



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

GCE 01
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO XIV

GRUPO DE ESTUDO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A REGULAMENTAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS EDIFICAÇÕES NO BRASIL

Patricia Zofoli Dorna * Roberto Lamberts George Alves Soares Fernando P. Dias Perrone
Frederico Souto Maior Jose Luiz Grünwald M. Leduc Anselmo Borba

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. - ELETROBRÁS

RESUMO

Visando controlar o consumo de energia nas edificações, a Lei nº. 10.295 e o Decreto 4.059, de 2001, determinaram que o Poder Executivo desenvolvesse mecanismos que promovessem a eficiência energética nas edificações construídas no País, determinando níveis máximos de consumo ou mínimos de eficiência estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica. A Eletrobrás/Procel, como Secretaria Executiva do Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no país, firmou convênio com a UFSC, para a elaboração desta regulamentação. Este artigo apresenta a regulamentação para edificações comerciais, aprovada no âmbito do Comitê gestor de Indicadores e Níveis de EE.

PALAVRAS-CHAVE

Regulamentação, Edificações, Eficiência Energética.

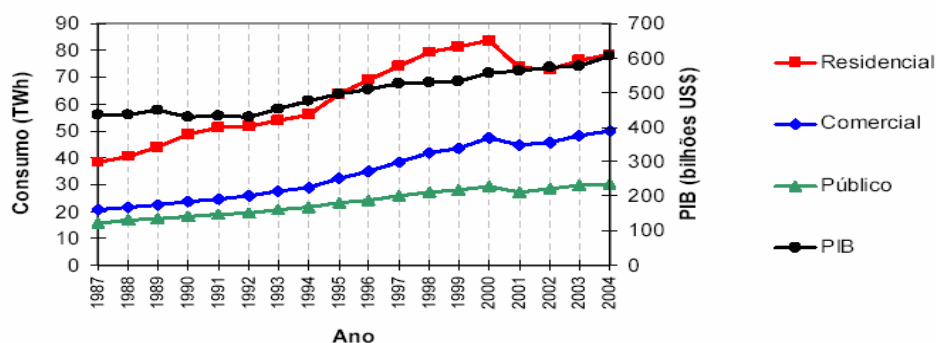
1.0 - INTRODUÇÃO

O crescente consumo de energia per capita é uma realidade nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, tornando-se uma das principais questões a serem enfrentadas pela economia destes países. Países desenvolvidos apresentam consumo de energia elétrica entre 5000 e 13000 kWh/hab, enquanto nos países em desenvolvimento este consumo fica abaixo de 2000 kWh/hab. Embora o Brasil apresente um visível crescimento do consumo nos últimos anos, este permanece abaixo do consumo per capita de países desenvolvidos com área territorial equivalente, como EUA ou Austrália.

O aumento do consumo de energia nas edificações está atrelado ao crescimento do PIB, indicando a relação entre o crescimento do consumo de energia elétrica e da economia nacional. A figura 1 mostra a evolução do consumo de energia elétrica de edificações dos setores residencial, comercial e público no Brasil, de 1987 a 2004 juntamente com o crescimento da economia. Percebe-se que as edificações residenciais apresentaram o maior crescimento comparado com os demais setores. A queda ocorrida em 2001 se deve ao período de racionamento de energia. No entanto, os valores atuais ainda são inferiores ao consumo de energia anterior ao racionamento.

No período de 1987 a 2000, houve um constante crescimento do consumo de energia elétrica nas edificações. De acordo com o BEM 2005, de 1993 a 1997, com a estabilização da economia, estabeleceu-se um novo ciclo de desenvolvimento que elevou os índices de expansão da economia e do consumo de energia. Nesse período o PIB cresceu a 3,9% ao ano. As taxas médias de crescimento do consumo da eletricidade residencial e comercial, respectivamente, 8,4% ao ano e 8,6% ao ano, além das taxas de crescimento do consumo da gasolina e do querosene de aviação foram os grandes indutores das altas taxas de consumo de energia, por conta da melhor distribuição de renda, proporcionados pelo Plano Real (1994-1998). De 1994 a 1995, logo após o Plano Real, a taxa de crescimento do consumo de energia elétrica do setor residencial atingiu aproximadamente 14%.

