



**XX SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
XXX.YY  
22 a 25 Novembro de 2009  
Recife - PE

**GRUPO -XIV**

**GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DA TECNOLOGIA, DA INOVAÇÃO E DA EDUCAÇÃO - GET**

**AVALIAÇÕES DE PERDAS EM CONDUTORES ELÉTRICOS DE BAIXA TENSÃO – COMPORTAMENTO TÉRMICO E USO DE LINHAS ELÉTRICAS PRÉ-FABRICADAS.**

**Ricardo Santos d'Avila(\*) IEE-USP    José Aquiles Baesso Grimoni IEE-USP    Geraldo Francisco Burani IEE-USP    Maurício G. Oliveira Beghim S.A.  
IEE-USP (INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO)**

**RESUMO**

Este trabalho procura colaborar com a compreensão do funcionamento e uso de linhas elétricas pré-fabricadas no tocante aos aspectos térmicos e seus reflexos nas perdas de energia envolvidas no processo de distribuição de energia elétrica em baixa tensão em edificações de uso residencial.

São feitas considerações sobre valores de temperaturas de trabalho obtidos por três metodologias (cálculos, simulações computacionais e medições em laboratório) em linhas elétricas pré-fabricadas em correntes nominais de 225A a 1250A. Também, são feitas avaliações e contabilizações sobre as perdas de energia decorrentes do uso das linhas elétricas pré-fabricadas em edificações.

**PALAVRAS-CHAVE**

Instalações elétricas; Perdas Joule, Aquecimento de condutores; Linhas elétricas pré-fabricadas, Barramentos blindados.

Ž

**1.0 - INTRODUÇÃO**

As linhas elétricas pré-fabricadas (ou Barramentos Blindados) são utilizadas freqüentemente em edifícios nos quais a medição da energia consumida pelos condôminos é feita ao longo do seu percurso. Por conduzirem energia antes do medidor, as perdas elétricas do Barramento são um "custo" para as concessionárias de distribuição, que elaboram normas que limitam as perdas no Barramento. A impedância elétrica ( $Z=R+jXL$  c/  $Z^2=R^2+XL^2$  e "R" a Resistência Elétrica dos condutores e XL a Reatância Indutiva) dos barramentos passa a ser sua característica determinante, na escolha do modelo. A seção do barramento, como sua forma, material dos condutores e material dos invólucros são os fatores que determinam a impedância de um barramento blindado e seu comportamento térmico.

Basicamente, a utilização de linhas elétricas pré-fabricadas em edificações é recomendada no caso do transporte e distribuição de energia ser feito a longa distância ou com elevada densidade de carga, quando em princípio seria empregado condutor de grande seção de difícil instalação ou cabos em paralelo, ocasionando montagem demorada, meticulosa e causando elevada queda de tensão. Em condomínios verticais, por exemplo, mostram-se bastante atraente sua utilização em edifícios a partir de 11/12 andares. Um grande atrativo é a possibilidade de redução nos custos em relação às instalações tradicionais, pois protela a execução das instalações no que se refere às prumadas e alimentadores gerais, visto que o tempo de montagem de linhas elétricas pré-fabricadas é menor que tempo de montagem do sistema de cabos isolados.

## 2.0 - CONSIDERAÇÕES DE PROJETO E DE FUNCIONAMENTO DE LINHAS ELÉTRICAS PRÉ-FABRICADAS:

As Figuras 1 e 2, a seguir, exemplificam a constituição física típica de uma linha elétrica pré-fabricada.

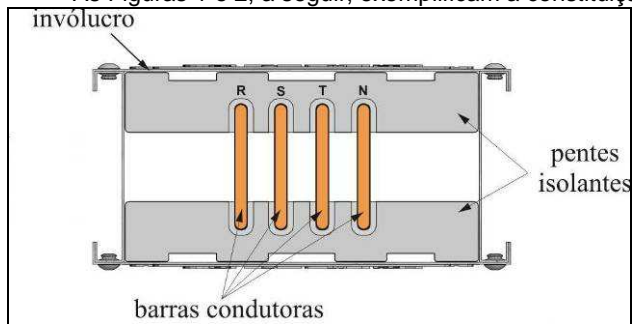


FIGURA 1 – Vista em corte de linha elétrica pré-fabricada.

