 ^[6]).

Os indicadores de eficiência energética constituem uma importante ferramenta para a realização de diagnósticos energéticos e, quando aplicados a diagnósticos energéticos, permitem um macro estudo das características de consumo da instalação, possibilitando a determinação do potencial de conservação de energia elétrica através de comparações com valores típicos obtidos para instalações com características semelhantes (Alvarez et al, 1998 ^[5]).

O uso de indicadores quando utilizados no acompanhamento dos resultados das medidas de uso racional e eficiente de energia elétrica, permite o estudo da evolução da instalação, no que diz respeito à sua eficiência, a partir da análise da série histórica desses indicadores. Dessa forma, é possível planejar ações futuras e corrigir as ações em andamento, minimizando custos e maximizando resultados (Alvarez et al, 1998 ^[5]).

Para a definição dos indicadores a serem utilizados no estudo relativo à eficiência energética, deve-se fazer um estudo preliminar, definindo os indicadores que seriam mais eficientes para promover o uso racional de energia. Porém, é evidente que um estudo realizado para uma instalação comercial apresentaria diferentes indicadores, e diferentes valores típicos de indicadores, quando comparado a um estudo similar realizado em uma instalação industrial, residencial ou de ensino. Portanto, nada mais lógico do que se dividir os indicadores em categorias:

- **Indicadores genéricos** (aplicáveis a qualquer instalação): fator de carga, consumo mensal por área útil, potência instalada por área iluminada, etc;
- **Indicadores para a análise de instalações de ensino:** consumo mensal por docente equivalente, consumo mensal por aluno equivalente, indicador de concentração de área por total de pessoas, indicador de consumo específico, etc;
- **Indicadores para o setor industrial:** consumo específico de eletricidade, indicador de intensidade elétrica, etc;
- **Indicadores para o setor comercial:** indicador de dependência do consumo em função da temperatura, consumo de energia por funcionário, número de clientes por dia, etc;
- **Indicadores para o setor residencial:** consumo per capita, energia total per capita, consumo por cômodo, etc.

4. **Metodologia Geral**

4.1 Definição Inicial dos Indicadores de Eficiência

O uso dos indicadores permite avaliar a evolução da eficiência de processos e de equipamentos em diferentes setores, ou mais globalmente, ao se utilizar indicadores para uma possível comparação de eficiência entre países. Com base nesses dados, será feita uma breve exposição de alguns indicadores, entre eles os que serão utilizados para o estudo de caso relativo à Universidade de São Paulo, definindo as variáveis e grandezas a que estão relacionados. Também será feita uma classificação em duas categorias: indicadores genéricos e indicadores para a análise de instituições de ensino superior.

4.1.1 Indicadores Genéricos de Eficiência Energética

Entende-se por indicadores genéricos de eficiência energética aqueles que podem ser aplicados a qualquer tipo de instalação, seja ela comercial, de ensino, industrial, etc.

- **Consumo mensal por área útil (expresso em kWh/m²)**

$$\frac{\text{Energia(kWh)}}{\text{Área(m}^2\text{)}}$$

onde, Energia: consumo mensal total de energia da instalação;

Área: área útil da instalação.

Esse indicador relaciona a energia consumida pela instalação e sua área útil. No caso desse indicador, podemos considerar a energia consumida

em diversos períodos: mensalmente, diariamente, ou em intervalos de tempo menores, tais como: períodos de ponta ou de consumo noturno.

O uso desse indicador permitirá comparar instalações diferentes, e a diferença entre os valores obtidos para cada uma delas poderá indicar desde uma diferença funcional entre as instalações, até uma discrepância no grau de eficiência das mesmas.

- **Indicador de Dependência do Consumo em Função da Temperatura:**

$$\frac{\text{Energia}(KWh)}{\text{Área}(m^2) \times t(^{\circ}C)}$$

onde, Energia: consumo de energia elétrica global;

Área: área útil da instalação;

t: temperatura.

Neste indicador podemos considerar a energia elétrica consumida em diversos períodos de tempo, sendo a área considerada, a área útil da instalação (para uma abordagem mais exata, pode-se considerar a área climatizada total; entretanto, isso exige uma disponibilidade de dados mais detalhados).

Para obtermos uma conformidade lógica dos dados indicadores devemos utilizar dados de temperatura que sejam medidos dentro do mesmo intervalo de tempo da energia consumida considerada. Assim, no caso de considerar-se a energia consumida mensalmente, deve-se utilizar a temperatura média mensal, e no caso de se utilizar a energia consumida por hora, pode-se considerar a temperatura média (ou máxima) de cada hora.

Esse indicador mostra a influência da variação de temperatura no consumo de energia. É natural, por exemplo, que instalações com sistemas de ar-condicionado, passem a consumir mais energia elétrica para manter a refrigeração do ambiente interno, devido a aumentos da temperatura externa à instalação.