Figura 1 – Crescimento do Consumo de Energia Elétrica em Edificações versus o PIB no Brasil (Fonte BEM 2005)

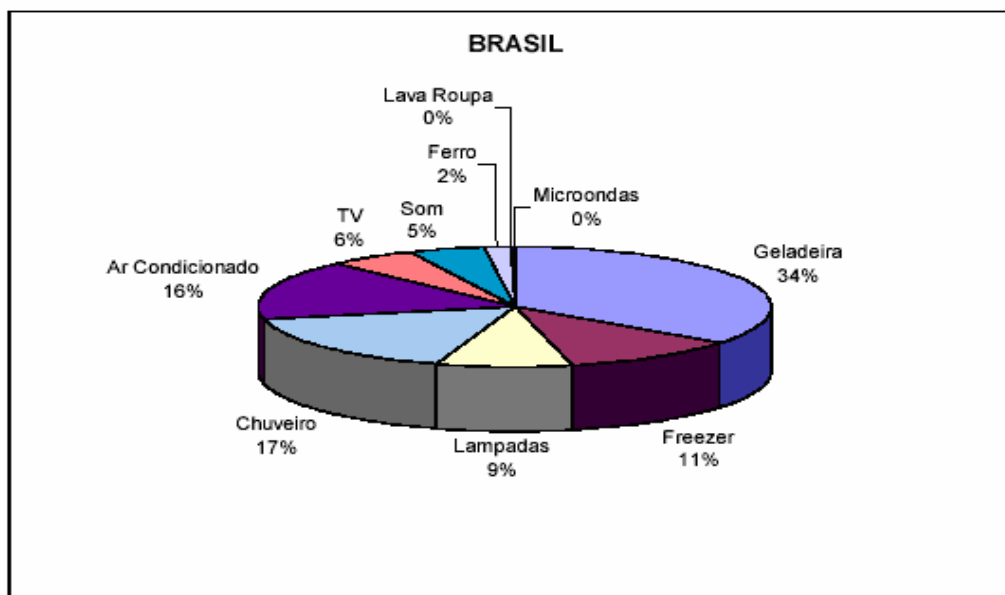


Em 1998 e 1999, em razão de sucessivas crises externas, principalmente a crise cambial dos países asiáticos, que acabou repercutindo na economia nacional, o governo brasileiro foi obrigado a tomar medidas que levaram a uma forte retração do crescimento econômico, tendo o PIB apresentado um crescimento de apenas 0,13% em 1998 e de 0,81% em 1999. O baixo desempenho da economia teve reflexos no consumo de energia neste período, sendo que a energia elétrica residencial apresentou somente 2,4% de crescimento. Em 2000, após a desvalorização da moeda, ocorrida no ano anterior, a economia demonstrou sinais de recuperação, com o crescimento do PIB de 4,36%. Em termos de consumo de energia, esse ano mostrou-se atípico, em razão do fraco desempenho de setores industriais intensivos em energia e também da continuidade do baixo consumo da energia associada ao uso individual da população (Proceedings of ENCIT 2006 -- ABCM, Curitiba, Brazil, Dec. 5-8, 2006, Paper CIT06-0104). Em 2001, mais uma vez a economia brasileira se retraiu, resultado do desaquecimento da economia americana e da crise de abastecimento de eletricidade que se estabeleceu no país. O PIB cresceu 1,42%. Neste período, o consumo de energia elétrica do país decresceu -6,6%, e o setor residencial também apresentou significativa retração no consumo, de -11,8%. Em 2002, a economia brasileira cresceu 1,52%, um resultado semelhante ao de 2001. O consumo de energia no ano de 2003 seguiu o comportamento do ano anterior. O Balanço Energético Nacional de 2005 – BEN – indicou um aumento da participação da energia elétrica no consumo final de energia no Brasil, de 15,7% em 2002 para 16,2% em 2004 (Ministério das Minas e Energia, 2005).