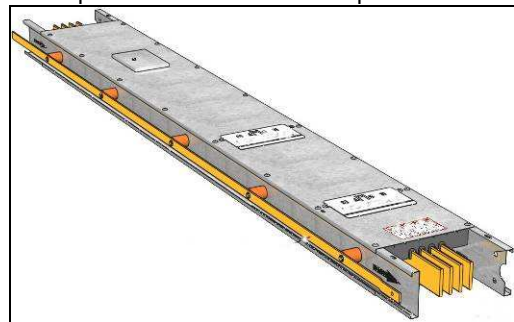


FIGURA 2 – Trecho reto típico de linha elétrica pré-fabricada.

Este trabalho enfoca linhas elétricas pré-fabricadas utilizadas em instalações prediais mais comuns comercialmente e se baseia na seguinte aplicação: Distribuição de energia elétrica; Ambientes abrigados; Baixa tensão (< 1000V); Trifásicos 60Hz.

Considerando-se as perdas por aquecimento nas instalações, o Efeito Joule, estas perdas são abordadas de modo indireto quando do dimensionamento dos condutores pelos critérios da capacidade de condução de corrente elétrica (nas temperaturas de operação dos condutores) e das quedas de tensão dos trechos da instalação. Isto, de algum modo, limita as quantidades de energia elétrica despendidas no aquecimento dos condutores. Da Impedância Elétrica Total este trabalho avalia a fração resistiva da impedância.

A escolha de uma linha elétrica pré-fabricada é determinada, pelo usuário por suas necessidades específicas. Deve levar em conta: As características da instalação (Tensão do Sistema; Nível de Curto-circuito; Corrente demandada (A); Perdas máximas (W/m) ( $\Delta V$ ) (Wh/mês); Penetração de água ou objetos; Resistência à corrosão e Material dos condutores).

O material do Barramento é definido por critérios comerciais; um barramento de cobre deve ter o mesmo desempenho de um barramento de alumínio e as normas específicas aplicáveis são as NBR-IEC-60439-1 e NBR-IEC-60439-2.

Deste modo, o projeto do barramento deve minimizar a impedância sem aumentar seu custo de produção e sua impedância definirá seu custo e, portanto, sua atratividade ao cliente.

A corrente nominal é determinada pelo equilíbrio entre a capacidade de dissipação térmica do barramento e a geração de calor dos condutores. Isso é obtido com o dimensionamento da seção dos condutores, sua área de dissipação térmica e as características de ventilação do invólucro.

Normalmente, para um mesmo grau de proteção do invólucro e material dos condutores, a capacidade de corrente é diretamente proporcional à seção dos condutores.

É importante salientar uma diferença entre fios e cabos e elétricos e linhas elétricas pré-fabricadas no tocante a comercialização, projeto e utilização: Fios e cabos elétricos são fabricados e comercializados em função de suas "bitolas" (seções em  $\text{mm}^2$  do material condutor) e com a determinação da corrente elétrica máxima, ou de projeto, a ser feita pelo usuário (projetista). Linhas elétricas pré-fabricadas são comercializadas com os valores já estabelecidos das correntes nominais. Assim, avaliações e ensaios em linhas elétricas pré-fabricadas são justificados pelo fato destas poderem admitir variados tipos de configurações, sendo este ora avaliado e largamente utilizado, um dos mais convenientes com já mostrado em (1).

## 3.0 - TEMPERATURAS DE TRABALHO:

A determinação das temperaturas de trabalho  $T_h$  foi feita para um conjunto particular de linhas elétricas pré-fabricadas com condutores em cobre, carcaça de chapa de aço carbono galvanizada, correntes nominais de 225A a 1250A. Os valores das temperaturas  $T_h$  dos condutores das linhas elétricas pré-fabricadas foram estimados por 4 métodos que admitem o princípio da conservação da energia, as linhas elétricas não estão expostas à radiação solar, as temperaturas em todos os condutores são praticamente as mesmas, o corpo de prova encontra-se em regime (corrente elétrica de ensaio constante e atingido o equilíbrio térmico).

