

# INDICADORES ENERGÉTICOS E AMBIENTAIS: FERRAMENTA IMPORTANTE NA GESTÃO DA ENERGIA ELÉTRICA

Saidel, M.A.; Favato, L.B.; Morales, C.

*Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Av. Prof. Luciano Gualberto, Travessa 3, Número 158 – CEP 05508-900 – Cidade Universitária – São Paulo*

**Abstract:** This article has the objective to report the importance of the energy indicators usage for the reduce energy management processes and make a parallel between the reduced energy provided for the efficiently implemented actions with the reduced of fuel burned in electric energy generation from the term-electrics and your consequent reduction of CO2 emissions, providing best health quality on the world.

The intention is intend to report these indicators and demonstrate the importance of reduces electric energy usage, correlation this reduces with its beneficial impacts from the environment. *Copyright © 2005 CBEE/ABEE*

**Keywords:** Electric Energy – Management of Electric Energy – Energy Indicators - Environment.

**Resumo:** Esse trabalho tem por objetivo apresentar a importância da utilização dos indicadores de eficiência energética na gestão do uso da energia elétrica e, efetuar um paralelo entre a energia economizada por meio da implementação de medidas / ações de uso racional e eficiente com a redução da queima de combustível na geração de energia em termoeletricas e, sua consequente redução nas emissões de CO2 melhorando por sua vez a qualidade de vida em nosso planeta.

O propósito, portanto é difundir esses indicadores e demonstrar a importância de se economizar energia elétrica, correlacionando essa economia com os benefícios ambientais decorrentes da mesma.

**Palavras Chaves:** Energia Elétrica - Gestão da Energia Elétrica - Indicadores de Eficiência Energética – Meio Ambiente.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Racionalizar quer dizer tornar racional ou mais eficiente. Segundo FERREIRA, J., et FERREIRA, T., 1994, eficiência energética é um conceito generalizado que se refere às medidas a serem implementadas ou já implementadas, bem como os resultados alcançados decorrentes da melhor utilização da energia. Por tanto, racionalizar o uso da energia elétrica é fator extremamente importante nos dias de hoje, uma vez que ao não usarmos de maneira racional ou mais eficiente esse insumo, estamos simplesmente desperdiçando um

potencial que poderia estar beneficiando outros processos produtivos ou residências.

O uso de indicadores energéticos como ferramenta de gestão no que tange ao uso racional de energia elétrica é pouquíssimo explorado no Brasil.

Diante desta realidade, surgiu a motivação para o desenvolvimento de estudos relacionados a este assunto na Universidade de São Paulo, tendo em vista que este recurso pode ser de grande importância nas tomadas de decisão e até mesmo em intervenções diretas auxiliando a implementação de ações que visam o uso racional e eficiente de energia elétrica, como campanhas de conscientização, projetos de substituição de

equipamentos de ar condicionado, sistemas de iluminação, entre outros. Vislumbrando este cenário, foi estabelecida uma parceria entre o GEPEA “Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica” e o PURE “Programa para o Uso Eficiente de Energia Elétrica na USP” a qual, possibilitou a realização desses estudos e a posterior elaboração dos indicadores de eficiência energética, os quais constituíram-se em um instrumento valioso na gestão da energia elétrica dentro da CUASO “Campus Universitário Armando de Salles Oliveira”.

## 2 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES

Segundo FERREIRA, J., et FERREIRA, T., 1994, os indicadores energéticos podem ser definidos como macro-indicadores (quando caracterizam a eficiência de um país ou região) e micro-indicadores (quando caracterizam a eficiência de uma empresa, edifício ou habitação). Esses indicadores podem ser divididos em duas categorias em função dos seus objetivos:

- indicadores descritivos: quando caracterizam a situação de eficiência energética sem procurar justificativa para as causas ou desvios; e
- indicadores explicativos: quando explicam as razões pelas quais se deram variações ou desvios nos indicadores descritivos, ou seja, ajudam a identificar a contribuição dos vários efeitos sejam eles tecnológicos, estruturais ou de comportamento nas variações da eficiência energética.