Enquanto a capacidade instalada de geração de energia elétrica total cresceu 4,7% entre 2003 e 2004, passando de 86,51 GW para 90,73 GW, a capacidade instalada de geração de energia elétrica em centrais elétricas autoprodutoras cresceu 6,5%, passando de 6,22 GW para 6,63 GW conforme mostrado no BEN 2005. O comportamento dos indicadores de ocupação e renda se reflete no consumo de energia do setor residencial, em particular no consumo de energia elétrica. De fato o consumo de energia elétrica da classe residencial passou de 76,1 TWh em 2003 para 78,6 TWh, um crescimento de 3,2%. Entretanto, este valor é ainda 6,0% inferior ao consumo da classe residencial no ano 2000, anterior ao racionamento de energia elétrica. Já o consumo de energia elétrica do setor comercial passou de 48,4 TWh em 2003 para 50,1 TWh (crescimento de 3,5%), também não suplantou o crescimento do ano anterior (de 6,5%). Nota-se a persistência da economia gerada pela introdução das medidas de eficiência adotadas pela população, tais como aquecimento solar de água, lâmpadas fluorescentes compactas e geladeiras mais eficientes, decorrentes da crise energética de 2001. O crescimento econômico proporcionou um aumento do Produto Interno Bruto (PIB) de 4,9%, em termos reais, no ano de 2004. Ressalta-se um forte crescimento do consumo de eletroeletrônicos decorrente do crescimento da população ocupada e da recuperação dos rendimentos médios. Conforme a Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos, as vendas industriais de eletrodomésticos (produtos de linha branca) acumularam um crescimento de 30,9% em 2004 comparativamente ao verificado em 2003.

A distribuição do uso final no consumo de eletricidade no setor residencial foi primeiramente mostrado no estudo de Jannuzzi e Schipper (1991), o qual cobriu somente algumas cidades no interior de São Paulo. Dez anos mais tarde, Almeida et al (2001) mostraram o uso final de eletricidade no setor residencial nas diferentes regiões brasileiras, baseados em um levantamento realizado em 1989, patrocinado pela Eletrobrás e PROCEL. Entre 1997 e 1998, foi realizada uma pesquisa similar denominada SINPHA - Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos também patrocinada pelo PROCEL e Eletrobrás (SINPHA, 1999). Uma atualização do SINPHA está sendo realizada com dados de 2005. A figura 3 mostra que o uso final de ar condicionado no Brasil, de acordo com este levantamento mais recente, representa, na média, 16% do consumo total de eletricidade em residências, o dobro do valor da pesquisa do SINPHA de 1998 que era de 8%, e muito maior que os 3% obtidos em Almeida et al (2001). Percebe-se que houve um aumento significativo da penetração de ar condicionado em residências e os valores variam bastante por região.

Figura 2 – Uso final do consumo de eletricidade no setor residencial (Fonte: PROCEL)



2.0 - HISTÓRICO

A primeira iniciativa no âmbito de legislações efetivamente instituídas para promover a eficiência energética no país surgiu como consequência da crise de energia de 2001, quando foi sancionada Lei No 10.295, de 17 de outubro de 2001, que “dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia” (BRASIL, 2001a). O artigo 4º desta lei afirma que “o Poder Executivo desenvolverá mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no País”. Dois meses depois a regulamentação foi publicada sob forma do Decreto 4.059 de 19 de dezembro de 2001, indicando, no artigo 1o, que “os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, (...), bem como as edificações construídas, serão estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica (...)” (Brasil, 2001b). No decreto, fica instituído o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE, composto por representantes do Ministério de Minas e Energia; Ministério da Ciência e Tecnologia; Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, além de representantes da Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional do Petróleo, e um representante de universidade brasileira e um cidadão brasileiro, ambos especialistas em matéria de energia. No âmbito desse decreto, cria-se o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País (GT-MME), com a competência para propor ao CGIEE, com relação a edificações, a adoção procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações, a proposição de indicadores técnicos referenciais do consumo de energia das edificações para certificação de sua conformidade em relação à eficiência energética; e a definição de requisitos técnicos para que os projetos de edificações a serem construídas no país atendam os indicadores mencionados no item anterior.