1) Cálculo pela fórmula proposta por MELSOM & BOOTH (2), publicada na "Copper Development Association", e permite definir a corrente permissível num condutor ou estimar a temperatura dos condutores para determinada corrente:

$$I = k \cdot \frac{24,9 \cdot (Th - \Theta_n)^{0,61} \cdot S^{0,5} \cdot p^{0,39}}{\sqrt{\rho_{20} [1 + \alpha(\Theta - 20)]}}, \text{ onde:} \quad [\text{Equação 1}]$$

$I$	:	Corrente admissível expressa em amperes	A
$\Theta_n$	:	Temperatura do ambiente	°C
$(Th - \Theta_n)$	:	Aquecimento permissível	°C
$p$	:	Perímetro de uma barra	cm
$\rho_{20}$	:	Resistividade do condutor na temperatura de 20° C	1,785 $\mu\Omega/\text{cm}$
$\alpha$	:	Coefficiente de temperatura da resistividade -cobre	0,0039 ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
$k$	:	Coefficiente da instalação (0,7 ≤ k ≤ 1 em função do duto aberto/ventilado)	
$S$	:	seção transversal da barra	$\text{cm}^2$

2) Cálculo do Comportamento térmico segundo a equação para o cálculo de capacidade segundo a publicação (3):

$$I = \left\{ \frac{hAs(T_{MÁX.} - T_{\infty}) + \varepsilon\delta As(T_{MÁX.}^4 - T_{\infty}^4) - \alpha A_p q''_{sun}}{R(T_{MÁX.})} \right\}^{0,5}, \text{ onde:} \quad [\text{Equação 2}]$$

$h$	:	Coefficiente de transferência de calor por convecção	$\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$
$As$	:	Área da superfície	$\text{m}^2$
$Th$ ou $Tmáx$	:	Temperatura máxima de operação	°C
$T_{\infty}$	:	Temperatura ambiente	°C
$\varepsilon$	:	Emissividade	0,07
$\delta$	:	Constante de Stefan-Boltzmann	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2 \text{ K}^4$
$\alpha$	:	Absorção solar ( $\alpha=0$ )	
$A_p$	:	Área projetada	$\text{m}^2$
$q''_{sun}$	:	Incidência de energia solar por unidade de área	$\text{W}/\text{m}^2$

Na Equação 2 notam-se:

$hAs(T_{MÁX.} - T_{\infty}) \rightarrow$  calor por convecção;

$\varepsilon\delta As(T_{MÁX.}^4 - T_{\infty}^4) \rightarrow$  calor dissipado por radiação;

$\alpha \cdot A_p \cdot q''_{sun} \rightarrow$  calor absorvido pela radiação solar (adotado como zero, pois a linha elétrica está abrigada).

Nesta Equação 2, o termo “calor por convecção” encerra um problema de engenharia bastante trabalhoso que é a determinação do fator de convecção “ $h$ ”. Durante os cálculos foram adotados valores aproximados e baseados em observações e outros trabalhos variando na faixa de 2 a 5 [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ] (4)(5) para placas planas em posição vertical, para o ar atmosférico em ambiente calmo, considerando-se duto (invólucro) aberto ou fechado, o que equivale à construção da linha elétrica pré fabricada com duto metálico de aço e grau de proteção IP-54 (fechado sem ventilação) e IP-31 (com ventilação natural).

3) Simulação computacional usando-se software “Students’s Quick Field – Steady state heat transfer analysis (Tera Analysis LTD).

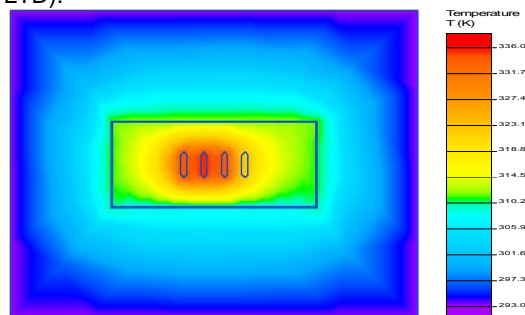


Figura 3: Exemplo de perfil de temperaturas obtido por simulação computacional para barramento de cobre e corrente nominal 325A.