Sendo assim, verificaríamos tanto um aumento na temperatura quanto na energia, resultando em pequenas variações no valor do indicador. No caso em que o valor do indicador diminuísse com o aumento da temperatura, seria possível observar, por exemplo, que nesta instalação não há grande utilização de sistemas de ar-condicionado, numa situação em que a energia consumida seria constante e a temperatura aumentasse.

Numa variação desse indicador, passar a temperatura para o numerador, resultando em:

$$\frac{Energia(KWh) \times t(^{\circ}C)}{\acute{Area}(m^2)}$$

Para este novo indicador, poderia ser feita a mesma análise, porém, agora seria feita uma análise verificando a intensidade em que o indicador varia com a variação da temperatura. Por exemplo, em uma instalação que quase não utiliza sistemas de ar-condicionado, esse indicador deveria seguir um padrão linear, e já em uma instalação com uso intensivo de sistemas de ar-condicionado com um grande número de sistemas de ar-condicionado, poderíamos esperar um comportamento mais aproximado de uma exponencial.

4.1.2 Indicadores de Eficiência Energética em uma Instituição de Ensino

- **Consumo mensal por Docente Equivalente**

É expresso em (kWh/DE), onde

$$DE = \sum_{i=1}^n \frac{N_i \cdot h_i}{40}$$

onde, N_i : Número de docentes do regime de trabalho i

h_i : número de horas do regime de trabalho i

n : número de regimes de trabalho diferentes.

DE visa uniformizar todos os diferentes regimes de trabalho (integral, parcial, etc.) existentes na instalação, num regime de trabalho de 40 horas semanais.

- **Consumo mensal por Aluno Equivalente**

É expresso em (kWh/AE), onde

$$AE = \sum_{i=1}^n \frac{N_i \cdot h_i}{40}$$

onde, N_i : Número de alunos do regime de estudo i

h_i : número de horas do regime de estudo i

n : número de regimes de estudo diferentes.

AE visa uniformizar todos os diferentes regimes de estudo (integral, parcial, etc.) existentes na instalação, num período de 40 horas semanais.

- **Consumo de Energia Elétrica por Docente Equivalente:**

$$\frac{EE}{DE} = \frac{EE}{E} \times \frac{E}{DE}$$

onde, EE/DE: intensidade elétrica por docente equivalente;

EE/E: participação da energia elétrica no consumo total de energia;

E/DE: consumo total de energia por docente equivalente.

Este indicador pode ser utilizado para casos de estudo onde se tem disponível apenas o número de docentes e não o número de usuários da instalação, com a intenção de se obter estimativas razoáveis para o indicador ao se utilizar o número de docentes ao invés do número de usuários totais.

- **Consumo de Energia Elétrica por Aluno Equivalente:**

$$\frac{EE}{AE} = \frac{EE}{E} \times \frac{E}{AE}$$

onde, EE/AE: intensidade elétrica por aluno equivalente;

EE/E: participação da energia elétrica no consumo total de energia;

E/AE: consumo total de energia por aluno equivalente.

A mesma aplicação do indicador anterior (Consumo de Energia Elétrica por Docente), pode ser adotada para este indicador, com a utilização do número de alunos ao invés do número de docentes.

- **Indicador de Demanda Específica:**

$$\frac{\text{Demanda Máxima}(W)}{\text{Área}(m^2)}$$

onde, A: Área Bruta do local a ser estudado;

O propósito principal desse indicador é o dimensionamento elétrico de instalações futuras. Pode-se, por exemplo, avaliar as necessidades de contratação de energia para um campus a ser construído, levando em conta os tipos de instalações que irão compor o campus, e qual a área destinada a cada uma dessas instalações. Através dos indicadores típicos para cada tipo de instalação, obtém-se uma estimativa razoável da demanda elétrica necessária.

- **Consumo mensal por Usuário Equivalente**

Introduzimos aqui o conceito de usuário equivalente, que pretende contemplar os vários tipos de usuários existentes nas instalações. O cálculo de U.E. visa uniformizar todos os diferentes regimes de trabalho e estudo (integral, parcial, etc.) existentes na instalação, num regime de trabalho de 40 horas semanais.

A energia novamente pode ser considerada em diversos períodos de tempo, desde intervalos horários até períodos mensais.

O indicador é expresso por

$$\frac{\text{Energia}(kWh)}{UE}$$

onde,

$$UE = \sum_{i=1}^n \frac{N^D_i . h^D_i}{40} + \sum_{j=1}^p \frac{N^A_i . h^A_i}{40} + \sum_{k=1}^q \frac{N^F_i . h^F_i}{40}$$

onde, N^D_i : Número de docentes do regime de trabalho i

h^D_i : Número de horas do regime de trabalho i

N^A_i : Número de alunos do regime de estudo i

h^A_i : Número de horas do regime de estudo i

N^F_i : Número de funcionários do regime de trabalho i

h^F_i : Número de horas do regime de trabalho i

n : número de regimes de trabalho existentes para docentes.

p : número de regimes de estudo existentes para alunos.

q : número de regimes de trabalho existentes para funcionários.