Em setembro de 2006, na quarta reunião do GT-MME, a versão experimental do texto da regulamentação de etiquetagem de nível de eficiência de edifícios foi aprovada pelo CGIEE. Este artigo descreve a metodologia para a classificação de edificações comerciais e públicas quanto à eficiência energética que consta na regulamentação.

3.0 - PROPOSTA DA REGULAMENTAÇÃO

A regulamentação para etiquetagem de nível de eficiência de edifícios especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edificações comerciais e públicas quanto à eficiência energética. É de caráter voluntário, com previsão de implantação a partir de 2007, e passará a ter caráter obrigatório no prazo de cinco anos a partir da data de implementação, portanto a partir de 2012. O objetivo da regulamentação é criar condições para a Etiquetagem Voluntária do nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos numa primeira instância, e aplica-se para edifícios com área total útil mínima de 500m² ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3kV (subgrupos A1, A2, A3, A3a e A4), incluindo edifícios condicionados, parcialmente condicionados e naturalmente ventilados.

O texto inicial da regulamentação foi elaborado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina através do convênio ECV 007/2004 firmado com a Eletrobras no âmbito do programa Procel EDIFICA. O texto foi então discutido e ajustado em reuniões com a Secretaria Técnica de apoio ao GT, criada em 2005 e coordenada pelo PROCEL, e finalmente foi aprovado pelo GT-MME.

A regulamentação é dividida em três requisitos, conforme as metodologias descritas nos itens abaixo: eficiência e potência instalada do sistema de iluminação, eficiência do sistema de condicionamento do ar e o desempenho térmico da envoltória do edifício. Todos os requisitos têm níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Para obter a classificação geral do edifício, as classificações por requisitos devem ser avaliadas, resultando numa classificação final. Para isso, pesos são atribuídos para cada requisito, e de acordo com a pontuação final, é obtida uma classificação geral que também varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente):

Os pesos estão distribuídos da seguinte forma: sistema de Iluminação (DPI) = 30%, sistema de condicionamento de ar (CA) = 40% e envoltória (Env)= 30%. Portanto, a classificação geral do edifício é calculada de acordo com a distribuição dos pesos através da seguinte equação:

$$PT = 0,30 \times (EqNum \text{ DPI}) + 0,40 \times \{(EqNum \text{ CA} \times AC/AU) + [(1 - AC/AU) \times 5]\} + 0,30 \times \{(EqNum \text{ Env} \times AC/AU) + [(1 - AC/AU) \times 5]\} \quad (1)$$

Onde:

AC = área condicionada¹

AU = área útil²

Os equivalentes numéricos (EqNum) para os níveis de eficiência de cada requisito são obtidos na tabela 1 e o número de pontos obtidos na equação irá definir a classificação geral da edificação, obtido da tabela 2.

Tabela 1
Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Tabela 2
Classificação Geral

PT	Classificação Final
4,5 a 5	A
3,5 a 4,4	B
2,5 a 3,4	C
1,5 a 2,4	D
1 a 1,4	E

Como requisito geral a ser cumprido para ser elegível à etiquetagem, o edifício deverá possuir circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final: iluminação, sistema de condicionamento de ar, e outros. Além disso, existem alguns requisitos mínimos a cumprir para o edifício atingir uma classificação A, como por exemplo utilizar aquecimento solar de água, quando houver demanda para uso de sistema de água quente.

3.1 Sistema de Iluminação

Este item descreve o método de cálculo do limite de potência de iluminação interna para cada ambiente da edificação, com a finalidade de classificar o nível de eficiência do sistema de iluminação do edifício. Pelo método, obtém-se o limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação por 100lux (W/m²/100lux) em função do índice de ambiente definido para cada nível na Tabela 3.