4) As temperaturas  $T_h$  foram adotadas com sendo a média dos valores das temperaturas internas das linhas elétricas pré-fabricadas medidas durante os ensaios de elevação de temperatura realizados conforme o item 8.2 da norma NBRIEC60439-2:2004.

Assim, as Tabelas 1 e 2 e a Figura 4, a seguir resumem e mostram os valores encontrados para cada uma das metodologias adotadas, bem como os valores (médios) de  $T_h$  que podem ser assumidos.

Tabela 1: Valores de temperaturas internas das barras condutoras obtidas por cálculos e medições.

Corrente nominal [A]	$T_h$ [°C] Calculado Eq.1	$T_h$ [°C] Calculado Eq.2	$T_h$ [°C] (máximo) Medição	$T_h$ [°C] (médio) Medição
225	78	81	84	77
325	67	65	82	66
450	67	61	108	93
550	71	67	100	77
700	93	95	117	90
800	93	93	97	87
1000	93	90	102	85
1250	110	107	102	82

Tabela 2: Valores de temperaturas internas das barras condutoras obtidas por simulação computacional e medições.

Corrente nominal	$T_h$ [°C] Max simulado	$T_h$ [°C] (máximo) Medição	$T_h$ [°C] Médio simulado	$T_h$ [°C] (médio) Medição
225	70	84	69	77
325	63	82	59	66
450	68	108	67	93
550	69	100	66	77
700	111	117	107	90
800	107	97	104	87
1000	102	102	100	85
1250	128	102	125	82

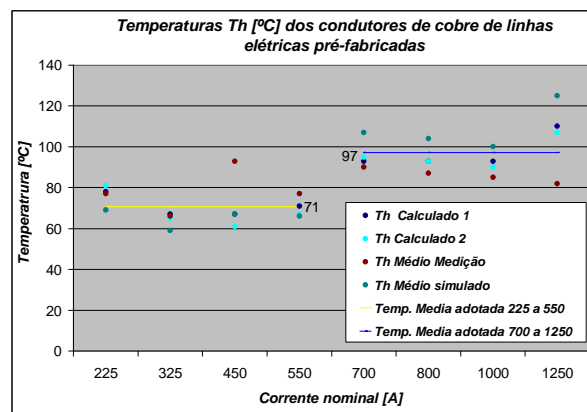


Figura 4: Gráfico das temperaturas obtidas para linhas elétricas pré-fabricadas com condutores de cobre invólucro em chapa de aço carbono.

Aqui podemos, então, adotar valores médios das temperaturas  $T_h$  por faixa de corrente nominal da linha elétrica pré-fabricada. A adoção destes valores médios é bastante justificável em função da experiência acumulada com estes tipos de medições, conhecimento das incertezas, limitações dos cálculos e simulações.

Considerando-se correntes nominais até 550A é possível verificar que o valor médio de 71°C é praticamente igual ao valor de temperatura máxima de trabalho (70°C) de fios e cabos elétricos de baixa tensão com isolamento em PVC. Embora possa haver fios e cabos elétricos com isolações que permitam temperaturas de trabalho de 90°C.

A seguir serão feitas considerações sobre caso específico de projeto de instalação elétrica residencial e neste são feitas comparações entre utilização de fios e cabos PVC (70°C) e linha elétrica pré-fabricada In=550A.

#### 4. PERDAS EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS:

A determinação dos valores das perdas nas linhas elétricas, de modo geral sejam elas compostas por fios e cabos e/ou linhas elétricas pré-fabricadas, podem ser feitas tomando por base os valores das quedas de tensão consideradas nos projetos. Estes valores de queda de tensão (percentuais) podem ser aplicados diretamente como perdas de energia elétrica no trecho considerado e multiplicados por um fator de 0,7 (equivalente à relação entre a Resistência ôhmica (R) e a Impedância total (Z) em uma linha elétrica pré-fabricada como a utilizada) para uma aproximação e obtenção de um valor da fração relativa das perdas por aquecimento dos condutores.

