



## **Gerenciamento Efetivo de Energia por Uso Final: Um Sistema de Monitoramento de Baixo Custo Via Internet**

**Fábio Gonçalves Jota**  
**Laboratório de Controle e**  
**Processos Industriais**  
**DELT – UFMG**  
fgjota@ufmg.br

**Patricia Romeiro Silva Jota**  
**Centro de Pesquisa em**  
**Energia Inteligente**  
**DAEE - CEFET-MG**  
prsjota@des.cefetmg.br

**Eduardo Carvalhaes Nobre**  
**Gerência de Utilização**  
**de Energia**  
**CEMIG Distribuição S.A**  
ecnobre@cemig.com.br

### **RESUMO**

Um dos maiores empecilhos para se proceder a uma avaliação de ganhos energéticos, como parte do processo de efficientização de edificações, reside na dificuldade de se medir os consumos de cada tipo de carga. Sem a medição, não há como garantir que os ganhos tenham sido efetivamente alcançados. Para que seja viável técnica e financeiramente e dada a característica inerentemente distribuída das cargas, este deve ser composto por unidades de baixíssimo custo (< US\$20 por medida) e capacidade de intercomunicação, via rede local e acesso à Internet. Neste artigo, são apresentados os resultados obtidos até aqui com o Centro de Monitoramento de Usos Finais - CMUF, já instalado em 8 edificações em Belo Horizonte. Este projeto está sendo desenvolvido pela UFMG e CEFET-MG, com financiamento da CEMIG e FINEP/CT-ENERG.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Monitoramento via internet, Gerenciamento de energia, Acompanhamento sistemático, Desempenho energético.

### **1. INTRODUÇÃO**

Uma das maiores dificuldades em que as concessionárias esbarram quando da implantação de projetos de efficientização reside na quase impossibilidade de se avaliar, com precisão, os ganhos reais obtidos. Sistemas convencionais de medição destes ganhos (em termos de consumo de energia ou de melhoria de conforto térmico, luminoso ou acústico) disponíveis no mercado, são muito complexos e caros, tornando-se inviáveis técnica e financeiramente.

O Centro de Monitoramento de Usos Finais (mais conhecido pela sigla CMUF) foi concebido para atender à demanda das edificações que passam por processos de efficientização: é de instalação e operação muito simples e de baixo custo. E por ser de baixo custo possibilita que o consumo de energia seja detalhado tanto quanto necessário para se poder detectar os reais “vilões” do desperdício. Para tanto, sensores especialmente desenvolvidos para o CMUF são espalhados pelas edificações,

medindo tensão e corrente elétrica, fator de potência, etc. em todos os circuitos ou cargas em que estas se fizerem necessárias. Podem

ser também medidas variáveis ambientais tais como temperatura e umidade, interna e externa, luminosidade, etc, de forma a se poder estabelecer relações de causa-e-efeito, por exemplo, entre consumo de energia com ar-condicionado e as condições de carga.

Para facilitar o trabalho de avaliação do desempenho da edificação, os gerentes de energia (membros das CICEs) têm acesso, em tempo real, aos dados medidos e gráficos com análises comparativas já que todas as medidas ficam disponíveis em um Banco de Dados, acessível de qualquer parte do mundo, via Internet.

O CMUF é um projeto que está sendo desenvolvido por professores e alunos da UFMG e do CEFET-MG e que conta com financiamento da CEMIG e da FINEP (CT-ENERG). Atualmente, encontra-se instalado e totalmente operacional no Edifício-Sede da CEMIG (monitorando a carga dos elevadores), no DER, no Hemominas (Hemocentro-BH), no SERPRO, no CEFET-MG (CPEI) e na UFMG (LCPI). Estão sendo finalizadas as instalações dos sensores e da rede e, em breve, entrarão em operação no Hospital João XXIII, na Telemar, no Fórum Lafaiete e em todos os prédios do Campus I do CEFET-MG.

A busca da efficientização em edificações esbarra em dois obstáculos cruciais: a apuração dos resultados e o acompanhamento sistemático dos ganhos alcançados com eventuais mudanças realizadas. Normalmente, a apuração dos ganhos acaba por se dar de forma teórica, a partir de estimativas de consumo, uma vez que, como este acompanhamento sistemático se dá em partes específicas da instalação, podem ser facilmente mascaradas pelo consumo total da edificação ou mesmo reduções podem ser obtidas com a redução do conforto ambiental (luminoso e térmico). Em alguns casos é feita uma medição por um período curto, devido à dificuldade prática e ao custo elevado de se fazer tais medidas contínuas. Se a apuração (em curto prazo) torna-se difícil, o acompanhamento sistemático (contínuo), que é de longo prazo, acaba por não ser realizado, considerando que os valores apurados nos primeiros meses permanecem inalterados.

