

Processos de medição das grandezas elétricas e térmicas em prédios comerciais e públicos

1.0 Apresentação

Este Relatório Preliminar apresenta uma sugestão de processos de medição dos resultados da aplicação de ações para economia de energia em prédios comerciais e/ou públicos.

1.1 Definição

Definimos como prédios comerciais e/ou públicos aqueles destinados às atividades não fabris e/ou não residenciais. Estão excluídos também os prédios especiais (por exemplo, os destinados à prática de esportes).

Nestes prédios serão encontrados majoritariamente os seguintes usos de energia :

- iluminação
- condicionamento de ar e exaustão
- refrigeração (câmaras frigoríficas)
- aquecimento elétrico
- transporte vertical (elevadores e/ou escadas rolantes)
- acionamento de bombas de recalque
- acionamento de equipamentos elétricos de escritório ou de comércio.

1.2 Perfil de Consumo de eletricidade

1.2.1 Prédios comerciais e públicos destinados a escritórios

O perfil médio de consumo de energia elétrica adotado para prédios comerciais e públicos destinados a escritórios é o seguinte¹:

¹ “Manual de Conservação de Energia Elétrica em Prédios Públicos e Comerciais” – PROCEL , janeiro

Uso final da energia	% do consumo total
Condicionamento de ar	48%
Iluminação	24%
Equipamentos de escritório	15%
Elevadores e bombas de recalque	13%

Reconhece-se que o perfil de consumo destes prédios têm evoluído em função de diversos fatores:

- aumento da quantidade de equipamentos de escritório, onde a mais notável tem sido consequência da popularização do uso de microcomputadores
- desenvolvimento de sistemas de iluminação mais eficientes (lumens/watt)
- desenvolvimento de sistemas de condicionamento de ar que consomem menos energia
- desenvolvimento de elevadores inteligentes com menor consumo de energia.

Será adotada a composição acima como forma de identificar a importância relativa de cada uso final.

1.2.2 Prédios comerciais e públicos destinados a outras atividades

Em face à multiplicidade de atividades que podem ser exercidas, não é possível estabelecer um perfil para ser adotado como paradigma.

A única informação referencial é a de que os usos finais da energia mais comuns são todos os relacionados no item 1.1, com a seguinte sistematização:

- Iluminação
- Acionamento
- Condicionamento de ar e/ou refrigeração/frigorificação
- Aquecimento

Sabe-se que o “condicionamento de ar e/ou refrigeração/frigorificação” é também um “acionamento”; manteremos a individualização pois a magnitude das potências envolvidas neste uso é muito representativa e normalmente justifica um tratamento diferenciado sob o ponto de vista da medição.

1.2.1 Medição

Deve ser caracterizado que, dependendo da solução técnica adotada em função da finalidade do prédio, poderá ocorrer ou medição única ou a pulverização dos pontos de medição, quando estará indicando a existência de mais de um consumidor.

Com efeito, em prédio comercial convencional de múltiplos consumidores será usual:

Sistema central de condicionamento de ar	medição única
“Fan coils” do sistema	múltiplas medições
Sistemas de iluminação	múltiplas medições
Equipamentos de escritório	múltiplas medições
Elevadores e bombas de recalque	medição única

Em prédios públicos haverá, normalmente, a medição única.

1.3 Energia Térmica

As características climáticas do país, que dispensam o aquecimento ambiental de prédios, não impulsionaram a produção de energia térmica por queima de combustível. A ausência de redes de gás vem impedindo a solução, que eventualmente poderia ser adotada, de gerar energia elétrica a partir de fonte térmica nas horas de ponta. Podem ser encontrados apenas alguns geradores a diesel para situações de emergência. Consequentemente, neste estudo, não serão examinados os processos de medição das grandezas térmicas, desde que os consumos ainda não são significativos.

2.0 Propostas de formas de medição das grandezas elétricas

2.1 Medição Geral

2.1.1 A Concessionária de Energia Elétrica

A medição da energia elétrica utilizada por um consumidor é de responsabilidade da Concessionária, que adota as informações colhidas para fins de faturamento. Nos prédios comerciais e públicos, a medição geral estará restrita ao emprego das informações colhidas pela Concessionária e referentes a todo o prédio ou aos consumidores individualizados.

