



## XIX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2010 – 22 a 26 de novembro

São Paulo - SP – Brasil

### **Eficiência Elétrica na Substituição e Automação do Sistema de Condicionadores de Ar em Órgãos Públicos do Estado de Mato Grosso**

<b>Arnulfo Barroso Vasconcellos</b>	<b>Teresa Irene Ribeiro de Carvalho Malheiro</b>	<b>Luciana Oliveira da Silva</b>
<b>Universidade Federal de Mato Grosso</b>	<b>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso</b>	<b>Universidade Federal de Mato Grosso</b>
arnulfo@ufmt.br	malheiro.teresa@gmail.com	luciana_enecomp@yahoo.com.br
<b>Bernardo Dias São José</b>	<b>Regiane Silva de Barros</b>	<b>Milton de Souza Ochiuto</b>
<b>Universidade Federal de Mato Grosso</b>	<b>Universidade Estadual de Campinas</b>	<b>Rede Cemat</b>
bernardosaojose@yahoo.com.br	regianebarros@gmail.com	milton.ochiuto@redenergia.com

#### **Palavras-chave:**

**Qualidade de Energia**

**Redução do Consumo de Energia Elétrica**

**Sistema de Condicionadores de Ar**

**Uso Racional da Energia Elétrica**

**Conservação de Energia Elétrica**

#### **Resumo**

O uso racional da energia elétrica, ou seja, sem desperdícios leva ao aumento da confiabilidade do sistema elétrico, reduz ou posterga as necessidades de investimentos em geração, transmissão e distribuição, reduz impactos ambientais (locais e globais) especialmente relacionados com a construção de novos empreendimentos como usinas hidroelétricas ou térmicas e reduz custos com a energia elétrica para o consumidor final. Em vista do exposto, os objetivos deste artigo são: analisar o processo de substituição dos condicionadores de ar tipo janela antigos por condicionadores de ar selo PROCEL e a automação dos condicionadores de ar tipo Split dos prédios da Casa Civil, SECOM, Casa Militar, órgãos públicos pertencentes ao estado de Mato Grosso, localizados na cidade de Cuiabá, e verificar se houve redução do consumo anual de energia elétrica ativa e demanda de potência ativa. Este trabalho foi resultado da integração entre a Concessionária de Energia Rede Cemat, a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e a administração do conjunto dos órgãos públicos, onde a academia atendeu a questões reais dos mesmos, solucionando o problema específico apresentado.

## **1. Introdução**

Com o esgotamento dos recursos utilizados para produção de energia elétrica e os impactos causados ao meio ambiente, investimentos cada vez mais elevados para a pesquisa de novas fontes e construção de novas usinas, a eficiência energética torna-se um atrativo por parte das concessionárias de energia elétrica (Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2008). Pois há possibilidade de atendimento de novas cargas sem que haja investimentos na ampliação de seu sistema de distribuição. O que, sem dúvida, é o principal benefício adquirido pela concessionária neste tipo de projeto. Sobre a perspectiva do consumidor a energia elétrica representa um custo fixo e na grande maioria dos casos elevados e essenciais para o desempenho das atividades realizadas seja no setor comercial ou industrial. Assim, uma redução no valor da fatura de energia elétrica representa ganho financeiro para estes consumidores, devido à redução de seus custos mensais.

## **2. PERFIL DO CONSUMIDOR**

A Casa Civil, a Secretaria de Comunicação Social (SECOM), a Casa Militar, todos órgãos públicos pertencentes ao estado de Mato Grosso, com status de secretaria de Estado, doravante denominados de Prédios Públicos, localizados no Centro Político Administrativo – CPA, na cidade de Cuiabá. Todos realizam atividades de interesse público de competência estatal.

Todos estes consumidores têm representação de destaque no Estado de Mato Grosso. Com um consumo de energia elétrica representativo, estes consumidores têm um grande potencial de conservação de energia elétrica. A implementação de medidas de conservação visa diminuir o consumo/demanda através da substituição e automação do sistema de condicionadores de ar destas unidades consumidoras.

## **3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA MEDIÇÃO**

Os equipamentos empregados para o registro das grandezas elétricas para verificação do desempenho e performance dos projetos de eficiência energética foram os seguintes:

### ***3.1 Analisador de energia VIP-System 3***

Do fabricante Elcontrol, tal instrumento é capaz de mensurar grandezas elétricas em sistemas de baixa tensão (até 600 Volts entre fase e neutro) com corrente de fase de até 1000 A. Na função de analisador de energia, as medidas mostradas (atualizadas a cada segundo) são: tensão, corrente, fator de potência e potência trifásica total e individualmente para as três fases; corrente de neutro, frequência, rotação de fase; potência ativa instantânea, média e máxima das três fases e trifásica; potência aparente instantânea, média e máxima das três fases e trifásica; potência reativa instantânea, média e máxima das três fases e trifásica; distorção harmônica percentual das três fases e trifásica; consumo de energia ativa e reativa,  $\text{tg}\phi$  média e  $\text{cos}\phi$  médio das três fases e trifásica. Na função de analisador de harmônicos (uso do Black Box de Harmônicos) as medidas mostradas (atualizadas a cada segundo) são: tensão, corrente, fator de potência e potência trifásica total e individualmente para as três fases para diversas ordens harmônicas; formas de onda de tensão e corrente individualmente para cada fase; distorção harmônica de tensão e corrente.