Este problema é enfrentado pelas concessionárias de energia elétrica quando do acompanhamento de resultados concretos de programas de efficientização. No caso da CEMIG, que tradicionalmente patrocina programas desta natureza, apesar do interesse e disponibilidade das chamadas "Comissões Internas de Conservação de Energia", ou CICEs, das edificações que participam de projetos de efficientização, há sempre muita dificuldade de se determinar com um certo grau de precisão até que ponto as metas foram cumpridas e, em caso negativo, as causas. O acompanhamento é, em muitos casos, feito apenas pela análise da conta de energia, análise esta muito pobre e facilmente mascarada.

O "Centro de Monitoramento de Usos Finais" - CMUF se propõe a contornar estas dificuldades abrindo novas possibilidades de acompanhamento do desempenho efetivo das edificações tanto do ponto de vista energético quanto termo-luminoso. Além do agrupamento das cargas por uso final, de uma forma setorizada, uma metodologia de acompanhamento é fornecida. Tendo-se como base dados estatísticos (reais), análises são feitas e disponibilizadas junto com as medidas feitas *online*. O "usuário" tem acesso a estas informações a partir de qualquer terminal de computador conectado à Internet. Tal monitoramento, contínuo e setorizado, viabiliza o estudo da matriz energética real da edificação para comprovação de ganhos energéticos, nos moldes exigidos pela ANEEL (ANEEL, 2002) e possibilita que se aja pontualmente e instantaneamente para eliminação de eventuais gastos excessivos, já que a fatura de energia não necessariamente identifica detalhes dessa matriz e, evidentemente, não é disponibilizada em tempo real.

Neste trabalho, foram projetados, desenvolvidos e testados sistemas de monitoramento contínuo, que agora estão sendo instalados em edificações selecionadas sendo estas, agrupadas para formar vários centros de custos. Dessa forma, está sendo possível efetivamente setorizar o uso da energia nas edificações, tornando viável um estudo e acompanhamento mais detalhado do consumo de energia. O

sistema instalado nas edificações coleta dados em intervalos de tempo pré-determinados (de 1 em 1 minuto, no caso) e os envia, pela Internet, a cada centro de custo escolhido. Os dados coletados e as análises feitas ficam disponíveis, via Internet, em tempo real, depois de armazenados em um Banco de Dados onde são processados e analisados. Uma característica importante do CMUF é a sua capacidade de processamento automático dos dados, tendo em vista que a simples disponibilização dos dados brutos para os gerentes de energia das edificações pode não reverter necessariamente em ações, devido à dificuldade de análise técnica destes dados pelas equipes técnicas das edificações. Na metodologia proposta para o tratamento destes dados, estes se revertem em informações relevantes para os gerentes, bem como para a própria concessionária. A metodologia desenvolvida servirá de base no desenvolvimento de ferramenta computacional a ser disponibilizada às equipes interessadas.

O projeto CMUF conta com apoio financeiro e técnico da CEMIG e tem financiamento da FINEP (CT-ENERG). Ao final deste trabalho, tanto a CEMIG quanto as edificações participantes do trabalho terão uma visão real do uso da energia e possíveis correções a serem implementadas. As equipes executoras deste trabalho terão transferido tecnologia de captação, processamento, transmissão de dados, além de metodologias baseadas em ferramental estatístico e computacional.

## **2. METODOLOGIA**

Este trabalho se baseia na análise de dados reais adquiridos de forma contínua *online* de 15 edificações no Estado de Minas Gerais. Estas edificações, em sua maioria, passaram ou estão passando pelo processo de eficientização promovido pelo projeto Prédios Eficientes (CEMIG 2001) e que, portanto, já possuem uma certa tradição no acompanhamento de uso da energia para auxiliar nas análises. Depois de desenvolvido o protótipo e o software necessário para aquisição e tratamento dos dados, testes preliminares foram realizados instalando-se o primeiro sistema completo no "Centro de Pesquisa em Energia Inteligente", do CEFET, que foi monitorado por todos os participantes do trabalho, via Internet. No presente momento, após a depuração do software e do hardware, estão sendo produzidas em escala semi-industrial centenas de unidades que estão sendo instaladas nas edificações pré-selecionadas. Objetivá-se, nesta fase do trabalho, realizar até uma centena de medições em cada edificação, principalmente corrente elétrica, mas não necessariamente só grandezas elétricas. A definição de que cargas devem ser monitoradas e que outras grandezas devem ser medidas é feita de comum acordo entre a equipe coordenadora do CMUF e os gerentes de energia de cada edificação.