A medição geral permite contabilizar as economias resultantes da interação entre os usos finais; por exemplo, quando a carga de iluminação é reduzida, haverá ganho no sistema de refrigeração.

2.1.2 Formas de medição da energia elétrica

A forma de medição adotada por uma Concessionária está relacionada à quantidade de energia por ela fornecida. A cada forma de medição corresponde um custo, ou seja, uma tarifa de fornecimento.

Ocorrem casos em que o diagnóstico energético elaborado sugere uma troca de forma de fornecimento, visando produzir um ganho financeiro (e não de eficiência energética).

As diferentes formas de fornecimento para os setores em pauta são:

- fornecimento em baixa tensão, com medição apenas do consumo de energia elétrica
- fornecimento em alta tensão (distribuição primária), com medição de demanda e de consumo de energia elétrica:

 binômica - horário único de medição

 horosazonal - dois horários diferenciados de medição.

Quando o fornecimento for em baixa tensão, caso haja necessidade de informações quanto à demanda de eletricidade, deverá ser adotada uma medição geral com medidor não da Concessionária.

2.1.3 Medição da demanda

Os medidores de demanda utilizados pelas Concessionárias fornecem seu valor por integração do consumo em intervalos de 15 minutos. Os equipamentos não registradores armazenam apenas o valor mais elevado registrado no período entre duas leituras subseqüentes, que vem a ser o valor utilizado no faturamento mensal. Sistemas de medição com armazenamento contínuo das leituras são utilizados por Concessionárias apenas em grandes consumidores, que não se incluem no escopo deste projeto.

2.1.4 Medição do consumo

Os medidores de consumo utilizados pelas Concessionárias, registram a grandeza continuamente, com leituras periódicas para colher as informações.

Sistemas de medição com armazenamento contínuo das leituras são utilizados por Concessionárias apenas em grandes consumidores, que não se incluem no escopo deste projeto.

2.1.5 Fator de Potência

Os valores limites inferior e superior do fator de potência são determinados pela entidade reguladora e os consumidores onde o fator de potência da instalação se mantiver em posições externas a estes limites são penalizados pela Concessionária. Os recursos empregados nas instalações para manter o fator de potência dentro dos limites permitidos também podem ser sugeridos em diagnóstico, e darão origem a ganhos financeiros e não energéticos (potência reativa).

2.2 Medição em separado

Medição em separado significa que um determinado uso final será medido individualmente. O método de medição será selecionado em função de um compromisso entre a precisão desejada e o custo da medição.

Apresentaremos a seguir, na ordem crescente de precisão e de custo, três processos de medição que são normalmente utilizados.

2.2.1 Consumo estipulado

Este processo é o mais simples e é largamente utilizado quando a carga se mantém constante ao longo do tempo. É empregado principalmente em iluminação e em carga única de acionamento.

O consumo será o produto da carga instalada, cujo valor é retirado de informações de catálogo, pelo tempo de funcionamento. Todas as perdas deverão ser consideradas quando da determinação da carga. O tempo de funcionamento ou será determinado no projeto ou será registrado com um cronômetro.

2.2.2 Tensão e corrente

É o processo que emprega medidores de corrente e de tensão, em medições instantâneas únicas ou repetidas a intervalos determinados. Nesta alternativa de medição, a tensão é considerada constante, obtendo-se valor médio da corrente. O tempo de funcionamento ou será determinado no projeto ou será registrado com um cronômetro.

O consumo será o produto da corrente média, pela tensão e pelo tempo. A demanda máxima serão produto da maior corrente pela tensão.

2.2.3 Demanda e consumo

Este é o processo de maior precisão, pois utiliza um sistema de medição de mesmas características que o empregado pelas Concessionárias. Seu custo é elevado pois necessita recursos de computação para a análise das informações registradas.

2.3 Fatores que Influenciam as Medidas Elétricas

É importante considerar a ocorrência de fatores externos aos processos estudados e de incorreções na sistemática de medição que possam alterar os resultados previstos. Estes fatores são:

2.3.1 Crescimento vegetativo da carga elétrica

Representado por um crescimento diluído da carga instalada, poderá introduzir erros nos resultados alcançados pela aplicação das medidas de redução do uso de energia previstas para a indústria.

A única forma de contornar o problema será fazer um inventário cuidadoso das cargas elétricas instaladas existentes antes e depois da aplicação das referidas medidas.