### ***3.2 Analisador de energia MARH-21***

Ilustrado na Figura 1, do fabricante RMS, é um medidor registrador de grandezas em tempo-real para sistemas elétricos monofásico, bifásicos e trifásicos em baixa, média e alta tensão.

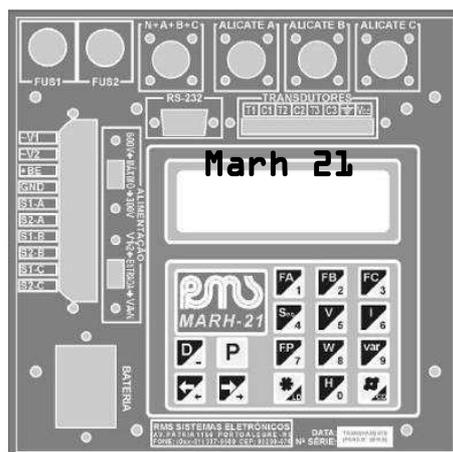


Figura 1 – Analisador de energia March 21

### 3.3 Analisador de energia FLUKE 434

Ilustrado na Figura 2, oferece um amplo e poderoso conjunto de medições para verificar os sistemas de distribuição de força. As medições podem dar uma idéia geral do desempenho do sistema de potência. Outras servem para investigar detalhes mais específicos.



Figura 2 - Analisador Trifásico de Energia FLUKE 434

## 4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CONDICIONADORES DE AR

O sistema de condicionadores de ar dos prédios da CASA CIVIL, SECOM e CASA MILITAR, antes da implantação do processo de substituição, eram constituídos basicamente de condicionadores de ar tipo janela e tipo split. Para os condicionadores de ar tipo janela foram agrupados em cinco conjuntos, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Sistema de Condicionadores de Ar tipo Janela

Descrição	Conjunto 1 (C1)	Conjunto 2 (C2)	Conjunto 3 (C3)	Conjunto 4 (C4)	Conjunto 5 (C5)
Potência (BTU)	75.000	10.000	12.000	18.000	21.000
Quantidade	01	02	04	05	02

A Tabela 2 mostra o sistema de condicionadores de ar tipo Split instalados nos referidos prédios.

Tabela 2 – Sistema de Condicionadores de Ar tipo Split

Descrição	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
<b>Potência (BTU)</b>	7.000	9.000	12.000	18.000	21.000	24.000	30.000	60.000
<b>Quantidade</b>	5	5	11	9	2	5	4	1

#### 4.1 Descrição do sistema de condicionadores de ar proposto

Os conjuntos de condicionadores de ar tipo janela C1 à C5 foram substituídos por conjuntos de condicionadores de ar de mesma potência, com Selo PROCEL.

Os condicionadores de ar tipo Split, que possuem potências de 7.000BTU a 60.000BTU, foram automatizados.

#### 4.2 Resultados experimentais de medições feitas em uma amostragem dos sistemas de condicionadores de ar tipo janela

A Tabela 3 apresenta a comparação das medições realizadas no conjunto C1 antes ( $C1_{Antes}$ ) e após a substituição do sistema de condicionadores de ar tipo janela ( $C1_{Depois}$ ).

Tabela 3 – Comparação entre um condicionador de ar de 7.500BTU de baixo rendimento com um de mesma potência de alto rendimento (Selo PROCEL).

Ar 7500 BTU – Baixo Rendimento						Ar 7500 BTU – Selo Procel					
Duração	F(Hz)	V(V)	I(A)	$P_A$ (kW)	FP	Duração	F(Hz)	V(V)	I(A)	$P_A$ (kW)	FP
09:00:00	60	217,5	4,23	0,91	0,99	09:00:00	60	216	3,03	0,63	0,97
09:15:00	60	217,3	4,25	0,91	0,99	09:15:00	60	216	3,02	0,63	0,97
09:30:00	60	218	4,25	0,91	0,98	09:30:00	60	215	3,16	0,63	0,97
09:45:00	60	218,4	4,25	0,91	0,96	09:45:00	60	216	3,21	0,63	0,97
10:00:00	60	218,4	4,25	0,91	0,96	10:00:00	60	215	3,1	0,64	0,98
10:15:00	60	218,3	4,26	0,91	0,96	10:15:00	60	215	3,23	0,64	0,98
10:30:00	60	218,2	4,26	0,91	0,96	10:30:00	60	216	3,12	0,63	0,98
10:45:00	60	218,2	4,26	0,92	0,96	10:45:00	60	216	3,03	0,64	0,97
11:00:00	60	218,4	4,26	0,92	0,96	11:00:00	60	216	3,11	0,63	0,98
11:15:00	60	218,3	4,26	0,92	0,96	11:15:00	60	215	3,05	0,64	0,98
<b>Demanda Média</b>	<b>0,91 [kW]</b>					<b>Demanda Média</b>	<b>0,63[kW]</b>				
<b>Tensão Média (V)</b>	<b>218,1</b>					<b>Tensão Média (V)</b>	<b>215,98</b>				
<b>Corrente média (A)</b>	<b>4,25</b>					<b>Corrente média (A)</b>	<b>3,1</b>				
<b>FP Médio</b>	<b>0,97</b>					<b>FP Médio</b>	<b>0,98</b>				

A Figura 3, elaborada com auxílio das medições realizadas em campo, mostra a Comparação da Potência Ativa de um condicionador de ar de 7.500BTU tipo janela Convencional (Baixo Rendimento) com um condicionador de ar Selo PROCEL (Alto Rendimento).