Em cada edificação, antes da implantação do CMUF, um detalhado estudo dos "usos finais" é realizado para determinação dos pontos a serem monitorados e definição de eventuais modificações (absolutamente necessárias) a serem realizadas. O CMUF, que na verdade é virtual, no sentido de que não está fisicamente em nenhum lugar mas distribuído por todas as edificações e laboratórios envolvidos, se concretizará pela associação de todas essas edificações que estarão interligadas via Internet.

## **3. PLATAFORMAS DE HARDWARE E DE SOFTWARE DESENVOLVIDAS**

O sistema de monitoramento proposto, projetado e desenvolvido especialmente para atender aos requisitos do projeto CMUF, consiste de um conjunto do que se poderia chamar de "nanocomputadores", de baixíssimo custo e baixíssimo consumo de energia, com capacidade de realização de funções de conversão analógico-digital e comunicação por meio de uma rede de computadores própria. Destacam-se nessa rede dois tipos de unidades: "Nó" e "Roteador". Não há diferença, em termos de hardware, de uma unidade para outra; apenas os aplicativos Roteador e Nó, que desempenham funções específicas, executam programas ligeiramente diferentes: o Roteador estabelece comunicação da rede de nanocomputadores de cada edificação à Internet, via um servidor Web, que chamaremos aqui simplesmente de "Web-Server", enquanto o Nó fica essencialmente responsável pela conversão das grandezas monitoradas em sinais digitais e transmissão deste, via rede

interna, ao Roteador. Numa edificação monitorada pode haver dezenas de nós e, tipicamente, apenas um roteador e um Web-Server.

A comunicação entre as unidades que compõem o sistema distribuído de nanocomputadores é realizada segundo um protocolo, definido para aplicações de monitoramento e controle (Jota, 1987). Neste são determinadas, as formas de endereçamento e distribuição das informações de pedidos de realização de funções ou procedimentos, bem como o envio de dados. São definidos campos próprios para início de um quadro de transmissão de dados, endereço do destinatário e do remetente, número total de bytes, e um código que identifica unicamente a requisição. Este protocolo é intencionalmente simples e, apesar disto, possibilita uma grande variação de usos. Foi projetado de forma a permitir que o sistema seja instalado em todas as edificações do projeto CMUF com número nós CAN endereçáveis suficientes. Do Roteador, os valores medidos (digitalizados) correspondentes às cargas monitoradas são enviados a um Banco de Dados, onde efetivamente estes ficam armazenados e disponibilizados para tratamento e consultas futuras. No sistema implementado, a comunicação entre o Web-Server e o Banco de Dados é feita através de sockets (comunicação direta sobre o protocolo TCP/ IP).

Para conferir maior segurança e integridade aos dados, o acesso ao Banco de Dados não é direto. Um aplicativo residente na máquina que hospeda o Banco de Dados mestre, decodifica a informação recebida de cada edificação e a decompõe em informações relevantes, incluindo identificação de cada carga, em cada edificação e da hora que cada uma foi feita. Este aplicativo possui ainda uma funcionalidade adicional que permite que sejam realizadas análises simples dos dados no instante em que são recebidos; um arquivo texto com as medidas recebidas pode ser criado, a partir do qual, as medidas devidamente identificadas por data e hora, podem ser facilmente visualizadas na forma gráfica, permitindo que seja feita uma análise rápida da consistência dos dados.

Depois de armazenados no Banco de Dados do CMUF, as informações relevantes ao gerente de energia de cada edificação ficam disponibilizadas por acesso remoto, via Internet. Este acesso é evidentemente só disponibilizados a pessoas autorizadas, com senhas próprias e é realizado através de uma página Web, desenvolvida em PHP especialmente para esse fim. Esta forma de acesso ao CMUF confere grande segurança ao sistema, já que o usuário recebe informação gráfica (via página Web) e apenas o aplicativo PHP faz acesso direto ao Banco de Dados. O mesmo ocorre quando funções de análise mais complexas são solicitadas; os gráficos e tabelas gerados são sempre fornecidos ao solicitante via página Web. Já estão implantadas opções de visualização dos dados em diferentes formas, podendo ser apresentados numa base mensal, semanal, diária, de hora em hora ou de quinze em quinze minutos. Estas opções podem ser facilmente ampliadas, dependendo das particularidades do processo monitorado. A amostragem deve ser escolhida com base na medida realizada e no tipo de informação desejada.

Outras telas específicas para apresentação das informações requeridas pela metodologia de análise estão sendo desenvolvidas.