Os indicadores descritivos e explicativos podem ser estabelecidos tendo em consideração dois critérios básicos:

- critério econômico: quando a eficiência energética é medida em um nível elevado de agregação, não sendo possível caracterizar a atividade com indicadores técnicos ou físicos;
- critério técnico-econômico: utilizado quando a eficiência é medida em um nível desagregado, ou seja, sub-setor, ramo de atividade ou utilização final, relacionando o consumo de energia com um indicador de atividade medido em unidades físicas como: toneladas de aço, número de ocupantes, etc...

Nesse trabalho, será tratado o indicador energético do tipo explicativo, utilizando o critério técnico-econômico. Para isso, são apresentados os indicadores criados durante o estudo em questão, apresentando suas definições e particularidades:

**PCR:** O PCR (Índice Percentual de Consumo no Período de Faturamento Reservado) tem por objetivo caracterizar o quanto impacta o Consumo de Energia no Período Reservado de uma Unidade Consumidora (UC) em relação ao seu Consumo Total e é expresso por:

$$PCR = \frac{\text{Energia}_{\text{no período reservado}}(kWh)}{\text{Energia}_{\text{total da instalação}}(kWh)}$$

Por meio deste indicador é possível verificar se a unidade consumidora está apresentando um consumo noturno muito alto, comparando com outras unidades de características semelhantes, proporcionando tomar decisões e medidas de uso racional de energia elétrica em sistemas de iluminação e refrigeração ao se constatar que ocorre o desperdício ou uso ineficiente de energia elétrica.

$$PCT = \frac{\text{Energia}_{\text{ativa da unidade}}(kWh)}{\text{Energia}_{\text{total da CUASO}}(kWh)}$$

**PCT:** O PCT (Índice Percentual de Consumo Total) tem por finalidade indicar o quanto cada unidade de ensino corresponde no consumo total da CUASO e é expresso por:

Por meio deste indicador é possível verificar o quanto percentualmente cada unidade impacta no consumo total do campus Universitário, identificando os maiores consumidores a fim de estabelecer políticas energéticas para estas unidades. Como exemplo, pode-se destacar a implantação de projetos de eficiência nos quais são substituídos sistemas de iluminação e / ou aparelhos de ar condicionado ineficientes por outros eficientes constituindo em ganho à Universidade.

**CMM:** O CMM (Índice de Consumo Médio Mensal por m<sup>2</sup>) é expresso pela razão entre o consumo médio mensal pela área construída em m<sup>2</sup> e é dado por:

$$CMM = \frac{\text{Energia}_{\text{média mensal}}(kWh)}{\text{Área}_{\text{construída}}(m^2)}$$

Com este indicador pode-se efetuar comparações entre as diversas unidades de utilização semelhante e verificar o melhor valor de consumo por m<sup>2</sup>, a fim de padronizar os futuros projetos de novos edifícios na Universidade.

**CMF:** O CMF (Índice de Consumo Médio Mensal por Funcionários) é caracterizado pela razão entre o consumo médio mensal pelo número de funcionários docentes e não docentes da unidade e, é expresso por:

$$CMF = \frac{\text{Energia}_{\text{média mensal}}(kWh)}{\text{Número}_{\text{de funcionários}}}$$

Este indicador é importante para estabelecer relações entre as unidades, a fim de efetuar a caracterização peculiar dos perfis de consumo das mesmas.

**CMA:** O CMA (Índice de Consumo Médio Mensal por Alunos) é caracterizado pela razão entre o consumo médio mensal pelo número de alunos que freqüentam mensalmente a unidade e é expresso por:

$$CMA = \frac{\text{Energia}_{\text{média mensal}}(kWh)}{\text{Número}_{\text{de alunos}}}$$

Do mesmo modo que o CMF, este indicador pretende estabelecer relações entre as unidades, a fim de efetuar a caracterização dos perfis de consumo das mesmas.