Através desse indicador, podemos comparar instalações diferentes, que possuam mesma atividade funcional. Diferentemente do caso anterior, o parâmetro de comparação nesse caso é o número de usuários efetivos da instalação, observando a influência do número de pessoas que utilizam / freqüentam a instalação no consumo de energia da mesma.

4.2 Obtenção de Dados

Os principais dados de energia e demanda a serem utilizados nesse projeto de formatura, serão os dados obtidos através do sistema **SISGEN** de gerenciamento de energia (maiores informações na referência [8]), implantado na CUASO-USP.

“Esse sistema de gerenciamento da energia elétrica foi projetado para as principais instalações da USP e encontra-se em fase de implantação. Quando finalizado irá atender 72 pontos de monitoração. A implantação do sistema já cobre 32 pontos na CUASO e diversos pontos em Unidades dos campi de Pirassununga, Bauru e São Carlos. Além disso, está em fase de implantação também na Faculdade de Medicina, Instituto de Medicina Tropical, Escola de Enfermagem e Faculdade de Saúde Pública(...)” (retirado do site do programa Pure USP)

Os dados disponíveis através desse sistema são (por unidade consumidora):

- Demandas ativa, reativa e aparente
- Energias ativa, reativa e aparente
- Fator de potência

Para a análise dos indicadores de eficiência, serão utilizados além dos dados de energia, alguns dados pertinentes às unidades consumidoras, como número de pessoas que freqüentam a unidade, número de alunos de graduação e pós-graduação, docentes, funcionários, área útil, etc. Para isso, serão utilizadas informações do anuário estatístico da USP ^[4]. Como ressalva, temos que destacar que os anuários estatísticos disponíveis referem-se sempre ao ano anterior à sua publicação, e assim, não estarão referenciados na mesma base de tempo que as medidas de energia obtidas.

A seguir, vamos indicar qual a disponibilidade de dados significativos por unidade.

	Meses disponíveis								
	2003					2004			
Unidades	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr
CCE									
Educação Física									
FEA									
ICB-I									
ICB-IV									
IME									
Inst. Geociências									
Inst. Oceanogr.									
MAC									
Odontologia									
Poli Química									
Tokamak									
Veterinária									

4.3 Definição dos Indicadores a Serem Utilizados

Após uma análise inicial dos dados disponíveis, optamos focar o estudo nos seguintes indicadores:

$$\frac{Demanda\ Máxima(W)}{Área(m^2)} \text{ e } \frac{Energia(Wh)}{Área(m^2)}$$

Com base nesses dois indicadores, variamos os intervalos de tempo considerados ao longo de um dia (todos os consumos são diários), obtendo os seguintes indicadores:

-Consumo Diário Total / Área (Wh / m²)

-Consumo Fora de Ponta (F.P.) Capacitivo (00:30 às 06:30) / Área (Wh/m²) – é nesse período em que observamos o menor consumo de energia elétrica da instalação, caracterizado apenas por sistemas de consumo ininterrupto e iluminação de segurança.

-Consumo F.P. Indutivo Diurno (06:30 às 17:30) / Área (Wh/m²) – nesse período temos o consumo usual da instalação, que irá depender do número de usuários da instalação, quantidade de aulas, ou seja, depende do perfil de consumo de cada instalação.

-Consumo de Ponta (17:30 às 20:30) / Área (Wh / m²) – diferentemente de instalações comerciais, residenciais e industriais, esse não é necessariamente o período de maior consumo energético desse tipo de instalação, uma vez que sua variação em relação ao consumo fora de ponta depende diretamente de fatores como presença de aulas e frequentadores da instalação no período noturno.

-Consumo F.P. Indutivo Noturno (20:30 às 00:30) / Área (Wh/m²) – assim como no consumo de ponta, esse indicador também depende do número de aulas e frequentadores da instalação nesse período.

-Demanda Máxima / Área (W/m²)

Para os indicadores que envolvem consumo de ponta e fora de ponta, utilizou-se também o conceito de **consumo normalizado**, que seria o consumo de energia dividido pelo período de tempo envolvido na medida de energia. Assim, teremos, por exemplo, no caso do indicador de consumo diário fora de ponta capacitivo / área, a seguinte fórmula (em W/m²):

$$\frac{\text{Energia Fora Pta. Capac. (Wh)}}{6 * \text{Área (m}^2\text{)}}$$

Em relação aos outros indicadores levantados anteriormente, muitos foram descartados devido à escassez de dados consistentes, indisponibilidade de dados de temperatura, e dificuldades em se obter o número exato de usuários por unidade.

4.4 Hipóteses Consideradas

Antes de realizar a análise dos dados, há algumas hipóteses iniciais a serem consideradas, com a finalidade de se tornar viável a análise de dados.