Para efeitos dos cálculos de perdas vamos admitir dois valores iniciais que são as quedas de tensão percentuais admissíveis em instalações elétricas residenciais de baixa consideradas desde o ponto de entrega pela concessionária até a entrada na residência do consumidor, considerando-se dois tipos de linhas elétricas: 5% para circuitos com fios e cabos e 2% para circuitos com linhas elétricas pré-fabricadas de um projeto já feito e executado e citado em 4.1 deste trabalho.

Quando da utilização de linhas elétricas pré fabricadas, estes valores de 2% são menores que 5%, se explicam por ser exigência de empresa concessionária de distribuição dado que nesta modalidade é utilizada medição distribuída das unidades consumidoras. Deste modo, as perdas decorrentes nos trechos antes dos medidores de energia são contabilizadas e absorvidas pela empresa concessionária de distribuição.

A avaliação e a contabilização das perdas em linhas elétricas pré-fabricadas, em instalações elétricas residenciais, dependem de dados totalizados por região (bairro, cidade, estado ou país) sobre a quantidade utilizada deste material. A obtenção destes dados na maioria dos casos está ligado às questões estratégicas e comerciais empresariais, de modo que sua disponibilidade é pequena. Logo as avaliações das perdas ficam dependentes a algum empreendimento específico e suas totalizações por região ficam dependentes de dados estimados tomados a partir de avaliações consideradas a partir de várias condições de contorno.

#### 4.1 AVALIAÇÕES EM UM EMPREENDIMENTO ESPECÍFICO:

Foi possível obter uma situação, um projeto exemplo, passível de comparação de um empreendimento imobiliário na cidade São Paulo formado por duas torres de 15 pavimentos cada, 4 unidades de 70m<sup>2</sup> por pavimento; potência instalada 15kW por unidade.

Em unidades deste tipo é possível admitir consumos mensais médios de 180kWh a 230kWh ou anualizados uniformemente mês a mês como 2160kWh a 2760kWh.

Os dados do projeto obtidos e calculadas as estimativas são mostrados na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 – Valores estimados para projeto de um empreendimento imobiliário na cidade de São Paulo.

Tipo de condutor na prumada	Queda tensão de projeto dV%	Perda de energia por aquecimento dE%	Perda total de energia (kWh/período) - Nota		Custo total instalação elétrica (Material + MO) R\$ - ref. 2008
			Mensal	Anual	
Cabos 16mm <sup>2</sup>	5	3,5	861	10332	142.050,00
Barramentos cobre In=550A	2	1,4	344	4133	130.550,00

Nota: para consumo médio 205kWh/mês por unidade.

Aqui é possível notar diretamente as vantagens no uso das linhas elétricas pré-fabricadas sobre os fios e cabos: 8% no investimento inicial das instalações e redução de 60% da parcela de energia gasta com aquecimento dos condutores das perdas por aquecimento dos condutores.

Todavia, devido às características distintas nas especificações dos dois produtos comparados é possível se encontrar valores distintos sobre as perdas entre os dois dependendo da fonte dados. Deste modo é feita, adicionalmente, uma análise invertendo as vantagens comparativas, ou seja: Sobre diferença de R\$11.500,00 do custo do investimento inicial e sua recuperação anual com a energia conservada (ou perda evitada). Foram utilizadas nas análises as figuras de mérito aplicáveis para análises econômicas de investimentos e de eficiência energética (6), para um período de análise de 30anos (equivalente à vida útil da instalação) e para várias taxas de desconto, mas deve se salientar que o valor de 8%aa é o valor mínimo recomendado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em seu documento específico de elaboração de programas de eficiência energética (7):

- **Tempo de Simples Retorno (TSR):**  
 $TSR = (\text{DIFERENÇA DE PREÇOS DAS INSTALAÇÕES}) / (\text{ECONOMIA ANUAL DE ENERGIA})$

- **Tempo de Retorno Descontado (TRD):**  
 $TRD = TSP \times (\text{período de análise em N anos}) \times \text{Fator de Recuperação de Capital}$

- **Taxa Interna de Retorno (TIR):** É definida como o valor de uma taxa de desconto para a qual dois investimentos têm o mesmo valor presente.