#### **4. SOFTWARE DE APOIO AO GERENCIAMENTO**

O software de apoio ao gerenciamento está instalado em um computador que possui uma réplica do Banco de Dados. O acesso aos dados é feito por meio de páginas na Internet que apresenta as informações solicitadas pelo gerente de energia. O software está sendo aprimorado visando fornecer de forma clara e objetiva os dados solicitados. O software implementa rotinas de apoio ao gerenciamento e apresenta o resultado sem que o gerente tenha que conhecer a fundo as teorias utilizadas. O gerente de energia é muitas vezes um profissional que não possui formação técnica que possibilita análises. Por esta razão, o software é didático utilizando gráficos e tabelas auto-explicativas. De posse dos dados obtidos através do monitoramento on-line, diversas análises que apóiam o gerenciamento de energia, (SILVA e JOTA, 2004, JOTA et al, 2005) são disponibilizadas ao usuário. As principais são apresentadas a seguir.

- Carregamento de fases;
- Frequência de ocorrência;
- Rateio de energia;
- Rateio de demanda;
- Caracterização do consumo energético por agrupamentos;
- Previsão de carga;

A seguir são apresentadas o detalhamento de cada análise.

### ***Carregamento de fases***

A grande maioria das cargas em edificações é monofásica. Por esta razão, na fase de projeto o engenheiro procura distribuir as cargas nas diversas fases buscando um equilíbrio das mesmas. Entretanto, na prática, é possível encontrar carregamentos bastante diferenciados. Com a medição proposta pelo CMUF é possível analisar os carregamentos das fases nos pontos de monitoramento e por consequência na carga total. A rotina implementada possibilita o acesso desta rotina para cargas individualmente ou para todas as cargas. A análise pode ser feita em um período horário, diário ou mensal. Nos primeiros dois intervalos pode-se ter a saída apresentada como um gráfico de pizza ou gráfico das correntes por fase. O primeiro gráfico avalia a distribuição percentual da corrente em cada fase no período avaliado. O segundo apresenta as correntes médias (15 min) ao longo do período avaliado. No caso de se avaliar o dia completo ter-se-á a variação da corrente ao longo do dia onde pode ser observado o perfil de desequilíbrio e intervalos mais críticos. Para a análise por um período de um mês a apresentação de saída será apenas em diagrama de pizza. Indicando o percentual de carregamento no período.

### ***Frequência de ocorrência***

Os consumidores faturados em tarifa binômica pagam ao final do mês pela maior demanda medida ou pela demanda contratada. A demanda máxima, entretanto, pode ocorrer diversas vezes ao longo do período avaliado ou apenas uma única vez no mês. Conhecer a frequência de ocorrência das demandas auxilia o gerente de energia a controlar melhor os picos. Esta rotina possibilita a análise de todas as cargas ou a análise de uma única carga. O resultado é apresentado através de histogramas.

### ***Rateio de Energia***

O rateio de energia busca identificar a contribuição de cada carga na energia consumida pela edificação. O rateio pode ser feito por carga monitorada ou por uso final (ar condicionado, iluminação, etc). O período de análise pode ser diário, mensal ou determinado pelo usuário. A apresentação dos resultados varia dependendo da opção escolhida, conforme pode ser visto na Tabela 1.

**Tabela 1 – Opções de análise de rateio de consumo**

| <b>Opção de análise</b> | <b>Intervalo de análise</b> | <b>Apresentação do resultado</b>      |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| Por uso final           | Diário                      | Gráfico de pizza<br>Gráfico de barras |
|                         | Mensal                      |                                       |
|                         | Escolhido pelo usuário      |                                       |
| Todas as cargas         | Diário                      | Gráfico de barras<br>Ranking %        |
|                         | Mensal                      |                                       |
|                         | Escolhido pelo usuário      |                                       |

### ***Rateio de demanda***

De forma similar ao rateio de consumo, o rateio de demanda busca identificar as cargas com maior influência na demanda máxima no período avaliado. Assim, se o intervalo de análise é diário, toma-se a maior demanda no intervalo avaliado e calcula-se a contribuição de cada carga na composição da demanda. Se o intervalo for mensal, toma-se a maior demanda do mês e levanta-se a contribuição das cargas neste evento. Intervalos de tempo menores avaliam picos locais.