**DMM:** O DMM (Índice de Demanda Máxima Mensal por m<sup>2</sup>) é demonstrado pela razão entre as máximas demandas registradas mensalmente pela área construída em m<sup>2</sup> e é dado por:

$$DMM = \frac{\text{Demanda\_máxima\_mensal}(kW)}{\text{Área\_construída}(m^2)}$$

Com este indicador pode-se efetuar comparações entre as diversas unidades e verificar o valor ideal de demanda por m<sup>2</sup> a fim de padronizar valores para os futuros projetos de novos edifícios na Universidade, auxiliando inclusive no correto dimensionamento de carregamento dos transformadores.

**DMF:** O DMF (Índice de Demanda Máxima Mensal por Funcionários) é caracterizado pela razão entre as máximas demandas registradas mensalmente pelo número de funcionários da unidade e é expresso por:

$$DMF = \frac{\text{Demanda\_máxima\_mensal}(kW)}{\text{Número\_de\_funcionários}}$$

Este indicador é importante para estabelecer relações entre as unidades, a fim de efetuar a caracterização dos perfis de carregamento dos circuitos.

**DMA:** O DMA (Índice de Demanda Máxima Mensal por Alunos) é caracterizado pela razão entre as máximas demandas registradas mensalmente pelo número de alunos que freqüentam mensalmente a unidade e é expresso por:

$$DMA = \frac{\text{Demanda\_máxima\_mensal}(kW)}{\text{Número\_de\_alunos}}$$

Do mesmo modo que o DMF, este indicador tem por objetivo estabelecer relações entre as unidades, a fim de efetuar a caracterização dos perfis de carregamento dos circuitos.

### 3 REDUÇÃO DE CONSUMO X BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

Nenhuma forma de geração de energia elétrica é totalmente “limpa”, ou seja, em todos os processos de geração de energia, o meio ambiente sofre algum tipo de impacto. Nas termoelétricas, por exemplo, a energia elétrica é gerada por meio da queima de algum tipo de combustível, geralmente de origem fóssil, o qual emite concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera, contribuindo para o agravamento do efeito estufa. Da mesma forma, as centrais hidroelétricas impactam o meio ambiente, pois para sua implementação são necessárias imensas áreas de alagamento, deslocando a população local, a fauna e a flora, além de ocasionar o apodrecimento das árvores que por ventura venham a ser alagadas causando a emissão de metano á atmosfera.

A idéia principal desse trabalho é demonstrar correlações entre a economia de energia elétrica e um possível abatimento nas emissões atmosféricas. Seguindo nessa linha e tomando como referência as relações de Vianna (2004), pode-se considerar os seguintes cenários:

- 1- A queima de 1m<sup>3</sup> de madeira representa o equivalente à geração de 2800 kWh de energia;
- 2- A queima de 3,105 litros de óleo, representa aproximadamente 10 kWh de energia gerada; e
- 3- A cada 10 kWh de energia elétrica economizada, deixam de ser emitidos 4 kg/h de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

### 4 MÉTODO

Para o desenvolvimento desses estudos, foi utilizada a base de dados das monitorações remotas extraídas do SISGEN “Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica da Universidade de São Paulo”. Os dados trabalhados, foram de 10 unidades consumidoras escolhidas estrategicamente dentro do “Campus Universitário Armando de Salles Oliveira” – São Paulo, Capital.