Uma das hipóteses adotadas foi a de podermos desconsiderar alguns dados diários. Abaixo seguem outras considerações adotadas no tratamento dos indicadores:

- Horas de permanência dos usuários nas instalações: Funcionários não-docentes (40 h/semana), Alunos de Graduação Integral (30 h/semana), Alunos de Graduação Diurno (20 h/semana), Alunos de Graduação Noturno (15 h/semana), Alunos de Pós-Graduação (30 h/semana),

Docentes RDIDP (40 h/semana), Docentes RTC (24 h/semana) e Docentes RTP (12 h/semana).

Neste caso, acreditamos que o fator que necessitaria de maior estudo seria no caso de alunos de graduação e de pós-graduação.

- Número de usuários da instalação não varia ao longo do ano.

Esta hipótese será adotada em todas unidades, porém, deverá causar uma maior discrepância em unidades com uma grande porcentagem relativa de visitantes em relação ao número de usuários total, como o MAC, por exemplo.

- Áreas mencionadas no anuário estatístico correspondem a áreas construídas (e não as áreas úteis) das instalações.

Futuramente seria interessante fazer o levantamento das áreas úteis das unidades e discriminadas por funcionalidade, para uma melhor análise, mas esse assunto será tratado mais adiante.

- Os valores de área e usuários no anuário estatístico 2002 não têm diferenças significativas em relação aos números de 2003/2004.

Acreditamos que as diferenças seriam mínimas com essa hipótese, apenas sendo importante estar atento a grandes alterações, como expansão ou construção de novas áreas úteis, criação de novos cursos, etc.

- Dias que não possuíam as 96 leituras diárias ($96 \times 15 \text{ min} = 24 \text{ horas}$) foram desconsiderados, com a hipótese de que sua retirada afetaria menos as médias utilizadas para o cálculo dos indicadores.

5. Análise dos Dados

Inicialmente, foi necessária a manipulação do banco de dados fornecido pelo SISGEN, que se encontrava em formato de arquivo MS Access (exportado via SQL Server; ver arquivo “GEPEA.MDB” no CD em anexo). Esse arquivo foi então exportado para o MS Excel, gerando uma primeira planilha com todos os dados amostrados pelo sistema. Em seguida, tendo como base essa planilha, foram geradas planilhas similares, para cada dia do mês considerado. Podem ser encontrados exemplos no anexo e no CD incluso com esse trabalho.

Analisando os dados disponibilizados, foram analisadas as seguintes unidades:

- Faculdade de Veterinária
- Museu de Arte Contemporânea (MAC)
- Centro de Computação Eletrônica (CCE)
- Escola Politécnica – Bloco da Engenharia Química
- Instituto Oceanográfico
- Instituto de Geociências
- Instituto de Ciências Biológicas – unidade I
- Instituto de Ciências Biológicas – unidade IV
- Faculdade de Economia e Administração
- Faculdade de Odontologia
- Laboratório Tokamak (IF) – Administração
- Faculdade de Educação Física
- Instituto de Matemática e Estatística (IME)

Devido ao caráter de consolidação e implantação em que o sistema se encontra, não foi possível, em grande parte dos casos, a obtenção de dados para todos os dias do mês. Assim, os dias em que não se dispunha do total de 96 leituras (1 leitura de consumo a cada 15 minutos), não foram inclusos no cálculo da média do indicador no mês, já que os mesmos acarretariam em alteração errônea nos valores médios diários, gerando grandes desvios em relação aos valores médios reais.

Por se tratar de uma abordagem de cálculo de média, e considerando que o número de leituras desprezadas no mês foi relativamente baixa (em torno de 20 a 30 % do total de leituras possíveis), podemos considerar a aproximação válida, já que tais dados afetariam pouco a média obtida.

Foi montada também uma planilha consolidando os dados de cada dia, na qual se têm as médias de cada dia da semana para cada mês. Também foram calculadas as médias mensais para cada indicador, permitindo assim traçar gráficos comparativos inter-unidades. São através dos dados dessa planilha, que se pôde gerar gráficos para cada indicador, com a finalidade de comparação entre unidades diversas. Os gráficos inter-unidades foram considerados pouco relevantes nesse momento, devido aos indicadores que foram escolhidos para análise, uma vez que esses indicadores têm significância apenas quando comparados entre unidades diferentes. Para fins de ilustração, mostramos abaixo um gráfico inter-unidades (Figura 5.1), onde podemos observar que esse gráfico seria apenas interessante no caso de se querer observar a sazonalidade do consumo energético daquela instalação, já que o valor da área útil não se altera.