¹ Ambiente fechado atendido por sistema de condicionamento de ar.

² Área realmente disponível para ocupação, medida entre os paramentos internos das paredes que delimitam o ambiente, excluindo garagens.

Tabela 3

Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação para o nível de eficiência pretendido

Índice de ambiente K	Densidade de Potência de iluminação W/m ² /100lux (Nível A)	Densidade de Potência de iluminação W/m ² /100lux (Nível B)	Densidade de Potência de iluminação W/m ² /100lux (Nível C)	Densidade de Potência de iluminação W/m ² /100lux (Nível D)
0,60	2,84	4,77	5,37	6,92
0,80	2,43	3,86	4,32	5,57
1,00	2,34	3,38	3,77	4,86
1,25	2,12	3,00	3,34	4,31
1,50	1,91	2,79	3,11	4,01
2,00	1,88	2,53	2,77	3,57
2,50	1,88	2,38	2,57	3,31
3,00	1,74	2,31	2,46	3,17
4,00	1,74	2,16	2,33	3,00
5,00	1,71	1,91	2,24	2,89

Obs.: Foram adotadas as seguintes refletâncias do ambiente: Teto = 70%; Parede = 50%; Piso = 10%.

Determina-se, então, o nível de iluminação necessário para cada ambiente através do uso da *NBR 5413 – Iluminância de Interiores (ABNT, 1992)*. O limite máximo aceitável de potência de iluminação para cada ambiente será dado pelo produto dos valores obtidos acima (W/m²/100lux) e (lux). Um sistema de iluminação com nível de eficiência A corresponde, por exemplo, a utilizar lâmpadas de 28W, luminária com refletor de alumínio e reator eletrônico, enquanto que um sistema de iluminação com nível de eficiência E corresponde a lâmpadas de 40W e reator eletromagnético. Para efeito de classificação da edificação deverão ser respeitados, além dos limites de potência instalada, os critérios de controle do sistema de iluminação: desligamento automático do sistema de iluminação; divisão dos circuitos e contribuição da luz natural.

3.2. Sistema de Condicionamento de Ar:

Segundo a regulamentação, para efeito de etiquetagem é obrigatório que os edifícios condicionados artificialmente possuam sistemas de condicionamento de ar com eficiência conhecida, sendo os Condicionadores de ar de uso doméstico, do tipo janela, e Condicionadores de ar, tipo SPLIT com eficiência avaliada pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem PBE / INMETRO e de acordo com as normas brasileiras de condicionadores de ar domésticos.

A classificação do INMETRO é baseada no índice de eficiência energética do equipamento. A eficiência energética de um condicionador de ar é definida como sendo a razão entre a sua capacidade de refrigeração e a potência elétrica consumida por este equipamento. A classe de eficiência energética de cada modelo, representada por uma letra, de A a E, simboliza o nível de eficiência em que se encontra o modelo em questão. Nas Tabela 4 e 5, extraídas do site do INMETRO - www.inmetro.gov.br, encontram-se descritas as classes de eficiência energética com os requisitos mínimos de eficiência para cada categoria:

Tabela 4
Tabela do INMETRO – Condicionador de ar

Tabela CA

ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia										Critérios 2006			
Selo PROCEL de Economia de Energia													
CONDICIONADOR DE AR										Data	31/3/2006		
Classes	Coeficiente de eficiência energética (EER)										Total de modelos por classe		
	Categoria 1 ≤9.495 kWh ≤9.000 BTU/h			Categoria 2 9.496 a 14.789 9.001 a 13.999			Categoria 3 14.770 a 21.089 14.000 a 19.999			Categoria 4 ≥ 21.100 ≥ 20.000			
A	2,91	24	52,2%	3,02	16	45,7%	2,87	6	35,3%	2,82	1	10,0%	47
B	2,68	11	23,9%	2,78	14	40,0%	2,70	6	35,3%	2,62	5	50,0%	36
C	2,47	0	0,0%	2,56	2	5,7%	2,54	3	17,6%	2,44	0	0,0%	6
D	2,27	0	0,0%	2,35	0	0,0%	2,39	2	11,8%	2,27	2	20,0%	4
E	< 2,27	11	23,9%	< 2,35	3	8,6%	< 2,39	0	0,0%	< 2,27	2	20,0%	16
	46 un			36 un			17 un			10 un		108 un	