A proposta é elaborar os indicadores energéticos preliminares, devido a recente implantação do monitoramento remoto do consumo de energia elétrica de algumas unidades apresentadas nesse estudo. Por isso, parte-se desses indicadores e, a idéia é posteriormente desenvolver outros estudos de comportamento das instalações, comparando os consumos dos meses em diferentes anos, com esses indicadores preliminares apresentados abaixo. Segue portanto, a relação das unidades escolhidas para as análises e suas siglas de identificação nos gráficos:

- *CUASO Geral:* subestação geral de energia elétrica que abastece todo o campus universitário;
- *Poli Elétrica:* unidade de ensino - Engenharia Elétrica da Escola Politécnica;
- *FEA:* unidade de ensino - Faculdade de Economia e Administração;
- *CCE:* unidade de serviços de informática - *Centro de Computação e Eletrônica;*
- *HU:* unidade de serviços de saúde a comunidade USP e Butantã - *Hospital Universitário;*
- *ICB I:* instituto de pesquisa - Instituto de Ciências Biomédicas;
- *Odontologia:* unidade de ensino e presta serviços de atendimento odontológicos - *Faculdade de Odontologia;*

- *Veterinária*: unidade de ensino e presta serviços de atendimento médico a animais - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia;
- *Reitoria Nova*: unidade administrativa da universidade – Reitoria da Universidade;
- *MAC*: serviços culturais / exposições - Museu de Arte Contemporânea; e
- *Bibl. Química*: serviços de biblioteca - Biblioteca do conjunto das Químicas.

Cabe ressaltar, que as unidades CCE, HU, Reitoria Nova e MAC não tem indicadores DMA e CMA por serem unidades de serviços e não terem alunos.

Os dados físicos, como área construída e de ocupação das unidades, como número de alunos e funcionários, foram extraídos do Anuário Estatístico da Universidade de São Paulo de 2002.

Nas figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 são apresentados os gráficos resultantes e as análises dos indicadores energéticos calculados nesse trabalho:

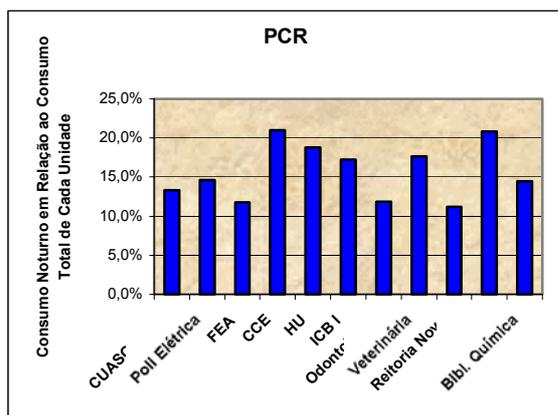


Figura 1: Índice Percentual de Consumo no Período de Faturamento Reservado

O indicador PCR alerta para um fato que muitas vezes passa despercebido, o consumo exagerado de energia elétrica nos períodos fora do horário de trabalho, ou seja, o consumo noturno, que em grande parte refere-se a iluminação de segurança e ar condicionado para preservar equipamentos. Por meio deste indicador, foi possível identificar os grandes consumidores de energia nesse período, ou seja, CCE, MAC e HU apresentaram consumo noturno de 20% em relação ao seu total como pode ser observado na figura 1. Nos casos do CCE e MAC, o ar condicionado é um grande vilão, pois o CCE possui um Centro de Processamento de Dados com grandes máquinas de informática e um sistema central de ar condicionado é responsável por refrigerar essa área. O MAC por sua vez, por se tratar de um museu de artes, também possui um sistema central de ar condicionado responsável por manter a temperatura e umidade constantes nos ambientes, a fim de preservar as obras de arte. No caso do HU um projeto de eficiência energética já está em andamento, o qual substituirá toda a iluminação atual por outra eficiente e,

com isso, espera-se uma redução de aproximadamente 10% em relação ao seu consumo total.