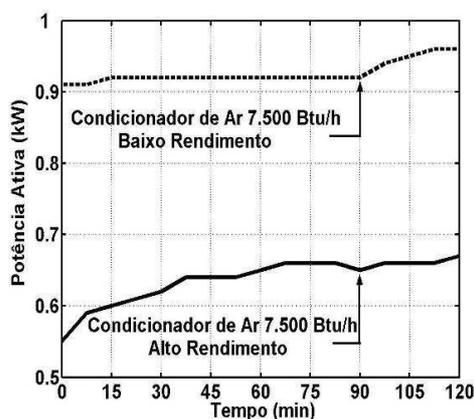


Figura 3 – Comparação da Potência Ativa de um condicionador de ar de 7.500BTU tipo janela Convencional (Baixo Rendimento) com um condicionador de ar de Selo PROCEL (Alto Rendimento).

Foi verificado através de medições realizadas em campo em amostragem [1, 2, 3, 4] de condicionadores de ar tipo janela antigos e selo PROCEL, de acordo com a sua capacidade térmica, que os cinco conjuntos apresentaram um perfil de Potência Ativa Total Média mostrado na Figura 4.

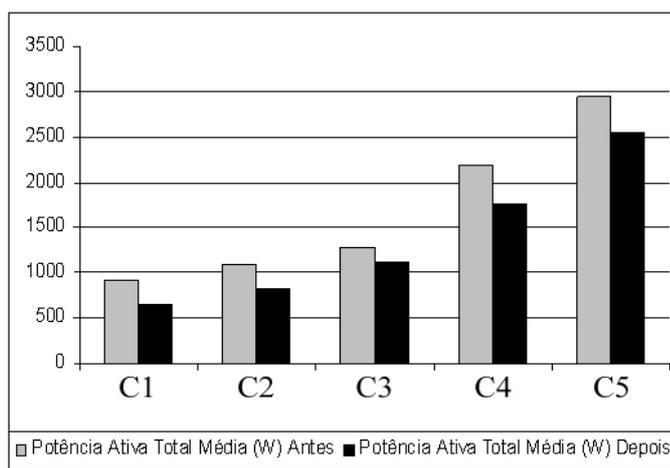


Figura 4 - Potência ativa total média antes e depois do processo de substituição do sistema de condicionadores de ar tipo janela.

### 5. REDUÇÃO DO CONSUMO ANUAL DE ENERGIA ELÉTRICA E DEMANDA DE POTÊNCIA ATIVA DEVIDO AO PROCESSO DE SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE CONDICIONADORES DE AR TIPO JANELA NOS PRÉDIOS PÚBLICOS

A seguir será demonstrado como foram realizados os cálculos do consumo de energia elétrica [5, 6, 7, 8]. Estes cálculos serão demonstrados detalhadamente para o conjunto de condicionadores de ar, denominado C1 e apresentados apenas os valores finais para os demais conjuntos de condicionadores de ar .

A potência total (PT) instalada no piso é dada por (1) e o consumo de energia elétrica (CA) por (2):

$$PT_i = N \times Y \quad (1)$$

Onde:

PT<sub>i</sub> = Potência Total Instalada no Piso do conjunto “i” (kW);

N = Potência medida por cada conjunto (W);

Y = N° de conjuntos no piso.

$$CA = PT_i \times T \quad (2)$$

Onde:

$CA_n$  = Consumo de energia elétrica (kW/h) do conjunto “n”;

$PT_i$  = Potência Total Instalada no Piso do conjunto “i” (kW);

T = horários estatísticos de funcionamento de cada conjunto (em horas no ano)

### 5.1 Cálculo do consumo de $CI_{Antes}$

Potência medida por cada condicionador de ar = 918 [W]

Nº de condicionadores de ar = 1 condicionador

Potência Total Instalada antes da substituição do conjunto 1  $\Rightarrow PT_{1Antes} = 1 \times 918 = 0,918$  [kW]

Considerando que os condicionadores de ar ficam funcionando num período de 8 horas diárias, durante 22 dias do mês e no decorrer dos 12 meses do ano, pode-se calcular o consumo anual de energia elétrica.