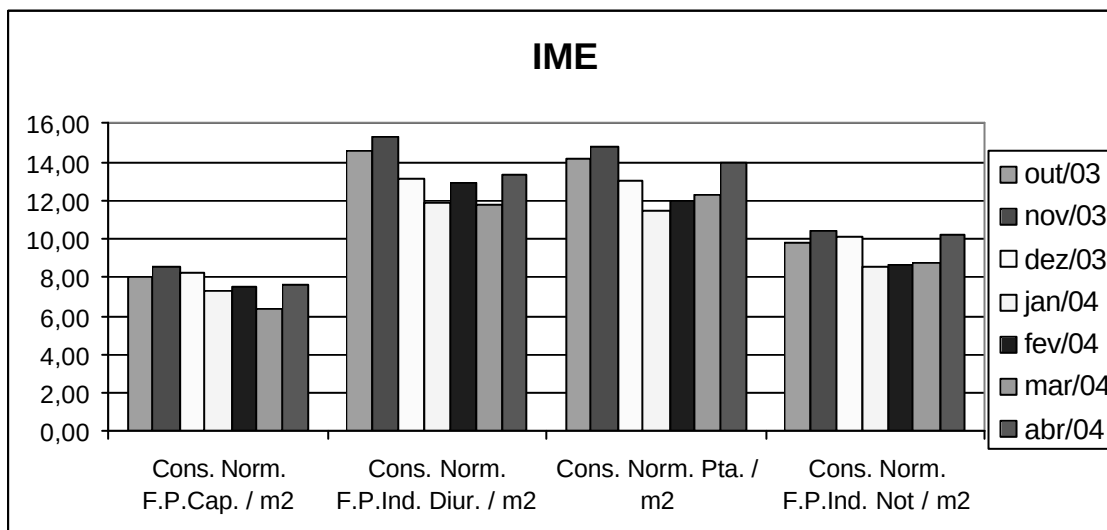


Figura 5.2 – Exemplo de gráfico inter-unidade

Já na figura 5.2 abaixo, temos o exemplo simplificado de um gráfico utilizado para análise de um dos indicadores calculados pela metodologia. Para cada um dos indicadores, foram levantados gráficos semelhantes a este, porém, com todas as unidades disponíveis.

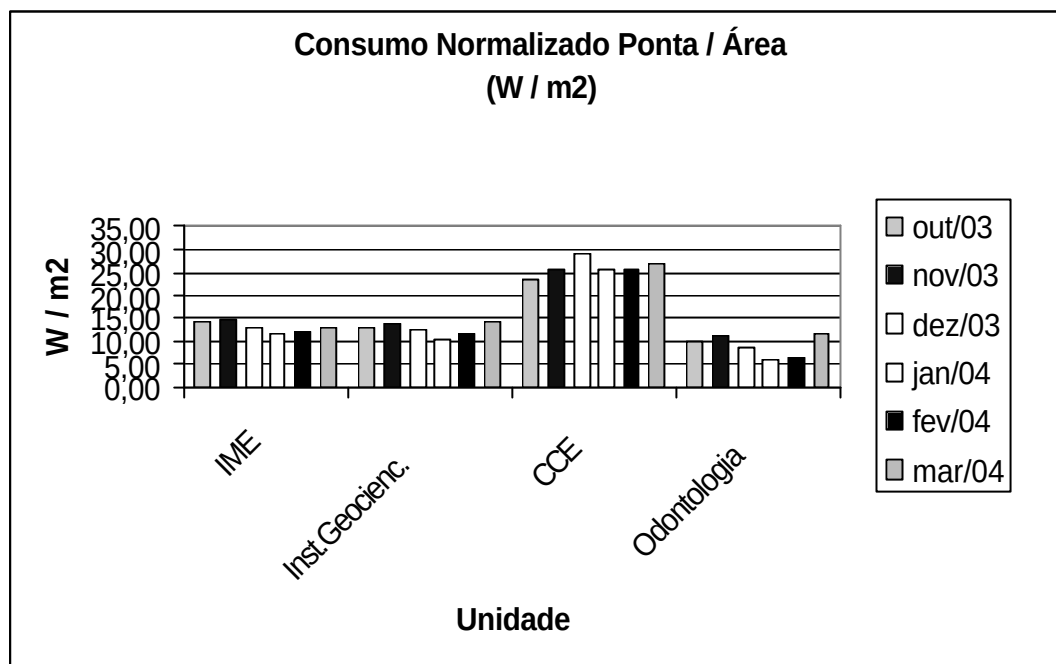


Figura 5.2 – Exemplo simplificado de gráfico comparativo

Em anexo, encontram-se as planilhas e gráficos comparativos das análises executadas.

6. Resultados Obtidos

Primeiramente, pudemos observar a peculiaridade do consumo energético de uma instalação educacional em relação a outros tipos de instalações, como as comerciais ou residenciais. Apesar do período de novembro a março tratar-se de um período de altas temperaturas e conseqüentemente, de um maior consumo de energia devido ao uso mais intenso de ar-condicionado e refrigeradores, observa-se que nesse período há uma queda no consumo de energia. Isso é plenamente justificável devido a esse período tratar-se de um período de recesso escolar, em que boa parte dos usuários não freqüenta as instalações.