- **Custo da Energia Conservada (CEC):**  
 $CEC = \text{Fator de Recuperação de Capital} \times (\text{DIFERENÇA DE PREÇOS DAS INSTALAÇÕES}) / (\text{ECONOMIA ANUAL DE ENERGIA})$

Deste modo foram obtidos os resultados mostrados nas Figuras 5 a 9, a seguir.

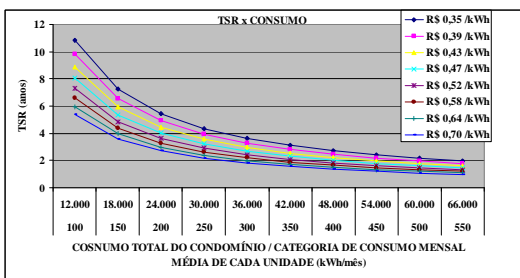


Figura 5 - Tempos de Simples Retorno

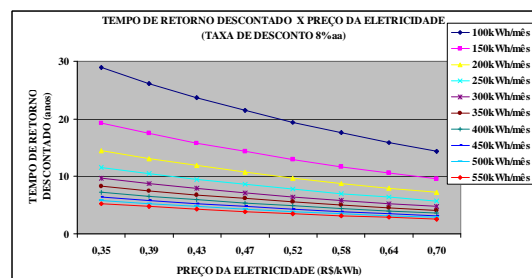


Figura 6 - Tempos de Retorno Descontados

A Figura 5 já denota alguma viabilidade no investimento devido ao período de retorno menor que os 30 anos de vida útil da instalação. Mas ainda, não é considerado o “dinheiro no tempo”, o que pode ser visto nas Figuras 6, 7 e 8 através do Tempo de Retorno Descontado (TRD) e da Taxa Interna de Retorno (TIR).

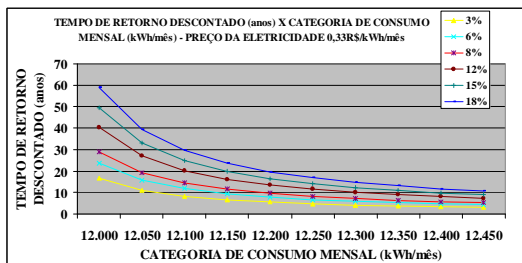


Figura 7 - Tempos de Retorno Descontado

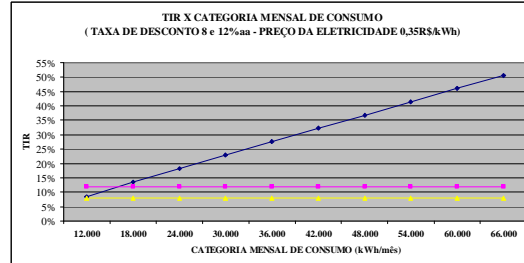


Figura 8 - Taxa Interna de Retorno

Os Gráficos 7 e 8, agora já refinam e restringem a viabilidade da substituição proposta às categorias de consumo acima 150kWh/mês (médios de cada unidade consumidora) ou 12050kWh/mês (médios total do condomínio).

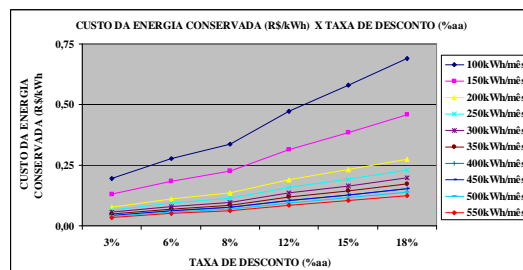


Figura 9 - Custo da Energia Conservada (CEC)

O Custo da Energia Conservada (CEC), mostrado na Figura 9, evidencia a viabilidade da substituição sob a ótica da conservação da energia, pois o custo de se conservar uma unidade de energia é menor do que o custo que se paga para consumir esta unidade de energia.