$$CA_{1Antes} = PT_{1Antes} \times 8 \times 22 \times 12$$

$$CA_{1Antes} = 0,918 \times 8 \times 22 \times 12$$

$$CA_{1Antes} = 1.938,16 \text{ [kWh/ano]}$$

### 5.2 Eficiência Energética por Condicionador do conjunto $CI_{Antes}$

Eficiência Energética por aparelho = kJoule/Wh = 7.912,50/918

Eficiência Energética = 8,61 kJoule/Wh

### 5.3 Cálculo do Consumo do $CI_{Depois}$

Potência medida por cada condicionador de ar = 638 [W]

Nº de condicionadores de ar = 1 condicionador

Potência Total Instalada depois da substituição 1  $\Rightarrow PT_{1Depois} = 1 \times 638 = 0,638$  [kW]

Considerando que o condicionador de ar funciona num período de 8 horas diárias, durante 22 dias do mês e no decorrer dos 12 meses do ano, pode-se calcular o consumo anual de energia elétrica.

$$CA_{1Depois} = PT_{1Depois} \times 8 \times 22 \times 12$$

$$CA_{1Depois} = 0,638 \times 8 \times 22 \times 12$$

$$CA_{1Depois} = 1.347,456 \text{ [kWh/ano]}$$

### 5.4 Eficiência Energética por Condicionador do conjunto $CI_{Depois}$

Eficiência Energética por aparelho = kJoule/Wh = 7.912,50/638

Eficiência Energética = 12,4 kJoule/Wh

A Tabela 4 apresenta o consumo de energia elétrica (kWh/ano) e a eficiência energética de cada conjunto antes e depois do processo de substituição do sistema de condicionadores de ar tipo janela.

Tabela 4 – Consumo de energia elétrica (kWh/ano) e eficiência energética (kJoule/Wh)

Conjunto	$C1_{Antes}$	$C2_{Antes}$	$C3_{Antes}$	$C4_{Antes}$	$C5_{Antes}$
<b>PTi (kW)</b>	0,918	2,2	5,12	10,95	5,88
<b>CA (kWh/ano)</b>	1.938,16	4.646,40	10.813,44	23.126,40	12.418,56
<b>T (horas)</b>	8	8	8	8	8
<b>Eficiência Energética (kJoule/Wh)</b>	8,61	9,59	9,89	8,67	7,49
Conjunto	$C1_{Depois}$	$C2_{Depois}$	$C3_{Depois}$	$C4_{Depois}$	$C5_{Depois}$
<b>PTi (kW)</b>	0,638	1,64	4,48	8,76	5,10
<b>CA (kWh/ano)</b>	1.347,456	3.463,68	9.461,76	18.501,12	10.771,20

<b>T (horas)</b>	8	8	8	8	8
<b>Eficiência Energética (kJoule/Wh)</b>	12,4	12,86	11,38	10,83	8,64

### 5.5 Cálculo da Redução do Consumo Anual (RCA) de Energia Elétrica no processo de substituição dos conjuntos $CI_{Antes}$ pelos conjuntos $CI_{Depois}$

O cálculo da redução do consumo anual de energia elétrica foi realizado através de (3)

$$RCA_n = CA_{nAntes} - CA_{nDepois} \quad (3)$$

Onde:

$RCA_n$  é a redução do consumo de energia do conjunto “n”;

$CA_{nAntes}$  é o consumo de energia elétrica antes do processo de substituição de todos os conjuntos “n”;

$CA_{nDepois}$  é o consumo de energia elétrica depois do processo de substituição de todos os conjuntos “n”.

Logo, para o C1, tem-se:

$$\text{Redução do Consumo de Energia} \Rightarrow RCA_1 = CA_{1Antes} - CA_{1Depois}$$

$$\text{Redução do Consumo de Energia} \Rightarrow RCA_1 = 1.938,16 - 1.347,456$$

$$\text{Redução do Consumo de Energia} \Rightarrow RCA_1 = 590,704 \text{ [kWh/ano]}$$

### 5.6 Cálculo da Redução de Demanda de Potência Ativa (RPT) no processo de substituição dos conjuntos $CI_{Antes}$ por conjuntos $CI_{Depois}$

O cálculo da redução da demanda de potência ativa foi realizado através de (4)

$$RPT_n = PT_{nAntes} - PT_{nDepois} \quad (4)$$

Onde:

$RPT_n$  é a redução da demanda de potência ativa do conjunto “n”;

$CA_{nAntes}$  é a potência ativa antes do processo de substituição de todos os conjuntos “n”;

$CA_{nDepois}$  é a potência ativa depois do processo de substituição de todos os conjuntos “n”.

Logo, para o C1, tem-se:

$$\text{Redução da Demanda de Potência Ativa} \Rightarrow RPT_1 = PT_{1Antes} - PT_{1Depois}$$

$$\text{Redução da Demanda de Potência Ativa} \Rightarrow RPT_1 = 0,918 - 0,638$$

$$\text{Redução da Demanda de Potência Ativa} \Rightarrow RPT_1 = 0,28 \text{ [kW]}$$

A Tabela 5 apresenta a Redução do Consumo de Energia (kWh/ano) e a Redução da Demanda de Potência Ativa (kW) por conjunto.