Através da análise dos gráficos de cada indicador, foi possível agrupar as unidades analisadas em três grupos distintos, cujas instalações possuem o aproximadamente o mesmo tipo de comportamento no período analisado, para todos os indicadores calculados. Para essa análise foram analisados os gráficos, e através da observação dos valores dos mesmos, foram definidas três faixas de variação de cada um dos indicadores. Observou-se o comportamento para cada indicador, e obtiveram-se as seguintes tabelas de faixa de variação:

Tabela 1. Faixas de Variação da Demanda Máxima/Área

Grupo	Faixa de Valores	Unidades do Grupo
A	Acima de 20 W/m ²	MAC, CCE, ICB-I e ICB-IV
B	Entre 10 e 20 W/m ²	Inst. Ocean., IME, Inst. Geoc., Odonto., Tokamak-Adm., FEA
C	Entre 0 e 10 W/m ²	Veterin., Poli Química, Educ. Física

Tabela 2. Faixas de Variação de Consumo Fora de Ponta Capacitivo/Área

Grupo	Faixa de Valores	Unidades do Grupo
A	Acima de 60 Wh/m ²	MAC, CCE, ICB-I, ICB-IV
B	Entre 30 e 60 Wh/m ²	IME, Inst. Geoc., Tokamak-Adm.
C	Entre 0 e 30 Wh/m ²	Inst. Ocean., FEA, Educ. Fís., Odonto, Veterin., Poli Química

Tabela 3. Faixas de Variação de Consumo Normalizado de Ponta/Área

Grupo	Faixa de Valores	Unidades do Grupo
A	Acima de 15 W/m ²	MAC, CCE, ICB-I, ICB-IV
B	Entre 10 e 15 W/m ²	FEA, Inst. Geoc., Odonto., IME
C	Entre 0 e 10 W/m ²	Inst. Ocean., Educ. Fis., Veterin., Poli Química, Tokamak- Adm.

Tabela 4. Faixas de Variação de Consumo Fora de Ponta Indutivo Noturno/Área

Grupo	Faixa de Valores	Unidades do Grupo
A	Acima de 40 Wh/m ²	MAC, CCE, ICB-I, ICB-IV
B	Entre 25 e 40 Wh/m ²	FEA, IME, Inst. Geoc.
C	Entre 0 e 25 Wh/m ²	Inst. Ocean., Odonto, Educ. Fis., Veterin., Poli Química, Tokamak-Adm.

Tabela 5. Faixas de Variação do Consumo Diário Total/Área

Grupo	Faixa de Valores	Unidades do Grupo
A	Acima de 350 Wh/m ²	MAC, CCE, ICB-I e ICB-IV
B	Entre 200 e 350 Wh/m ²	IME, Inst. Geoc., Tokamak-Adm.
C	Entre 0 e 200 Wh/m ²	Veterin., Poli Química, Educ. Física, Odonto., FEA, Inst. Ocean.

Tabela 6. Faixas de Variação do Consumo Fora de Ponta Indutivo Diurno/Área

Grupo	Faixa de Valores	Unidades do Grupo
A	Acima de 200 Wh/m ²	MAC, CCE, ICB-I e ICB-IV
B	Entre 120 e 200 Wh/m ²	IME, Inst. Geoc., Odonto, Tokamak-Adm.
C	Entre 0 e 120 Wh/m ²	Veterin., Poli Química, Educ. Física, FEA, Inst. Ocean.

Tabela 7. Faixas de Variação do Consumo Normalizado Fora de Ponta Capacitivo/Área

Grupo	Faixa de Valores	Unidades do Grupo
A	Acima de 10 W/m ²	MAC, CCE, ICB-I e ICB-IV
B	Entre 5 e 10 W/m ²	IME, Inst. Geoc., Tokamak-Adm.
C	Entre 0 e 5 W/m ²	Veterin., Poli Química, Educ. Física, FEA, Inst. Ocean., Odonto.

Tabela 8. Faixas de Variação do Consumo Normalizado Fora de Ponta Indutivo Diurno/Área

Grupo	Faixa de Valores	Unidades do Grupo
A	Acima de 20 W/m ²	MAC, CCE, ICB-I e ICB-IV
B	Entre 10 e 20 W/m ²	Inst. Ocean., IME, Inst. Geoc., Odonto, Tokamak-Adm., FEA
C	Entre 0 e 10 W/m ²	Veterin., Poli Química, Educ. Física

Tabela 9. Faixas de Variação do Consumo Normalizado Fora de Ponta Indutivo Noturno/Área

Grupo	Faixa de Valores	Unidades do Grupo
A	Acima de 10 W/m ²	MAC, CCE, ICB-I e ICB-IV
B	Entre 5 e 10 W/m ²	IME, Inst. Geoc., Odonto, Tokamak-Adm., FEA
C	Entre 0 e 5 W/m ²	Veterin., Poli Química, Educ. Física, Inst. Ocean.