### 3.2 AVALIAÇÕES PARA UM GRUPO DE EMPREENDIMENTOS SEMELHANTES:

Como citado anteriormente, não foi possível obter dados precisos sobre a quantidade de instalações no país que utilizam linhas elétricas pré-fabricadas em alternativa a aquelas que utilizam cabos em suas prumadas. Mas para efeitos de estimativa de perdas com aquecimento de condutores foi possível apenas de se obter dados informais relativos à quantidade de instalações semelhantes à analisada em 3.1 deste trabalho. Este número é de 400 empreendimentos/ano (ref. 2008). Os dados relativos entre uso de linhas elétricas pré-fabricadas e linhas elétricas com fios e cabos não foi possível de ser obtido. Assim foram elaboradas estimativas a partir, apenas, do número de instalações com linhas elétricas pré-fabricadas e mostradas na Tabela 5.

TABELA 5 - Estimativas das perdas e de custos evitados para instalações elétricas em condomínio residenciais que utilizam linhas elétricas pré-fabricadas (Brasil – 2008).

Quantidade de novas edificações que utilizam linhas elétricas pré-fabricadas	Perda evitada anualmente por empreendimento com a utilização da linha elétrica pré-fabricada (kWh/ano)	Custo da perda adicional anual evitada com o uso de linhas elétricas pré-fabricadas nas prumadas das novas edificações (R\$/ano)		
		124 R\$/MWh	283 R\$/MWh	450 R\$/MWh
400	6199	307.470,40	701.726,80	1.115.820,00

A perda adicional se refere à perda de energia decorrente da diferença entre as novas instalações assumidas como utilizando linhas elétricas pré-fabricadas e as mesmas instalações utilizando se prumadas com o sistema usual de fios e cabos. Foram considerados três preços da energia elétrica que podem representar três pontos de vista: o das concessionárias pelo preço de compra da energia (124 R\$/MWh), o dos consumidores com preço da tarifa da energia (283 R\$/MWh) pago pelos consumidores e o valor adotado como preço da energia para as análises dos consumidores individuais (450 R\$/MWh).

### 5. CONCLUSÕES:

O modelamento térmico mostrado fornece valores bastante próximos das temperaturas de trabalho. Diferenças se devem basicamente às questões de: incerteza de medição de temperaturas; dificuldades de determinação dos fatores de convecção. Mesmo assim podem colaborar no projeto de linhas elétricas.

O valor de  $T_h=71^\circ\text{C}$  foi bastante satisfatório comparado com as equivalentes de cabos com isolamento em PVC, ainda que as linhas elétricas pré-fabricadas tenham a possibilidade de trabalharem em temperaturas mais elevadas devido aos seus materiais constituintes (isolamentos, principalmente) suportarem condições mais severas.

É importante salientar que as linhas elétricas pré-fabricadas são ofertadas, especificadas e fornecidas pelas suas correntes nominais, diferentemente dos cabos. Isto ao mesmo tempo exige especial atenção em seu projeto e testes e apresenta possibilidades e oportunidades de alteração e melhoria do produto com boa flexibilidade. Por exemplo: devido ao preço crescente do cobre no mercado mundial já há certa tendência de uso de linhas elétricas pré-fabricadas com condutores de alumínio e há notícias de que algumas empresas concessionárias distribuição de energia elétrica já admitem, ou estão em vias de admitir, o uso de alumínio nos condutores de linhas elétricas pré-fabricadas em condomínios no uso de medição de energia por andar.

Especialmente por conta da adoção de sistemática de medição descentralizada (ou energia não medida, ou medidores próximos aos consumidores), as empresas concessionárias restringem substancialmente os limites de queda de tensão nas linhas elétricas pré-fabricadas, ao mesmo tempo exigem de seus fabricantes comprovação e testes de uma série de características, tornado este tipo de condutor bastante confiável.

A avaliação econômica financeira efetuada para um empreendimento mostrou claramente o ganho possível em horizonte viável de tempo (menor que 30 anos) com a utilização de linhas elétricas pré-fabricadas.