Tabela 5 - Redução do Consumo de Energia Elétrica (kWh/ano) e Redução da Demanda de Potência Ativa (kW) para as demais substituições de condicionadores de ar

<b>Conjunto</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
RCA	590,704	1.182,72	1.351,68	4.625,28	1.647,36
RPT	0,28	0,56	0,64	2,19	0,78

### 5.7 Cálculo da redução do consumo anual (RCA) total de energia elétrica ativa devido ao processo de substituição do Sistema de condicionadores de ar tipo janela nos Prédios Públicos

O cálculo da redução de consumo anual total de energia elétrica ativa devido ao processo de substituição do sistema de condicionadores de ar tipo janela foi realizado através da soma da redução de consumo anual de energia elétrica de cada conjunto, expressa em (5):

$$RCA = RCA_1 + RCA_2 + RCA_3 + RCA_4 + RCA_5 \quad (5)$$

Logo:

$$RCA = 590,704 + 1.182,72 + 1.351,68 + 4.625,28 + 1.647,36$$

$$RCA = 9.397,744 \text{ [kWh/ano]}$$

### 5.8 Cálculo da Redução da Demanda de Potência Ativa (RP) Devido ao Processo de Substituição do Sistema de condicionadores de ar tipo janela em todos os Prédios Públicos.

O cálculo da Redução da Demanda de Potência Ativa Devido ao Processo de Substituição do Sistema de condicionadores de ar tipo janela em todos os Prédios Públicos foi realizado por meio da soma da redução da demanda de potência ativa de cada conjunto, expressa em (6):

$$RP_T = RP_{T1} + RP_{T2} + RP_{T3} + RP_{T4} + RP_{T5} \quad (6)$$

Logo:

$$RP_T = 0,28 + 0,56 + 0,64 + 2,19 + 0,78$$

$$RP_T = 4,45 \text{ [kW]}$$

## 6. REDUÇÃO DO CONSUMO ANUAL DE ENERGIA ELÉTRICA DEVIDO AO PROCESSO DE AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE CONDICIONADORES DE AR TIPO SPLIT NOS PRÉDIOS PÚBLICOS

Nos Prédios Públicos, como já foi mencionado, existe um sistema de condicionadores de ar tipo Split com capacidade de 7.000 a 60.000 BTU, exposto na Tabela 2. A seguir são apresentados, como foram feitos os cálculos de consumo de energia elétrica para condicionadores de ar tipo Split de 7000 BTU antes e depois da implantação da automação dos condicionadores de ar, tomando como base os horários estatísticos de funcionamento de cada condicionador de ar tipo Split antes e depois da automação, conforme as curvas dos gráficos das Figuras 6 e 7, e a curva de demanda da potência ativa medida em campo em um ambiente Tipo, ilustrada na Figura 5. Demais grandezas seguem na Tabela 6. Depois de demonstrado como foram realizados os cálculos de consumo de energia elétrica para os condicionadores de ar tipo Split de 7000 BTU, serão apresentados na Tabela 7, a estimativa da redução do consumo de energia elétrica para os demais condicionadores de ar tipo Split.

Tabela 6 – Potência Ativa de um Condicionador de ar tipo Split de 7.000BTU

Condicionador de Ar tipo Split - 7000 BTU					
Data	Duração	F (Hz)	V (V)	I (A)	P <sub>A</sub> (kW)
14/4/2009	09:00:00	60	218	3	0,65
14/4/2009	09:15:00	60	218	2,94	0,64
14/4/2009	09:30:00	60	218	3,01	0,66
14/4/2009	09:45:00	60	218	2,98	0,65
14/4/2009	10:00:00	60	218	2,98	0,65
14/4/2009	10:15:00	60	218	2,98	0,65
14/4/2009	10:30:00	60	218	3	0,65
14/4/2009	10:45:00	60	218	3	0,65
<b>Demanda Media(kW):</b>				<b>0,65</b>	
<b>Tensão Média (V):</b>				<b>218</b>	
<b>Corrente Média (A):</b>				<b>2,98</b>	

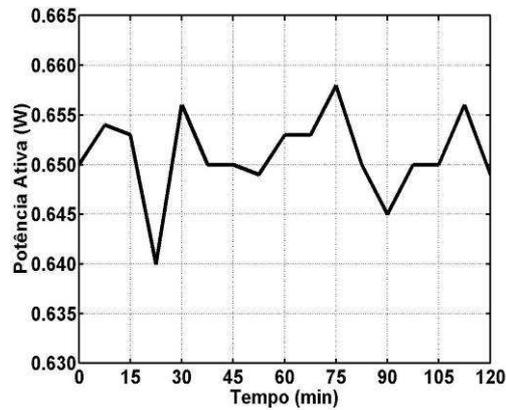


Figura 5 – Curva característica da Potência Ativa de um condicionador de ar tipo Split de 7000 BTU

De acordo com medições realizadas em um ambiente Tipo, antes da instalação dos sensores de presença, ou seja, antes da automação completa, os sistemas de condicionador de ar tipo Split funcionavam em média 8 (oito) horas por dia. Fato que pode ser observado no gráfico da Figura 6. Esse número de horas coincidia exatamente com a média do número de horas de um dia de expediente normal dos Prédios Públicos. Ou seja, no início do expediente o sistema de cada sala era ligado, permanecia ligado durante todo o dia e só era desligado no final do expediente, isto é, o sistema ficava ligado durante todo esse período independentemente se as salas estivessem sendo usadas ou não.