Tabela 10. Faixas de Variação do Consumo de Ponta/Área

Grupo	Faixa de Valores	Unidades do Grupo
A	Acima de 45 Wh/m ²	MAC, CCE, ICB-I e ICB-IV
B	Entre 25 e 45 Wh/m ²	IME, Inst. Geoc., Odonto, Tokamak-Adm., FEA
C	Entre 0 e 25 Wh/m ²	Veterin., Poli Química, Educ. Física, Inst. Ocean.

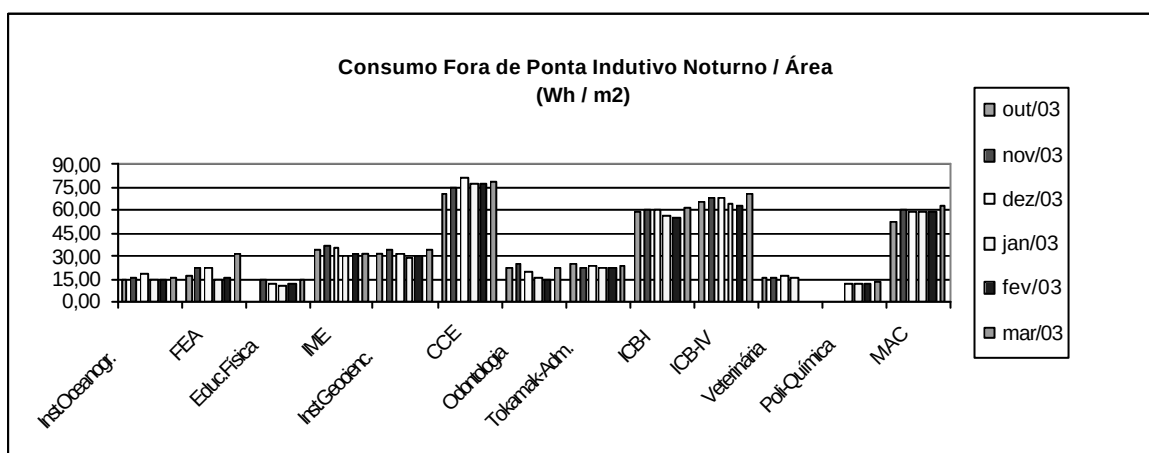


Figura 6.1

Gráfico completo de médias mensais dos indicadores de consumo fora de ponta indutivo noturno (20:30 às 00:30). Notar que para algumas unidades faltam dados para todos os meses.

Essas faixas foram definidas através de agrupamento visual dos gráficos, observando qual grupo de unidades tinham comportamento semelhante (análise pelo valor médio dos indicadores disponíveis).

Chamaremos de Grupo A, o grupo composto por unidades com indicadores de uso com maior valor absoluto. Compõem esse grupo o CCE, o ICB-I, o ICB-IV e o MAC.

Para esse grupo, podemos destacar características que possam justificar o alto consumo de energia:

- Unidades com grande número de aulas no período noturno (aplica-se ao ICB-I e ICB-IV);
- Uso intensivo de ar-condicionado (MAC e CCE);
- Presença significativa de laboratórios de pesquisa com equipamentos de alto consumo elétrico incessante, tais como freezers, climatizadores de ambiente, servidores de dados, estações de trabalho;
- Grande número de usuários por área;
- Grande porcentagem do consumo energético da instalação independe de fatores como dias letivos ou número de usuários (por exemplo, o museu tem um consumo base alto, independente do número de visitantes que recebe, devido à climatização de ambiente necessária para preservação de obras de arte).

Podemos então destacar o grupo C, composto pelas unidades Veterinária, POLI-Química, Educação Física e Instituto Oceanográfico (apesar dessa unidade se enquadrar no grupo B em alguns casos). Esse grupo tem características de consumo elétrico mais baixo, e algumas características podem ser destacadas para essas instalações:

- Unidades com ausência ou pequena quantidade de aulas no período noturno.

- Pouca concentração de laboratórios de pesquisa (Educação Física) ou laboratórios com baixa utilização de equipamentos de alto consumo energético (ar-condicionado, climatizadores, freezers, equipamento computacional).
- Menor número de usuários por área.
- Uma considerável porcentagem do consumo energético é devido à iluminação de ambientes, com menor influência relativa do ar-condicionado.

No grupo B, temos uma situação intermediária, que possui uma maior variabilidade nos valores absolutos, podendo eventualmente ultrapassar limites de valores definidos para os outros grupos; porém, as unidades nesse grupo possuem um comportamento semelhante entre si. Fazem parte desse grupo FEA, Instituto de Geociências, IME, Odontologia e Tokamak (Administração). Algumas características nesse grupo podem ser destacadas:

- Alta sazonalidade: influência do número de usuários, número de dias letivos, quantidade de eventos, cursos extra-curriculares ministrados pela unidade, etc.
- Uso considerável de equipamentos eletrônicos / mecânicos de alto consumo energético (ar-condicionado, computadores pessoais, servidores de dados, motores, etc.)