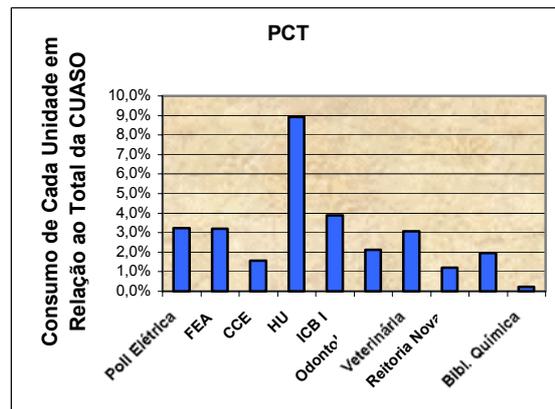


Figura 2: Índice Percentual de Consumo Total

O indicador PCT trouxe fatos relevantes para a gestão energética na Universidade, pois verifica-se que unidades como HU, Poli Elétrica, FEA, Veterinária e ICB I, se apresentam como os maiores consumidores do campus, uma vez que juntas representam aproximadamente 23% do total do consumo, conforme apresentado na figura 2. Nesse sentido, Projetos de Eficiência Energética, mais especificamente substituição de equipamentos de iluminação e ar condicionado ineficientes por outros eficientes foram iniciados nessas unidades.

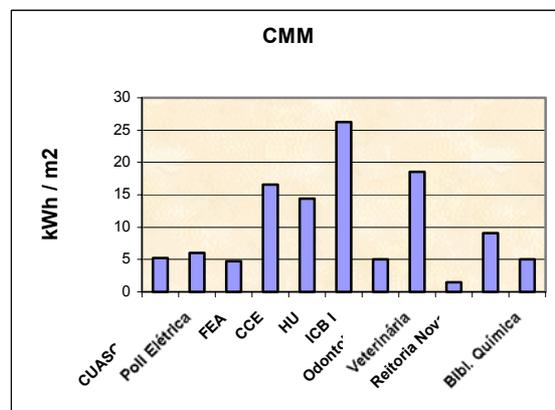


Figura 3: Índice de Consumo Médio Mensal por m²

O indicador CMM tem por objetivo apresentar valores que servirão como base / referência para futuras padronizações visando projetos de novos edifícios na Universidade, ou ainda para adequar a níveis de consumo aceitáveis aos já existentes e que apresentem inconformidades.

Com a elaboração do CMM, foi possível também identificar similaridades de consumo entre unidades, como por exemplo, as unidades FEA e Poli Elétrica, que apresentaram perfis de consumo e patamares de consumo muito próximos, conforme pode-se verificar através da figura 3.

Verificando as unidades in-loco, verificou-se que elas possuem ocupação em horários de atividade de ensino semelhantes, ou seja, aulas também em períodos noturnos e finais de semana. Com isso, estudos mais apurados visando reduzir o consumo de energia nessas

unidades estão sendo iniciados e espera-se uma redução em torno de 5%.

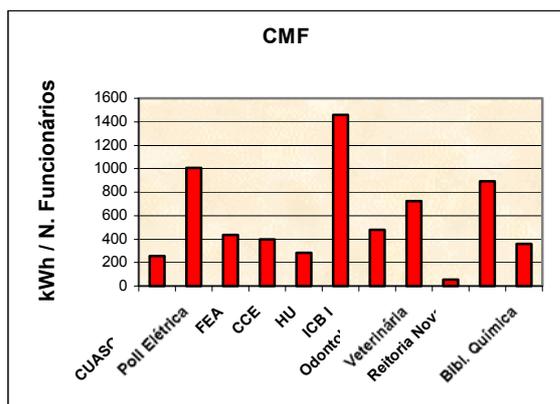


Figura 4: Índice de Consumo Médio Mensal por Funcionário

O indicador CMF apresentado pela figura 4, mostrou um dado importante, pois o consumo verificado por número de funcionários que utilizam o ambiente mostrou-se muito diversificado, variando muito de acordo com a especificidade e porte de cada unidade.