Fonte: INMETRO

Tabela 5
Tabela do INMETRO – Condicionador de ar Split

CONDICIONADOR DE AR SPLIT		Data atualização:		31/3/2006	
Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)		Total de modelos por classe		
A	CEE>	2,94	59	26,7%	
B	2,76 <CEE≤	2,94	101	45,7%	
C	2,58 <CEE≤	2,76	43	19,5%	
D	2,39 <CEE≤	2,58	16	7,2%	
E	CEE≤	2,39	2	0,9%	

221 un

Fonte: INMETRO

Os sistemas de condicionadores de ar não regulamentados pelo INMETRO são baseados nas tabelas da ASHRAE 90.1, sendo que serão classificados de acordo com os níveis e requisitos a seguir:

- Para os Níveis A e B os condicionadores de ar, os resfriadores de líquido, os condensadores e torres de arrefecimento devem atender aos requisitos mínimos de eficiência estabelecidos pela ASHRAE 90.1 – 2004 (ASHRAE, 2004);
- Para o Nível C, os condicionadores de ar, os resfriadores de líquido, os condensadores e torres de arrefecimento devem atender aos requisitos mínimos de eficiência definidos na ASHRAE 90.1 – 1999 (ASHRAE, 1999);
- Para o Nível D, os condicionadores de ar e os resfriadores de líquido devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na ASHRAE 90.1 – 1989 (ASHRAE, 1989);
- Nível E: quando o sistema não se enquadrar nos níveis acima.

Além disso, para alcançar o nível A, todo o sistema de condicionamento de ar deve respeitar os requisitos de: cálculo detalhado de carga térmica; controle de temperatura por zona; automação; isolamento de zonas; controles e dimensionamento do sistema de ventilação; recuperação de calor; controles e dimensionamento dos sistemas hidráulicos e equipamentos de rejeição de calor. A tabela a seguir exemplifica os diferentes requisitos mínimos de eficiência para os resfriadores de líquido.

Tabela 6
Eficiência Mínima de Resfriadores de Líquido

Tipo de equipamento	Níveis A e B ASHRAE 90.1 - 2004		Nível C ASHRAE 90.1 - 1999		Nível D ASHRAE 90.1 - 1989	
	Capacidade	Eficiência mínima	Capacidade	Eficiência mínima	Capacidade	Eficiência mínima
Condensação a ar, com condensador	Todas	2,80 COP 3,05 IPLV	< 528 kW	2,70 COP 2,80 IPLV	< 528 kW	2,60 COP 2,60 IPLV
			≥ 528 kW	2,50 COP 2,50 IPLV	≥ 528 kW	2,40 COP 2,40 IPLV
Condensação a ar, sem condensador	Todas	3,10 COP 3,45 IPLV	Todas	3,10 COP 3,20 IPLV	Todas	3,00 COP 3,00 IPLV
Condensação a água (compressor do tipo parafuso e scroll)	< 528 kW	4,45 COP 5,20 IPLV	< 528 kW	3,80 COP 3,90 IPLV	< 528 kW	3,70 COP 3,80 IPLV
	≥ 528 kW e < 1.055 kW	4,90 COP 5,60 IPLV	≥ 528 kW e < 1.055 kW	4,20 COP 4,50 IPLV	≥ 528 kW e < 1.055 kW	3,70 COP 3,80 IPLV
	≥ 1.055 kW	5,50 COP 5,50 COP	≥ 1.055 kW	5,20 COP 5,20 COP	≥ 1.055 kW	4,60 COP 4,60 COP
		6,15 IPLV	≥ 1.055 kW	5,30 IPLV	≥ 1.055 kW	4,70 IPLV

A definição de Coeficiente de Performance (COP), segundo a ASHRAE 90.1 é a razão da taxa de calor removido pela taxa de energia consumida, para um sistema completo de refrigeração ou uma porção específica deste sistema sob condições operacionais designadas.