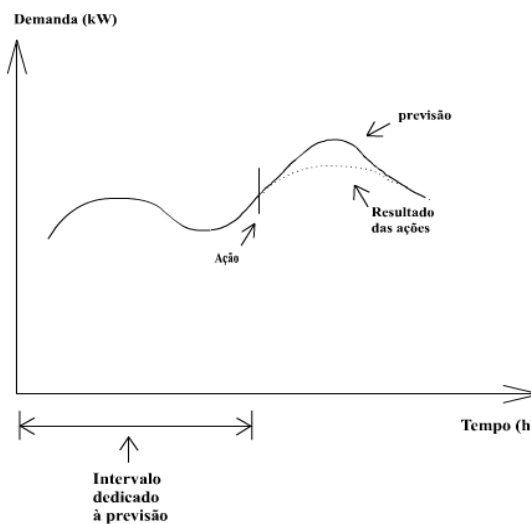
### **Caracterização do consumo energético por agrupamentos**

O uso da energia pode se alterar de forma significativa entre dias da semana. Apesar de se esperar que o uso energético seja similar para os dias úteis, esta regra não se verifica em muitos edifícios. Por esta razão, é necessário, para se ter maior precisão nas informações obtidas, que o uso energético diário (curva de carga) passe por um processo de classificação formando-se assim conjuntos semelhantes. A partir destes conjuntos formados é possível fazer análises mais precisas por grupo.

Por exemplo, uma análise realizada no Hospital Santa Casa de Misericórdia de Belo Horizonte indicou que as análises deveriam se dividir em dois agrupamentos: um de domingo a quinta e o outro sexta e sábado. A partir desta classificação as análises de previsão de carga se baseiam em análises detalhadas por grupo aumentando a precisão dos resultados (SILVA e JOTA, 2004).

### **Previsão de carga**

O gerente de energia necessita de metodologias de previsão de carga que o auxiliem na tarefa de atendimento de metas (SILVA e JOTA, 2004, JOTA e SILVA, 2004, SILVA, 2004). A meta de consumo é mensal, porém, para atendê-la deve-se dividi-la em metas diárias. Para a demanda, é necessário verificar a tendência de crescimento de carga em horários críticos. A partir da análise dos dados históricos, constrói-se as curvas de carga e de consumo. As curvas de carga passam por um classificador que forma grupos que contêm as curvas semelhantes. O número de grupos obtido definirá o número de curvas de carga típicas necessárias para representar esse consumidor. As curvas típicas são calculadas auxiliando na previsão do pico da demanda diária facilitando, assim, o consumidor ou concessionária decidir a melhor forma de atuar no sistema para reduzi-lo. O mesmo método é aplicado às curvas de energia acumulada, possibilitando a previsão de carga ao final do dia.



**Figura 1 -Efeitos a serem avaliados na curva de carga**

A Figura 1 ilustra o resultado de ações de eficiência energética (EE) na curva de carga. Apresenta o perfil de uma curva de carga típica onde as primeiras horas do dia são dedicadas à previsão do pico de demanda. Após a estimação do pico de demanda, ações são implementadas objetivando a sua redução. Essa metodologia tem como meta fornecer informações, em tempo hábil, ao gerente de energia para que este possa atuar no sistema de modo a garantir que o consumidor não ultrapasse seus limites pré-fixados.

Essa metodologia foi aplicada utilizando os dados do Hospital Santa Casa de Misericórdia e apresentou resultados satisfatórios. Ela está sendo implementada nas edificações.

## **5. ESTUDO DE CASOS**

A seguir são apresentados alguns resultados obtidos com as informações armazenadas no banco de dados do CMUF, relativas a diversas cargas do DER-MG, Hemocentro-BH, e Sede da CEMIG.

## 5.1 DER-MG

A sede do Departamento de Estradas e Rodagem de Minas Gerais – DER-MG - é composta por um complexo de edificações, com características diversas. Após algumas visitas da equipe técnica do projeto com os representantes da empresa, foram determinadas as cargas mais relevantes a serem monitoradas. Dentre elas têm-se usos finais como iluminação, elevadores, ar condicionado e setores como restaurante, carpintaria, DEOP, etc.

Alguns exemplos das análises propostas anteriormente são apresentados com dados extraídos, via Internet, do banco de dados do CMUF.

### Carregamento entre as fases

Analisando os dados coletados pelo CMUF no edifício sede do DER, verificou-se um grande desequilíbrio de fases nos circuitos do 1º e 2º andares. A Figura 2 apresenta a opção de análise (carga/diário) e opção de saída (gráfico de demanda). Com esta opção de análise é possível verificar o desequilíbrio determinando os intervalos em que ocorre facilitando assim a redistribuição das cargas. Após esta análise, técnicos do DER relataram desligamentos constantes na fase C (sobrecarregada). Foi essencial esta medição para corrigir a falha do projeto.