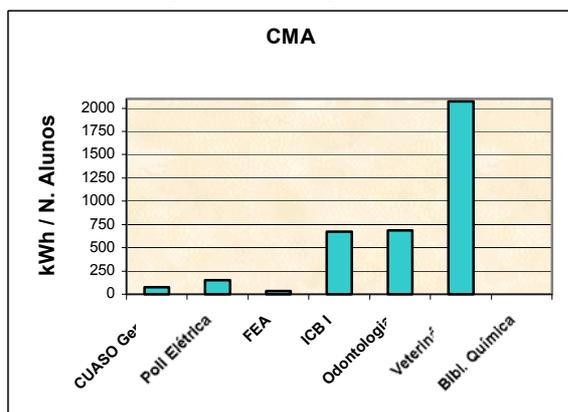


Figura 5: Índice de Consumo Médio Mensal por Aluno

Da mesma forma, o CMA apresentado pela figura 5, também mostrou-se muito diversificado. Pode-se estranhar que a Biblioteca das Químicas possui o índice quase nulo, porém, se observamos a figura 2, percebe-se que sua contribuição perante o consumo geral do campus é muito inferior as demais unidades do estudo, ou seja, menor que 1%.

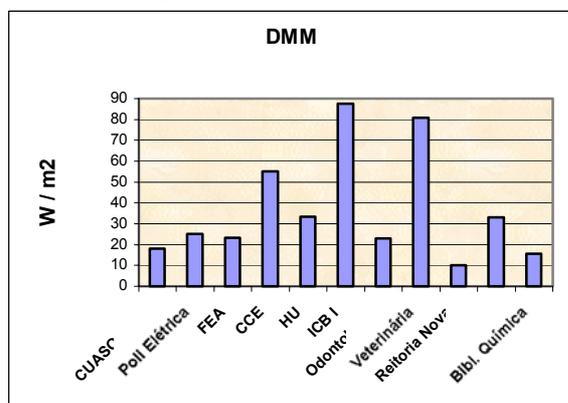


Figura 6: Índice de Demanda Média Mensal por m2

O indicador DMM, assim como o CMM tem por objetivo estabelecer valores referência para futuros

projetos de novos edifícios ou adequar os já existentes. No caso deste indicador especificamente, sua maior contribuição para a Universidade, será a de prover subsídios para as equipes de manutenção no sentido de um correto dimensionamento de carregamento dos circuitos alimentadores e dos transformadores de Média Tensão. Nesse sentido, a figura 6 apresenta o índice de demanda abaixo dos 20 W/m<sup>2</sup> dentro do campus CUASO, valor este dentro da faixa aceitável do ponto de vista da eficiência energética, indicado em diversas literaturas entre 10 a 20 W / m<sup>2</sup>.

No caso das unidades, o indicador apresentou uma contribuição muito valiosa, pois observa-se que algumas unidades se mostram dentro da faixa, como é o caso da figura 6 e, em outros casos o sinal de alerta foi ligado, uma vez que os índices de demanda ultrapassaram essa faixa. Um caso preocupante foi a unidade ICB I, pois a mesma apresenta índices de demanda da ordem de 80 W / m<sup>2</sup>. Um diagnóstico / estudo apurado será iniciado na unidade para verificar essa discrepância.

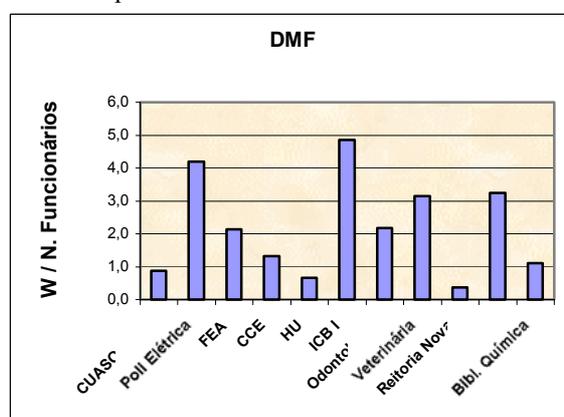


Figura 7: Índice de Demanda Média Mensal por Funcionário

O indicador DMF apresentou dados importantes da distribuição da demanda máxima registrada pelo número de funcionários apesar da diversidade entre unidades como no caso do CMF, como pode ser observado pela figura 7.