2.3.2 Alterações no regime de funcionamento

Resultam das alterações no regime de funcionamento nas dependências do prédio, quanto às jornadas diária e semanal de trabalho, sistema de férias e de compensação

de feriados.

A alteração mais radical a ser esperada é a produzida pela variação da quantidade do contingente de usuários das instalações. Esta variação poderá ocorrer na quantidade de funcionários e na quantidade de visitantes. Poderá ser consequência da mudança da finalidade da instalação ou de alterações no quadro de funcionários da empresa.

Para neutralizar seus efeitos, as condições de funcionamento deverão ser registradas antes e depois da aplicação das medidas de economia.

Em casos de alteração significativa, os resultados poderão ter de ser quantificados por unidade (por exemplo: “kWh/funcionário”).

2.3.3 Temperaturas externa e interna

As variações de temperatura ambiente (externa e interna) poderão influenciar as medidas efetuadas, principalmente quando se referirem aos processos que envolvam refrigeração ambiental ou de fases do processo ou do armazenamento.

Poderão ocorrer problemas também como resultado da variação da umidade do ar, alterando o peso de produtos acabados.

Para atenuar a influência da temperatura e da umidade, as medições deverão ser efetuadas nos mesmos meses e nos mesmos horários, procurando observar, sempre que possível, as mesmas condições climáticas.

2.3.4 Datas de início e fim e intervalos das medições

Quando forem utilizadas informações do medidor da Concessionária, será muito importante observar as datas das medições e os intervalos entre elas.

É fundamental que haja compatibilização de data entre as medições e as informações dos registros da produção ou dos insumos: todo o conjunto de informações deve ter as mesmas datas inicial e final.

3.0 Propostas de formas de medição de outras grandezas

Sob este título são consideradas as medições que garantem que os equipamentos e/ou sistemas estão funcionando em seus “pontos de operação”.

Os pontos de operação são aqueles em que:

- é conseguido o máximo de eficiência no processo, ou
- são atendidas as especificações existentes em normas de projeto e/ou de operação dos equipamentos e/ou dos sistemas.

O distanciamento dos pontos de operação induz a funcionamentos ineficientes, com desperdício de energia.

Os mais importantes são:

pressostato	pressão dos compressores de ar condicionado e das câmara frigoríficas
termômetros bulbo seco e bulbo úmido	pressão dos compressores de ar temperaturas de ar condicionado umidade relativa dos sistemas
cronômetro	tempos de operação dos sistemas de iluminação ciclos de compressores, etc.
luxímetro	iluminamento das dependências do prédio
medidor de rotações	rotação de motores

4.0 Considerações Gerais

4.1 A importância do histórico

O acompanhamento do histórico da instalação em pauta, registrado na forma de medições que cubram os períodos antes e depois da aplicação das medidas de conservação de energia, é fundamental para que seja obtida maior precisão nos cálculos das economias.

Para resultados com maior precisão, deve ser adotado o **registro mínimo de 1 ano antes e 1 ano depois da aplicação das medidas**, para que as variações do ciclo climático sejam consideradas.

4.2 A frequência das medições

A repetitividade das medições, o que caracterizará a sua frequência, deve ser uma função das variações observadas no decorrer do processo.

A natureza do processo de produção, a instabilidade da tensão elétrica ou as variações frequentes de fluxo (de um determinado componente líquido) ao longo do período de produção, entre outros fatores a considerar, serão indicativos da frequência devida de medições.

4.3 O Custo das medições

A experiência internacional com energia elétrica² aponta para valores que alcançam 10% do custo total das medidas de conservação. A ausência de outras informações, inclusive de experiência nacional, fará com que seja admitido este valor como uma referência válida no momento para as medições.

Os valores variam com o método de medição adotado, com a frequência das medições e com a quantidade de pontos a medir.

²International Performance Measurement and Verification Protocol - IPMVP - dezembro 1997

4.4 Margens esperadas de erro

A experiência internacional com energia elétrica³ aponta para valores entre $\pm 10\%$ e $\pm 20\%$, dependendo do método de medição adotado, com a frequência das medições e com a quantidade de pontos a medir. A ausência de outras informações, inclusive de experiência nacional, fará com que sejam admitidos estes valores como limites válidos no momento para as medições.