3.3. Envolvória

Nesta seção, o regulamento descreve o método de classificação de eficiência da envoltória, baseado em um indicador de consumo obtido através de uma equação. Foram desenvolvidas duas equações por zona

bioclimática: uma representando edifícios com área de projeção³ (Apcob) menor que 500m² e a segunda para edifícios com área de projeção maior que 500m². O zoneamento bioclimático brasileiro é estabelecido na NBR 15220-3 (ABNT, 2005). As equações foram desenvolvidas a partir de análises do resultado de simulações do desempenho termoenergético de protótipos cujas tipologias representam as edificações atualmente construídas no país. Os protótipos foram elaborados após um levantamento fotográfico que reuniu 1103 edificações comerciais e institucionais em 5 capitais brasileiras. O levantamento identificou as características externas das edificações tais como forma e dimensões, percentual de abertura na fachada, existência e dimensões de proteções solares e cores dos vidros (Carlo et al (2005)), dando origem, por sua vez, a cinco protótipos, cada qual com uma volumetria distinta e representativo de uma atividade comercial: hotéis, grande escritório, pequeno escritório, grande loja e pequena loja. Estes protótipos representativos foram alterados para o pior caso de cada atividade comercial encontrado no levantamento e avaliados sob diversas situações (Carlo, J. C. ; Lamberts, R., (2006)). Em seguida, medidas de conservação de energia foram aplicadas ao protótipo pouco eficiente a fim de verificar sua relevância na eficiência energética. As medidas mais relevantes que compõem a envoltória fazem parte das equações de cálculo do Indicador de Consumo.

O Indicador de Consumo referente à envoltória do edifício proposto deve ser calculado com as diferentes equações de acordo com a cidade e Zona Bioclimática onde o edifício está inserido. A seguir, como exemplo, mostra-se as equações válidas para Edificações localizadas na região bioclimática de Florianópolis, para Apcob <500m²:

$$I_{Cenv} = -175,30 \times (A_{pcob}/A_{tot}) - 212,79 \times (A_{env}/V_{tot}) + 185,74 + 21,86 \times PAFT + 5,59 \times FS - 0,19 \times AVS + 0,15 \times AHS + 2,34 \times U_{cob} + 52,25 \times (A_{pcob}/A_{tot}) \times (A_{env}/V_{tot}) + 213,35 \times (A_{pcob}/A_{tot}) \times (A_{env}/V_{tot}) - 0,04 \times PAFT \times FS \times AVS - 0,45 \times PAFT \times AHS \quad (2)$$

Onde:

PAFT = Percentual de Abertura na Fachada total (%)

FS = Fator Solar

AVS = Ângulo Vertical de Sombreamento

AHS = Ângulo Horizontal de Sombreamento

Apcob = Área da projeção horizontal da cobertura

Aenv = Área da Envoltória do edifício

Ucob = Transmitância Térmica da cobertura (W/(m²K)),

sendo que as equações para Apcob >500m² são válidas para uma Atot limite. Acima deste limite, deve-se utilizar a simulação (item a seguir). As equações são válidas para uma Transmitância Térmica da cobertura (Ucob) constante, igual a 2,0 W/(m².K).

O Indicador de Consumo obtido deve ser comparado a uma escala numérica dividida em intervalos que descrevem um nível de classificação de desempenho que varia de A a E. Quanto menor o indicador obtido, mais eficiente será a envoltória da edificação. A escala numérica da classificação de eficiência é variável, e deve ser determinada para cada volumetria de edifício através dos parâmetros: razão da área de projeção da cobertura pela área total de piso (Apcob/Atot) e razão da área da envoltória pelo volume total (Aenv /Vtot). Os demais parâmetros da equação são fornecidos.