Com as medições realizadas depois da instalação dos sensores de presença em um ambiente Tipo, pode-se constatar que os sistemas de condicionador de ar desse ambiente passou a funcionar em média 5 (cinco) horas por dia, de acordo com o ilustrado no gráfico da Figura 7. Essa redução considerável no número médio diário de horas de funcionamento foi devido ao desligamento automático do aparelho condicionador de ar da sala Tipo, quando não estava sendo utilizada. Os sensores funcionam otimizando o sistema, ou seja, os aparelhos de condicionador de ar ligam e desligam de acordo com a utilização ou não da sala. Desta forma, considerando-se o período de um ano inteiro, a proporção de redução anual do consumo de energia elétrica pelos sistemas de condicionador de ar tipo Split dos Prédios Públicos torna-se bastante relevante.

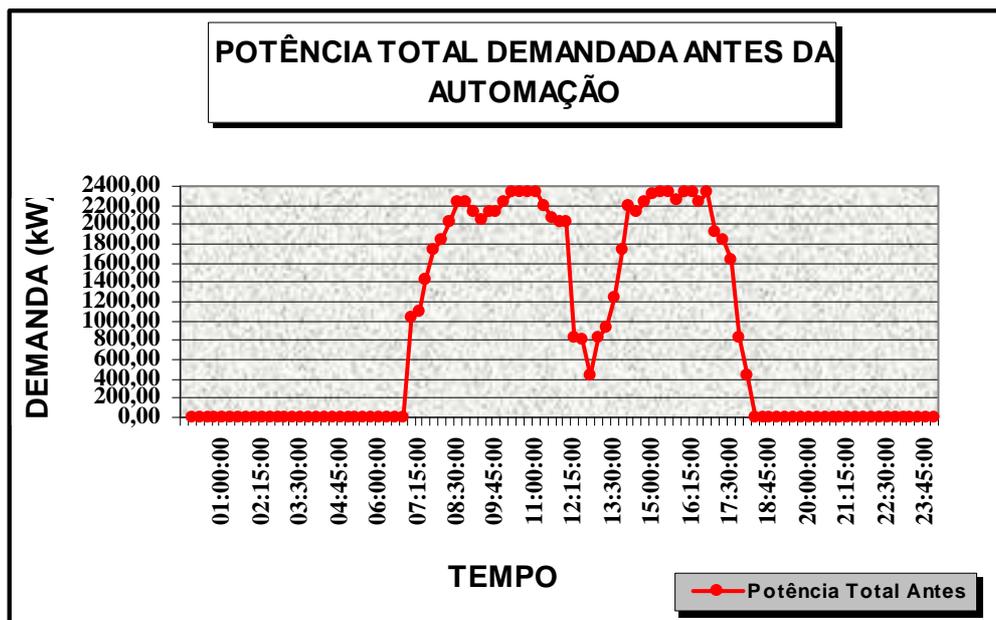


Figura 6 – Curva da Potência Ativa Total Demandada pelo Sistema de condicionador de ar tipo Split Antes do Processo de Automação em um Ambiente Tipo

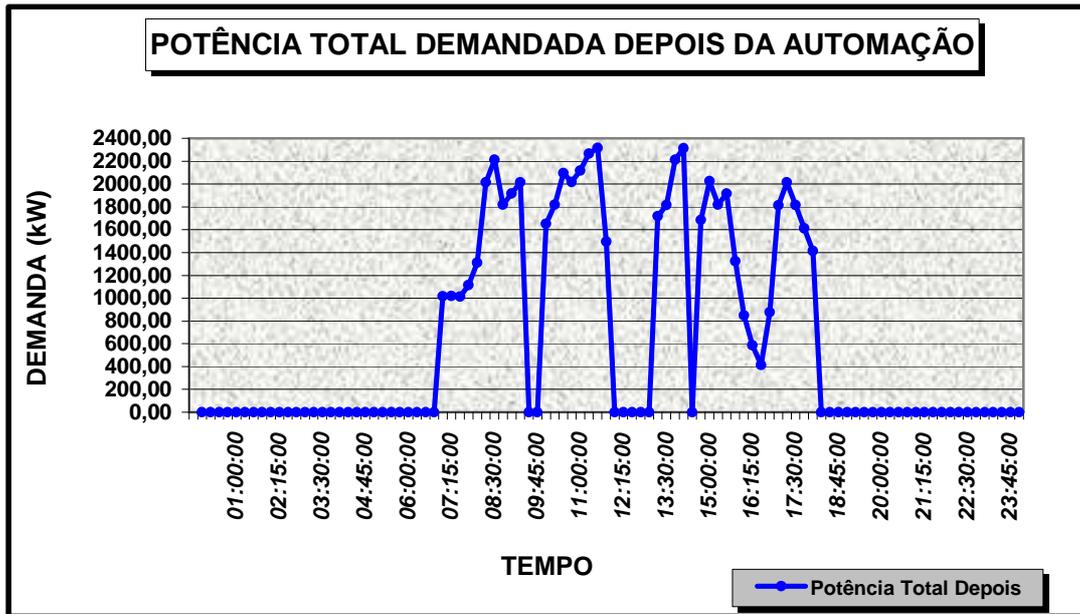


Figura 7 – Curva da Potência Ativa Total Demandada pelo Sistema de condicionador de ar tipo Split Depois do Processo de Automação em um Ambiente Tipo