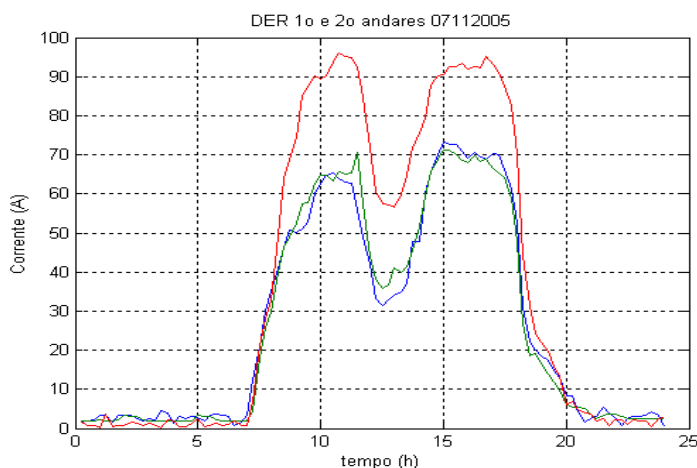


Figura 2 – Desequilíbrio de fases do edifício sede do DER

### Rateio de Energia

No caso do DER, 24 cargas/setores (medições trifásicas) foram medidas ao longo da edificação. Um rateio de energia realizado considerando todas as cargas pode ser solicitado como opção (rateio de energia/todas as cargas/diário) e como opção de saída (gráfico de barras). A Figura 3 ilustra o resultado. Observa-se que 6 das 24 cargas/setores são responsáveis por 50% da energia consumida. Dentre estas cargas, destacam-se três sistemas de ar condicionado. A carga responsável pelo maior consumo é um setor denominado DEOP que não pertence ao DER, sendo um departamento independente que utiliza as instalações do DER. As rotinas de rateio de energia e de demanda são essenciais para a cobrança da parcela que o DEOP é responsável.

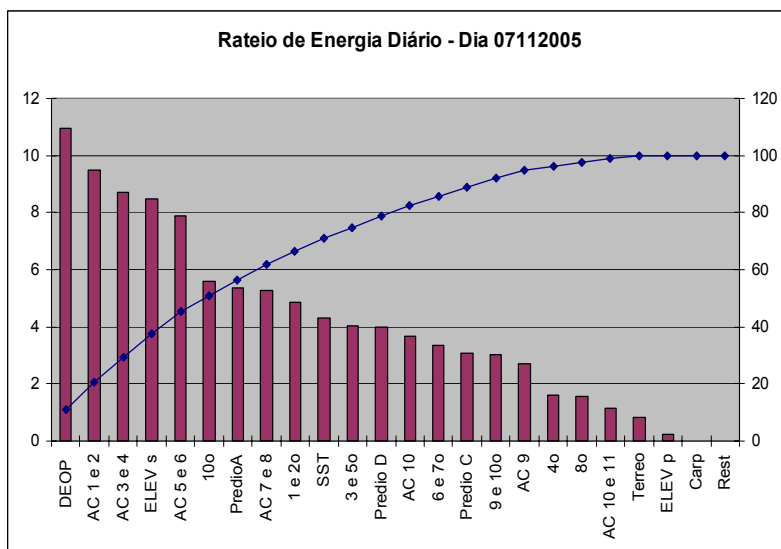


Figura 3 – Rateio de Energia para todas as cargas do DER

### Frequência de ocorrência

Tomando-se para análise a carga mais importante sob o ponto de vista de consumo e demanda do complexo da sede do DER, pode-se solicitar a análise da frequência de ocorrência das correntes ao longo de um dia, conforme exemplificado na Figura 4. Observando os dados verifica-se que a última faixa de corrente apresenta uma única ocorrência para a fase A, nenhuma para a fase B e 22 (em um total de 96 medições) ocorrências para a C. Observa-se claramente, além do desequilíbrio de fases, a possibilidade de redução de demanda através da redistribuição de carga.

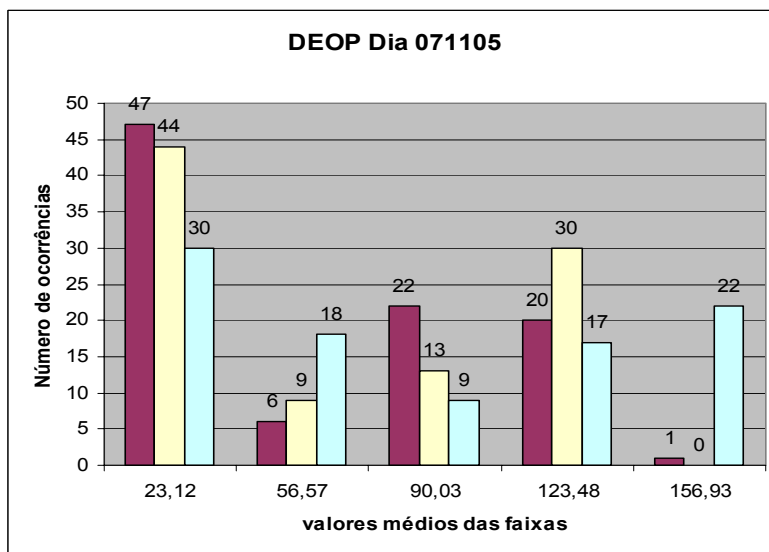


Figura 4 – Frequência de ocorrência de correntes nas fases A, B e C da carga DEOP