Embora haja carência de dados, principalmente os comparativos entre os usos de cabos e linhas elétricas pré-fabricadas, foi possível esboçar alguma contabilização das perdas evitadas. Mais estudos, e mais dados básicos, são necessários para avaliar esta questão específica.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Bomeisel, E., d'Avila, R.S., IMPEDÂNCIA DE BARRAMENTOS BLINDADOS – INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS E RESULTADOS PRÁTICOS DE MEDIÇÕES. XII ENIE2008 (12º Encontro Nacional de Instalações Elétricas – São Paulo – SP 2008.)
- (2) Copper Development Association and MELSOM, S.W. and H.C. BOOTH: Current-Carrying Capacity of Solid Bars. Jour. I. E. E., 62, 1924, pp 909 915.
- (3) 1822 IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 9, No. 4, October 1994 - STEADY-STATE AND TRANSIENT AMPACITY OF BUS BAR.
- (4) Incropera, F.P., Dewitt, D.P. Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa. LTC Editora – ISBN 85-2161378-4.
- (5) UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – “Convecção Natural em Placa Plana Vertical: Influência de Superfícies Vizinhas no Coeficiente de Transferência de Calor”- Eng. ROSSANO RENIR COMUNELLO - Dissertação de Mestrado - Florianópolis, abril de 2007.
- (6) DUTT, G.S. Techniques For End Use Electricity Analysis and Conservation Program Design and Evaluation - A Manual. Princeton: CEES/USAID, 1992. Volume A.
- (7) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Manual para elaboração do programa de eficiência energética (2008). Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/cedoc/aren2008300\\_2.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/aren2008300_2.pdf).

## 7. DADOS BIOGRÁFICOS

**Geraldo Francisco Burani:** Engenheiro eletricitista, formado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1972, mestre em Engenharia Elétrica (EPUSP – 1979), doutor em Engenharia Elétrica (EPUSP - 1985). Nascido em Cerquilha, São Paulo, em 18 de fevereiro de 1948, é atualmente Diretor da Divisão de Instrumentação do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP (IEE-USP) e professor da Escola Politécnica da USP (desde 1973). Foi diretor de Serviço Técnico de Equipamentos do IEE-USP de 1992 a 1998, diretor da Divisão de Potência em 1999, vice diretor de 1999 a 2002 e Diretor do IEE-USP no período de 2002 a 2006.

**José Aquiles Baesso Grimoni:** Engenheiro Eletricista (1980); Mestre (1989); Doutor em Engenharia Elétrica (1994) e Livre-Docente (2006) pela Escola Politécnica da USP. No período de 1981 a 1989 trabalhou nas seguintes empresas: ASEA Industrial Ltda; CESP; BBC Brown Boveri S/A; ABB - Asea Brown Boveri e FDTE - Fundação para o Desenvolvimento Tecnologia da Engenharia. Desde 1989 atua como professor de disciplinas de graduação do curso de engenheiros eletricitistas opção Energia da Escola Politécnica da USP no Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas e de disciplinas de pós-graduação do mesmo departamento a partir de 1994. Atua como consultor em projetos de convênios da EPUSP com empresas do setor elétrico como ELETROPAULO, ELEKTRO, CPFL, CESP, CPTTEE etc. Entre abril de 2003 e abril de 2007 exerceu o cargo de vice-diretor do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP e no período de 2007 e 2011 exercerá o cargo de diretor deste mesmo Instituto.

**Maurício G. Oliveira:** Engenheiro Eletricista (Faculdade de Engenharia Mackenzie SP/SP – 1998). Engenharia de Produtos e Aplicação em equipamentos de média e baixa tensão Beghim Ind. e Com. S/A, responsável pela Assistência Técnica e acompanhamento na conformidade das linhas elétricas pré-fabricadas (Busway) aos requisitos da NBRIEC 60439-1 e 2/ Ensaios de tipo.

**Ricardo Santos d'Avila:** Engenheiro Eletricista (FEFAAP SP/SP – 1986). Mestre em Energia (PIPGE/USP – 2007). Nascido em São Paulo (SP) em 12/04/1962. Experiência em toda cadeia produtiva (marketing, vendas, engenharia, controle de qualidade, fabricação, testes e assistência técnica) de materiais e equipamentos elétricos de uso residencial e industrial. Especialista de Laboratório no LAC-IEE-USP (Laboratório de Altas Correntes).