### 6.1 Cálculo do Consumo dos condicionadores de ar tipo Split $S_1$ antes do processo automação

Potência medida por cada condicionador de ar tipo Split = 650 [W]

Nº de condicionadores de ar tipo Split = 5 condicionadores

Potência Total Instalada antes da automação  $1 \Rightarrow PTS_{1Antes} = 5 \times 650 = 3,25$  [kW]

Considerando que os condicionadores de ar funcionavam por um período de 8 horas diárias, durante 22 dias do mês, no decorrer dos 12 meses do ano, pode-se calcular o consumo anual de energia elétrica.

$$CAS_{1Antes} = PTS_{1Antes} \times 8 \times 22 \times 12$$

$$CAS_{1Antes} = 3,25 \times 8 \times 22 \times 12$$

$$CAS_{1Antes} = 6.864,00 \text{ [kWh/ano]}$$

### 6.2 Cálculo do Consumo dos condicionadores de ar tipo Split $S_1$ depois do processo automação

Potência medida por cada condicionador de ar tipo Split = 650 [W]

Nº de condicionadores de ar tipo Split = 5 condicionadores

Potência Total Instalada depois da automação  $1 \Rightarrow PTS_{1Depois} = 5 \times 650$

Potência Total Instalada  $\Rightarrow PTS_{1Depois} = 3,25$  [kW]

Considerando que os condicionadores de ar ficam funcionando num período de 5 horas diárias, durante 22 dias do mês e no decorrer dos 12 meses do ano, pode-se calcular o consumo anual de energia elétrica.

$$CAS_{1Depois} = PTS_{1Depois} \times 5 \times 22 \times 12$$

$$CAS_{1Depois} = 3,25 \times 5 \times 22 \times 12$$

$$CAS_{1Depois} = 4.290,00 \text{ [kWh/ano]}$$

### 6.3 Cálculo da Estimativa da Redução do Consumo Anual de Energia Elétrica no processo de automação dos condicionadores de ar tipo Split $S_1$

Redução do Consumo de Energia  $\Rightarrow RCAS_1 = CAS_{1Antes} - CAS_{1Depois}$

Redução do Consumo de Energia  $\Rightarrow RCAS_1 = 6.864,00 - 4.290,00$

Redução do Consumo de Energia  $\Rightarrow RCAS_1 = 2.574,00$  [kWh/ano]

A Tabela 7 apresenta a estimativa da redução do consumo de energia elétrica para a automação dos demais condicionadores de ar tipo Split.

Tabela 7 – Estimativa da Redução do Consumo de Energia Elétrica para a Automação dos demais Condicionadores de Ar Tipo Split

Condicionadores de ar tipo Split	RCA [kWh/ano]
7000 BTU (S <sub>1</sub> )	2.574,00
9000 BTU (S <sub>2</sub> )	3.168,00
12000 BTU (S <sub>3</sub> )	9.670,32
18000 BTU (S <sub>4</sub> )	12.972,96
21000 BTU (S <sub>5</sub> )	3.801,60
24000 BTU (S <sub>6</sub> )	10.692,00
30000 BTU (S <sub>7</sub> )	10.137,60
60000 BTU (S <sub>8</sub> )	4.641,12

#### 6.4 Cálculo da Redução do Consumo Anual de Energia Elétrica Ativa Devido ao Processo de Automação dos condicionadores de ar tipo Split em Todos os Prédios públicos

O cálculo estimado da redução de consumo anual total de energia elétrica ativa devido ao processo de automação do sistema de condicionadores de ar tipo Split foi realizado através da soma da redução de consumo anual de energia elétrica de cada conjunto, expressa em (7):

$$RCA_{Automação} = RCAS_1 + RCAS_2 + RCAS_3 + RCAS_4 + RCAS_5 + RCAS_6 + RCAS_7 + RCAS_8 \quad (7)$$

$$RCA_{Automação} = RCA_1 + RCA_2 + RCA_3 + RCA_4 + RCA_5 + RCA_6 + RCA_7 + RCA_8$$

$$RCA_{Automação} = 2.574,00 + 3.168,00 + 9.670,32 + 12.972,96 + 3.801,60 + 10.692,00 + 10.137,60 + 4.641,12$$

$$RCA_{Automação} = 57.657,60[\text{kWh/ano}]$$

## 4. CONCLUSÕES

Os custos da energia elétrica representam atualmente, para grandes consumidores, um componente de peso em suas despesas de manutenção. Uma redução no valor da fatura de energia certamente se constitui num grande atrativo para a empresa, pois se traduz em ganhos financeiros. Sob a ótica da concessionária, se visualiza a possibilidade de atendimento de novas cargas sem que haja necessidade de novos investimentos para a ampliação dos sistemas geração, transmissão ou distribuição. Esta situação evidentemente representa um benefício direto, decorrente do projeto implantado.