### 5.2 Hemominas

A Fundação Centro de Hematologia e Hemoterapia de Minas Gerais - Hemominas - é a maior central de coleta e processamento de sangue e hemoderivados do Estado. O uso de energia é mais intenso em sistemas de ar condicionado nos ambientes de coleta e processamento do sangue e câmaras frias para armazenagem de produtos. O efeito da variação de estoques e da temperatura externa deve influenciar estas cargas de forma substancial. Para verificar a influência da temperatura, rotinas que correlacionam a carga com a temperatura estão sendo desenvolvidas. A Figura 5 apresenta a variação da carga do Chiller 1 e a variação externa de temperatura coletada pelo CMUF. Observa-se uma alta correlação entre estes dados (0,86).

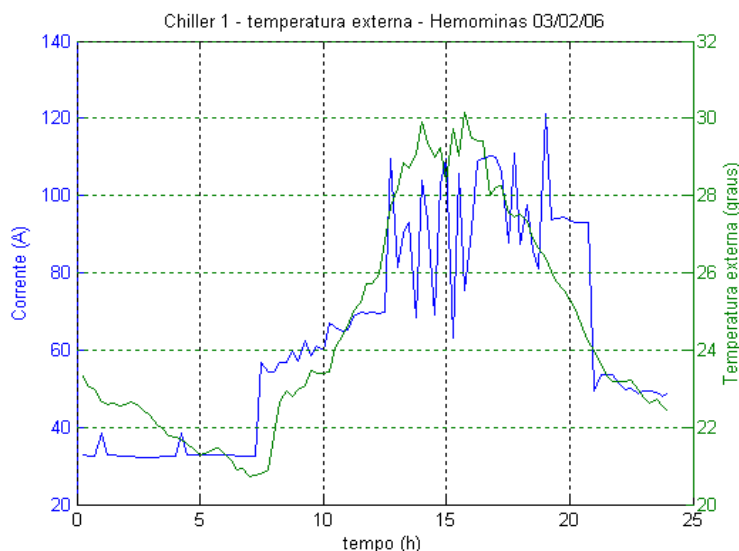


Figura 5 – Corrente do Chiller 1 e temperatura externa de Belo Horizonte

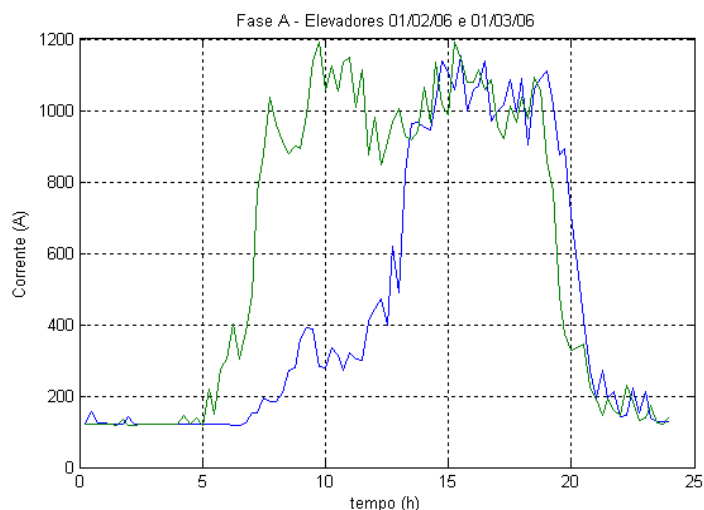
### 5.3 Edifício-Sede da CEMIG

Atualmente, o consumo energético do edifício-sede da CEMIG é registrado por três medidores ELO.2113. Cada um deles é responsável pelas medidas de cargas ou setores independentes. Apesar dessa divisão, a análise do uso da energia é dificultada, pois não é possível identificar, na subdivisão apresentada, a parcela de cada uso final na composição das curvas de carga obtidas pelos medidores. O CMUF foi implantado nesta edificação e, juntamente com os medidores já existentes, possibilitará um estudo mais detalhado dos efeitos das cargas monitoradas na demanda e no consumo da edificação.