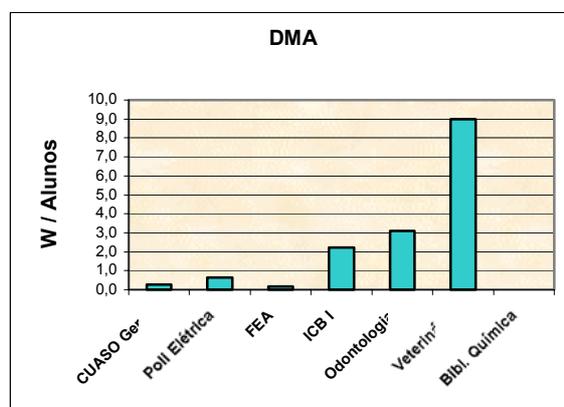


Figura 8: Índice de Demanda Média Mensal por Aluno

Da mesma forma, o DMA apresentado pela figura 8, também mostrou-se muito diversificado e mais uma vez a Biblioteca das Químicas possui o índice quase nulo

devido a sua demanda ser muito baixa em relação as demais unidades.

## 5 CONCLUSÕES

Por meio da análise dos indicadores percentuais, foi possível verificar o quanto cada unidade consome no período reservado e quanto esse consumo contribui para o consumo total dessas unidades, tornando viável uma intervenção ativa nas unidades com um consumo muito elevado, a fim de propor projetos de eficiência energética capazes de reduzir estes consumos. Além disso, foi importante identificar quanto cada unidade contribui para o consumo total do campus da Universidade de São Paulo – CUASO e com isso, estabelecer diretrizes de quais unidades serão alvo das primeiras campanhas de conscientização da importância do uso racional de energia, além da implementação dos projetos de eficiência energética capitaniados pelo PURE “Programa Para o Uso Eficiente de Energia Elétrica na USP”. O Hospital Universitário, por exemplo, contribui com cerca de 9% do consumo total do campus, sendo, portanto, um excelente candidato a implementação das ações de uso racional de energia.

Da mesma forma, tanto os indicadores de demanda quanto de consumo, foram extremamente importantes, pois por meio deles, foi possível correlacionar o quanto cada unidade consome no mês em kWh pelos indicadores físicos de área construída(m<sup>2</sup>), número de funcionários e número de alunos.

A partir desses dados é possível traçar estratégias para a redução do consumo nesses locais por meio das implementações dos projetos de eficiência energética e, estabelecer novas campanhas para a conscientização visando o uso racional de energia, além de treinamento ao pessoal de segurança para que somente as luzes essenciais fiquem acesas durante a noite. Com essas medidas, espera-se uma redução imediata no consumo geral e, acredita-se trazer benefícios ao meio ambiente através dessa redução.

## 6 AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a equipe do SISGEN “Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica da USP” pelo auxílio na extração e tabulação dos dados de consumo de energia elétrica das unidades da Universidade de São Paulo.

## 7 REFERÊNCIAS

Vianna, J.N.S. (2004). Energias Renováveis Capítulo 3.3 Biomassa. In: *Curso Sobre Energia e Meio Ambiente* (Universidade de Brasília). Brasília, DF. Anais eletrônicos. Disponível em: <<http://www.unbeds.pro.br/upload/cursos/cap3.1.1formas.pdf>> Acesso em: 02/07/2004.

Ferreira, J.J.; Ferreira, T.J. (1994). *Economia e Gestão da Energia*. Texto Editora, Lisboa.

PURE - Programa para o Uso Eficiente de Energia Elétrica na USP. Consulta geral a homepage. Disponível em: <<http://www.pure.usp.br>> Acesso em: 21 jan. 2005.

Anuário Estatístico da Universidade de São Paulo de 2002. Consulta geral a homepage. Disponível em: <<http://www.sistemas.usp.br>> Acesso em: 22 nov. 2004.