Diante dos resultados apresentados, pode-se dizer que ações conjuntas entre concessionária e consumidores constituem atualmente o principal alicerce para o desenvolvimento de metodologias que possibilitam uma redução nas perdas financeiras, técnicas, comerciais, ambientais e sociais das empresas de distribuição e também aos consumidores finais, causadas pela má utilização dos recursos elétricos disponíveis.

Após a substituição dos aparelhos condicionadores de ar foram realizadas visitas a diversos locais contemplados com a substituição, constando-se melhorias sensíveis na refrigeração dos ambientes, aferidos através dos seguintes fatores:

- Melhoria do conforto ambiental nas dependências dos blocos, uma vez que a temperatura antes da troca dos aparelhos condicionadores de ar tipo janela convencionais permanecia num valor médio em torno de 32°C, após a substituição, se mantém em torno de 25°C;

- Diminuição dos valores de correntes solicitadas pelos condicionadores de ar tipo janela propostos, proporcionando uma sensível diminuição de perdas nos cabos de alimentação dos Condicionadores por efeito Joule ( $RI^2$ );

- Aumento da eficiência devido à baixa manutenção requerida pelos novos Condicionadores de ar;

- Diminuição considerável de ruído, possibilitando melhores condições e qualidade no ambiente de trabalho e nas atividades acadêmicas, devido aos aparelhos novos serem mais silenciosos;

Para estes Prédios Públicos, a substituição do seu sistema de condicionadores de ar é viável, haja vista que, a redução do consumo de energia elétrica ativa total e a redução da demanda de potência ativa total com as substituições dos condicionadores de ar tipo janela, foram respectivamente: 9.397,744 [kWh/ano] e 4,45[kW], sendo bastante significativas. No processo de automação do sistema de condicionadores de ar tipo Split, a estimativa da redução do consumo anual de energia elétrica ativa é de 57.657,60[kWh/ano]. Finaliza-se este trabalho, ratificando que os números obtidos evidenciam que o processo de Eficientização Elétrica é de grande valia não apenas para o consumidor em questão, mas também para a sociedade em geral, pois, com o uso racional da energia elétrica, se reduz o consumo de energia elétrica sem comprometer a qualidade das atividades desenvolvidas.

## **5. REFERÊNCIAS**

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos – NBR 5426. Rio de Janeiro, Jan. / 1985. Versão Corrigida 1989.

2. PIMVP. Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance. Abril de 2007.

3. ELETROBRÁS/PROCEL EDUCAÇÃO (2006). Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações. Itajubá Janeiro: LTC/Eletróbás/ EFEI.

4. VASCONCELLOS, Arnulfo Barroso ; B. C. Carvalho ; APOLÔNIO, Roberto ; MARTINS, D. L. R. ; T.V. da Silva ; GOMES, Teresa Irene Ribeiro de Carvalho Malheiro ; ANNUNCIACAO, L. . Eficiência Energética em uma Industria de Calcário. In: 3 Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2009, Belém/PA. 3 CBEE, 2009.

5. VASCONCELLOS, Arnulfo Barroso ; BARROS, R. S. ; BERNARDES, T. A. ; GOMES, Teresa Irene Ribeiro de Carvalho Malheiros ; B. C. Carvalho ; ANNUNCIACAO, L. . Avaliação de Resultados após Implantação de um Projeto de Eficiência Energética na UFMT. In: 3 Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2009, Belém/PA. 3 CBEE, 2009.

6. VASCONCELLOS, Arnulfo Barroso ; APOLÔNIO, Roberto ; MOREIRA, J. ; ALVES, M. S. M. ; GOMES, Teresa Irene Ribeiro de Carvalho Malheiro . Análise da qualidade da energia elétrica no barramento que alimenta os equipamentos de Auxílios à Navegação Aérea por Instrumentos. In: Conferência Brasileira sobre Qualidade da Energia Elétrica, 2009, Blumenau/SC. VIII CBQEE, 2009.

7. VASCONCELLOS, Arnulfo Barroso ; ANNUNCIACAO, L. ; Omar, L. ; SILVA, Orlando Adolfo da ; T.V. da Silva . Eficiência Energética e Qualidade da Energia em um Sistema de Acionamento de Elevadores. In: 3 Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2009, Belém/PA. 3 CBEE, 2009

8. VASCONCELLOS, Arnulfo Barroso ; LAMBERT, José Antônio ; MARTINS, D. L. R. ; T.V. da Silva ; GOMES, Teresa Irene Ribeiro Carvalho Malheiro . Energy Quality in an Operation Center Of Data Processings. In: COBEP 2009 - The 10TH Brazilian Power Electronics Conference, 2009, Bonito - MS. COBEP 2009, 2009.