Para início do monitoramento através do CMUF, a CEMIG escolheu a carga dos elevadores como objeto de estudo neste trabalho. São ao todo onze elevadores e existe uma expectativa de que estes sejam, junto com as cargas do sistema de ar-condicionado, os maiores consumidores de energia do edifício. Há também uma dúvida em relação ao fator de potência desta carga. Imagina-se que, em algumas situações, possa haver problemas de baixo fator de potência.

A medida mais complexa para a qual o CMUF foi projetado é a do fator de potência (tendo em vista as limitações inerentes a um sistema de baixo custo). No CMUF, o fator de potência poderia ser determinado a partir da defasagem entre a corrente e a tensão no barramento, mas isto poderia comprometer a capacidade da unidade de aquisição. Alternativamente, o fator de potência poderia ser inferido pela relação entre a potência reativa pela aparente, desde que estes valores estejam disponíveis. A dificuldade para se medir essa grandeza reside no fato de que, em instrumentos de baixo custo, são necessários cuidados especiais para que o sistema não altere a relação de ângulo entre corrente e tensão.

Por esse motivo, e também para que fossem monitoradas grandezas de simples medida e outras com um grau de complexidade maior, ficou estabelecido que seria feito o monitoramento da tensão, da corrente e das potências ativa, aparente e reativa (mais difíceis de serem medidas, diante da restrição de custo), permitindo, assim, o cálculo do fator de potência a cada instante de amostragem.



**Figura 6 – Curva de carga dos elevadores em dois dias**

A Figura 6 ilustra o perfil de variação diária da corrente do elevador em duas quartas-feiras, sendo que uma foi a quarta de cinzas (dia 01/03/2006) tendo expediente apenas na parte da tarde.

## 6. CONCLUSÕES

O Centro de Monitoramento de Usos Finais, que se encontra em funcionamento contínuo, ininterrupto desde outubro de 2004, tem armazenado informações coletadas de seis edificações e as disponibilizado para análise pelos membros da equipe do projeto CMUF e pelos gerentes de energia. Tendo em vista que um dos principais objetivos deste trabalho é levantamento do padrão de consumo de energia elétrica por uso final, em sua grande maioria, são feitas medições de corrente, porém, em alguns casos, estão sendo também feitas medidas de variáveis ambientais, tais como temperatura e umidade relativa (interna e externa). Com isso, conforme demonstrado no artigo, pôde-se estabelecer uma forte correlação entre algumas grandezas ambientais e o consumo de energia. Essa capacidade de generalização é de fundamental importância para o gerente que pretenda fazer previsão de demanda e antecipar eventuais ações corretivas já que previsões meteorológicas são normalmente disponibilizadas com certa antecedência. E, no CMUF, isto é feito em tempo real, pois as ferramentas de previsão de carga são disponibilizadas aos usuários também via Internet que necessita apenas de um navegador-Web para usá-lo.

Com o passar do tempo e com o aumento do número de medições, ir-se-á adquirindo um maior conhecimento sobre o padrão de uso da edificação e dos efeitos de fatores externos (variáveis ambientais) no consumo de energia elétrica. Um outro aspecto interessante do projeto é o resultante detalhamento da conta de energia elétrica, não apenas em termos de seus usos finais (que é a meta principal do trabalho) mas por unidades ou circuitos de uma edificação, permitindo localizar os verdadeiros “vilões” do desperdício.

## 7. REFERÊNCIAS

- JOTA, F.G.; Jota, P.R.S; Costa, H.F.F.; Nobre, E.C., Centro de Monitoramento de Usos Finais. In: CBEE2005 – Congresso Brasileiro de Eficiência Energética. Belo Horizonte, MG, Brasil, 12 a 14 de setembro de 2005, p.125-130.
- JOTA, P.R.S e Silva, V.R.B. (2004), *Previsão de Carga utilizando Cluster Analysis*. In: X CBE – X Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 26 a 28 de Outubro, 15 p.
- JOTA, P.R.S. e Silva, V.R.B. (2005), *Energy Buildings Management Methodology*, International Conference Passive And Low Energy Cooling for the Built Environment, Maio, Santorini, Grécia, p.19-21

- JOTA, F.G. (1987), “The Application of Self-Tuning Control Techniques to a Multivariable Process”, Ph.D. Thesis, University of Oxford, Inglaterra, 252 p.
- SILVA, V.R.B. and Jota, P.R.S., (2004). *Predicting Load using Cluster Analysis*, WSEAS Transactions on Circuit and Systems, Issue 8, volume 3, October, 2004, pp. 1706-1711
- SILVA, V.R.B. (2004), *Modelos Matemáticos aplicados ao gerenciamento de energia*. Belo Horizonte, 2004. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica), Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 153p.
- ANEEL, *Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética*. Publicação 03/09/2002.
- CEMIG, *Manual de treinamento – Programa Prédios Eficientes*. 2001.