Podemos fazer uma ressalva nesse grupo: no caso da unidade Tokamak (Administração) onde observou-se uma baixa variabilidade dos indicadores de consumo ao longo do período analisado, provavelmente devido ao caráter de pesquisa, e não de atendimento direto à comunidade, apresentado por esse laboratório, o que diminuiria a influência sazonal no consumo de energia.

Através desse agrupamento, pôde-se definir patamares de valores de indicadores para cada grupo, criando parâmetros para a gestão energética da instalação. A partir desse momento, é possível, por exemplo, determinar pontos de aumento da eficiência energética da instalação, como a diminuição do consumo através da adoção de sistemas de ar-condicionado mais eficientes, ou motores de alta eficiência.

Além desse patamar de gestão, podemos definir patamares de grupo para dimensionamento de instalações e para contratação de energia das operadoras de serviço, através da observação da evolução do indicador que relaciona a demanda máxima pela área da unidade. A análise desse indicador pode ser de grande valia, podendo demonstrar casos de contratação de energia super ou sub dimensionado.

Por exemplo, vamos supor uma situação em que se deseja dimensionar um novo campus universitário. Se nesse campus tivermos apenas unidades cujo consumo se assemelhe aos grupos B e C, podemos considerar, por exemplo, um patamar de 16 W /m^2 , para dimensionamento da energia a ser contratada da concessionária de energia. Tendo a área útil total, podemos assim obter a energia total a ser contratada. Para o caso de termos algumas instalações do com mesmo perfil do grupo A, podemos aumentar esse patamar, para acomodar esse perfil.

7. Conclusões

Por se tratar tanto de um assunto relativamente novo quanto de uma metodologia nova, existem pontos que podem ser aperfeiçoados para a obtenção mais fiel dos indicadores e de resultados mais precisos, o que permitiria uma gestão de energia mais eficiente. Algumas sugestões para futuros estudos ou aprimoramentos seriam:

- Aperfeiçoamento do sistema SIGGEN para obtenção de dados mais consistentes (com menor índice de falhas de leituras diárias) e com uma maior abrangência de unidades, permitindo assim obtenção de valores médios com menor dispersão;
- Obtenção de dados de áreas úteis das unidades pertencentes à CUASO, discriminadas por funcionalidade (laboratórios, salas de aula, salas de professores, áreas esportivas, administração, etc). Tal discriminação poderia fazer uma análise mais profunda dos agrupamentos de unidades;
- Obtenção de perfis de usuário detalhados (de preferência obtida mensalmente, para observar efeitos sazonais);
- Obtenção de perfis detalhados de temperatura para obtenção de indicadores relacionados à variação de temperatura;
- Utilização de um modelo estatístico mais apurado, que permita uma melhor precisão das estimativas;
- Aplicação dos indicadores para outros tipos de instalações, como residencial, comercial e industrial.
- Uso de novos indicadores de uso de energia.

Existem inúmeros aprimoramentos possíveis e que não devem ser ignorados frente às indiscutíveis vantagens trazidas por esta rica ferramenta de gestão de energia, os indicadores de eficiência energética.

8. Referências Bibliográficas:

[1] Saidel, M.A., Alvarez, A. L. M., Silva, M.O., Kanayama, P.H. : Aplicação de Sistemáticas Visando o Uso Eficiente de Energia na Universidade de São Paulo. Trabalho de Evento “Enershow 98”, 1998

[2] Saidel, M.A., Alvarez, A. L. M., Silva, M.O., Kanayama, P.H. : A Utilização de Índices Indicadores na Implementação e na Avaliação do Desempenho de Projetos de Conservação e Uso Racional de Energia. Trabalho de Evento “III Conladis”, 1998

[3] Saidel, M.A., Alvarez, A. L. M., Silva, M.O., Kanayama, P.H. : Especificação de um Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica para a Universidade de São Paulo. Trabalho de Evento “XV SNPTEE”, 1999

[4] Universidade de São Paulo: Anuário Estatístico, 2002

[5] Alvarez, A.L.M.: Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica: Metodologia para Determinação dos Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares. Tese de Mestrado, 1998

[6] Castro, M.S.S. e Shimozako, T.T.: Uso de Indicadores de Eficiência Energética como Parâmetros para Gestão de Energia. Projeto de Formatura, 2001

[7] Borges, G.G.: Software para Gerenciamento de Faturas de Energia Elétrica para Clientes Corporativos. Projeto de Formatura, 2001

[8] O’Callaghan, P. W.: Energy Management. McGraw Hill Book Company, 1997

[9] Ricketts, Jana: Competitive Energy Management & Environmental Technologies. Fairmont Press, Inc., 1995

Sites de Internet consultados:

[10] http://www.eia.doe.gov/emeu/efficiency/measure_discussion.htm

[11] http://www.eia.doe.gov/emeu/efficiency/ee_report_html.htm

[12] <http://www.eia.doe.gov/emeu/efficiency/wec98.htm>

[13] <http://www.inee.org.br>

[14] <http://sistemas.usp.br/anuario>

ANEXOS