5.0 Quadro Resumo de Medição

Neste quadro serão relacionadas as sugestões de procedimentos de medição das grandezas envolvidas.

Tendo em vista os pontos anteriormente abordados, serão discutidas quatro situações:

- 1 Prédios comerciais e públicos destinados a escritórios, com medição única
- 2 Prédios comerciais e públicos destinados a escritórios, com múltiplas medições
- 3 Prédios comerciais e públicos destinados a outras atividades, com medição única
- 4 Prédios comerciais e públicos destinados a outras atividades, com múltiplas medições

³Documento citado

5.1 Prédios comerciais e públicos destinados a escritórios, com Medição Geral Única (um consumidor)

uso final	demanda (kW)	Consumo (kWh)	correção
Geral	medidor da concessionária para instalações com fornecimento em alta tensão não há medição para as instalações com fornecimento em baixa tensão (deverão ser pouco significativas)	medidor da concessionária	observar as datas de leitura e igualar os intervalos de medição
Iluminação	soma das potências individuais das lâmpadas em funcionamento simultâneo, acrescidas das perdas em seus equipamentos auxiliares (em kW) (certamente será adotado o período correspondente à jornada diária de trabalho, com análise do horário de almoço)	soma dos produtos das potências das lâmpadas e das perdas em kW com mesmo regime de funcionamento pelos respectivos tempos mensais de funcionamento em horas (certamente será adotado o período correspondente à jornada diária de trabalho, com análise do horário de almoço)	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral atenção para alterações de regime de funcionamento em algum local
Condicionamento de ar	registrador de demanda para acompanhamento total da instalação	registrador de consumo para acompanhamento total da instalação	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral atenção para alterações de regime de funcionamento e de ocupação em algum local
Equipamentos de escritório	medições instantâneas de tensão e de corrente em momentos significativos da jornada diária	produto de medições instantâneas de corrente em momentos significativos da jornada diária pelos tempos correspondentes, com extrapolação do consumo mensal	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral atenção para o crescimento vegetativo
Elevadores e bombas de recalque	<u>Elevadores</u> : registros instantâneos de demanda, para extrapolação do valor máximo <u>Bombas</u> : soma das potências individuais das bombas de recalque em funcionamento simultâneo	<u>Elevadores</u> : registros diários de corrente, em dias significativos, para extrapolação do consumo mensal <u>Bombas</u> : soma dos produtos das potências individuais das bombas de recalque pelos seus tempos médios diários de funcionamento, para a extrapolação do valor mensal	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral
aquecimento	não há	não há	-

5.2 Prédios comerciais e públicos destinados a escritórios , com Medição Geral Múltipla (mais de um consumidor)

uso final	demanda (kW)	Consumo (kWh)	correção
Geral	medidor da concessionária para instalações com fornecimento em alta tensão não há medição para as instalações com fornecimento em baixa tensão (deverão ser pouco significativas)	medidor da concessionária	observar as datas de leitura e igualar os intervalos de medição
Iluminação	soma das potências individuais das lâmpadas em funcionamento simultâneo, acrescidas das perdas em seus equipamentos auxiliares (em kW) (certamente será adotado o período correspondente à jornada diária de trabalho, com análise do horário de almoço)	soma dos produtos das potências das lâmpadas e das perdas em kW com mesmo regime de funcionamento pelos respectivos tempos mensais de funcionamento em horas (certamente será adotado o período correspondente à jornada diária de trabalho, com análise do horário de almoço)	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral atenção para alterações de regime de funcionamento em algum local
Condicionamento de ar	<u>central de frio</u> : registrador de demanda para acompanhamento total da instalação <u>fan coils</u> : soma das potências individuais das unidades em funcionamento simultâneo	<u>central de frio</u> : registrador de consumo para acompanhamento total da instalação <u>fan coils</u> : soma dos produtos das potências das unidades com mesmo regime de funcionamento pelos respectivos tempos mensais de funcionamento em horas (certamente será adotado o período correspondente à jornada diária de trabalho, com análise do horário de almoço)	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral atenção para alterações de regime de funcionamento e de ocupação em algum local
Equipamentos de escritório	medições instantâneas de tensão e de corrente em momentos significativos da jornada diária	produto de medições instantâneas de corrente em momentos significativos da jornada diária pelos tempos correspondentes, com extrapolação do consumo mensal	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral atenção para o crescimento vegetativo
Elevadores e bombas de recalque	<u>Elevadores</u> : registros instantâneos de demanda, para extrapolação do valor máximo <u>Bombas</u> : soma das potências individuais das bombas de recalque em funcionamento simultâneo	<u>Elevadores</u> : registros diários de corrente, em dias significativos, para extrapolação do consumo mensal <u>Bombas</u> : soma dos produtos das potências individuais das bombas de recalque pelos seus tempos médios diários de funcionamento, para a extrapolação do valor mensal	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral
aquecimento	não há	não há	-

5.3 Prédios comerciais e públicos destinados a outras atividades, com Medição Geral Única (um consumidor)

uso final	demanda (kW)	consumo (kWh)	correção
geral	medidor da concessionária para instalações com fornecimento em alta tensão não há medição para as instalações com fornecimento em baixa tensão (deverão ser pouco significativas)	medidor da concessionária	observar as datas de leitura e igualar os intervalos de medição
iluminação	1) registrador de demanda para acompanhamento do sistema ou do segmento a ser alterado 2) soma das potências individuais das lâmpadas em funcionamento simultâneo acrescida das perdas nos equipamentos auxiliares (em kW)	1) registrador de consumo para acompanhamento total da instalação 2) soma dos produtos das potências das lâmpadas e das perdas em kW com mesmo regime de funcionamento pelos respectivos tempos de funcionamento em horas	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral atenção para alterações de regime de funcionamento em algum local
outros equipamentos	Dependendo da representatividade: 1) registrador de demanda 2) medições instantâneas 3) soma das potências individuais em funcionamento simultâneo	Dependendo da representatividade: 1) registrador de consumo 2) medições instantâneas 3) soma dos produtos das potências individuais em funcionamento simultâneo pelos respectivos tempos de funcionamento em horas	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral atenção para alterações de regime de funcionamento em algum local atenção para o crescimento vegetativo
condicionamento de ar	registrador de demanda para acompanhamento total do sistema	registrador de consumo para acompanhamento total da instalação	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral
refrigeração/ frigorificação	registrador de demanda para acompanhamento total do sistema	registrador de consumo para acompanhamento total da instalação	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral
aquecimento	registrador de demanda para acompanhamento total do sistema	registrador de consumo para acompanhamento total da instalação	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral

5.4 Prédios comerciais e públicos destinados a outras atividades, com Medição Geral Múltipla (mais de um consumidor)

uso final	demanda (kW)	consumo (kWh)	correção
geral	medidor da concessionária para instalações com fornecimento em alta tensão não há medição para as instalações com fornecimento em baixa tensão (deverão ser pouco significativas)	medidor da concessionária	observar as datas de leitura e igualar os intervalos de medição
iluminação	1) registrador de demanda para acompanhamento do sistema ou do segmento a ser alterado 2) soma das potências individuais das lâmpadas em funcionamento simultâneo acrescida das perdas nos equipamentos auxiliares (em kW)	1) registrador de consumo para acompanhamento total da instalação 2) soma dos produtos das potências das lâmpadas e das perdas em kW com mesmo regime de funcionamento pelos respectivos tempos de funcionamento em horas	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral atenção para alterações de regime de funcionamento em algum local
outros equipamentos	Dependendo da representatividade: 1) registrador de demanda 2) medições instantâneas 3) soma das potências individuais em funcionamento simultâneo	Dependendo da representatividade: 1) registrador de consumo 2) medições instantâneas 3) soma dos produtos das potências individuais em funcionamento simultâneo pelos respectivos tempos de funcionamento em horas	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral atenção para alterações de regime de funcionamento em algum local atenção para o crescimento vegetativo
condicionamento de ar	central de frio: registrador de demanda para acompanhamento total do sistema fan coils: registros instantâneos de demanda, para extrapolação do valor máximo	central de frio: registrador de consumo para acompanhamento total da instalação fan coils: registros diários de corrente, em dias significativos, para extrapolação do consumo mensal	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral
refrigeração/ frigorificação	registrador de demanda para acompanhamento total do sistema	registrador de consumo para acompanhamento total da instalação	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral
aquecimento	registrador de demanda para acompanhamento total do sistema	registrador de consumo para acompanhamento total da instalação	manter as mesmas datas e intervalos da medição geral