3.4. Simulação:

A simulação do desempenho do edifício pode ser utilizada como forma alternativa para classificação do nível de eficiência. O método de avaliação da eficiência energética de um edifício através da simulação computacional pode ser usado para avaliar edifícios condicionados artificialmente, ou edifícios naturalmente ventilados, ou ainda que possui áreas condicionadas - de longa permanência⁴ - menor que a área útil total.

Para prédios condicionados artificialmente, o método compara o desempenho da edificação proposta (real) com uma edificação similar (de referência), cujas características devem estar de acordo com o nível de eficiência pretendido. Através de simulação, compara-se o consumo do projeto proposto (real) com o consumo do projeto de referência. Deve ser demonstrado que o consumo de energia do projeto proposto deve ser igual ou menor do que o consumo do edifício de referência. Portanto dois modelos representando o mesmo edifício devem ser construídos: o modelo representando o edifício real (de acordo com o projeto proposto) e o modelo de referência (de acordo com o nível de eficiência pretendido). O método da simulação é baseado no Energy Cost Budget (ECB) da ASHRAE 90.1. No ECB deve-se demonstrar que o custo anual de energia do edifício proposto não pode ultrapassar os custos do edifício de referência, o qual atinge os critérios prescritivos da norma.

Para prédios naturalmente ventilados ou que possuam áreas de longa permanência não condicionadas, é obrigatório comprovar por simulação que o ambiente interno das áreas não condicionadas proporciona temperaturas dentro da zona de conforto durante 95% das horas ocupadas.

3.5. Certificação:

³ Área da projeção horizontal da cobertura (Apcob), quando os edifícios são de formato uniforme ou área de projeção média dos pavimentos, excluindo subsolos, no caso de edifícios com formato irregular.

⁴ Escritórios, lojas, áreas de trabalho. Não é considerada área de longa permanência: circulação, depósitos, banheiros.

O processo de implementação do certificado passa por duas etapas: **projeto e documentação**, quando é emitido um certificado com etiqueta atestando o nível de eficiência e **auditoria** no edifício em uso (pós habite-se e com sistemas instalados) realizada pelo auditor credenciado, quando é fornecida uma placa com o certificado, que poderá ser exposta no edifício.

4.0 - CONCLUSÃO

Existe um grande potencial nos países em desenvolvimento como o Brasil, para redução do crescimento do consumo de energia elétrica, mesmo com o crescimento do PIB, através da introdução de medidas de eficiência energética. Controlar o crescimento do consumo de energia associado ao crescimento econômico do país requer uma série de medidas que racionalizem o uso de energia. Dentre estas medidas, normas e leis para promover a eficiência energética podem contribuir no setor de edificações residenciais, comerciais e públicas. A criação de uma etiqueta com um nível de eficiência a ser usada em novas edificações é uma iniciativa que pode auxiliar os consumidores a optarem por edificações com maior eficiência energética, além de trazer um diferencial de mercado para os construtores.

A Regulamentação para Etiquetagem se encontra em fase de testes dentro da rede de laboratórios de conforto ambiental das universidades do Brasil. Pretende-se que cada laboratório aplique a metodologia em alguns edifícios recém construídos ou em fase final de construção com o objetivo de testar a metodologia e formar-se uma base de dados de edificações em diferentes climas e seus níveis de eficiência. Em função destes testes, a regulamentação será ajustada e para o próximo ano, espera-se que a regulamentação seja lançada no mercado. Na sequência, será aprovado e definido um cronograma para a regulamentação passar a ser de caráter obrigatório. Num futuro próximo, pretende-se começar a elaboração de uma Regulamentação Voluntária para a Certificação do Nível de Eficiência Energética para Edifícios Residenciais.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ABNT, 1992. :NBR 5413 – Iluminância de Interiores.
- (2) ABNT, 2005. NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.
- (3) Almeida, M.A., Schaeffer, R., La Rovere, E.L., 2001. The potential for electricity conservation and peak load reduction in the residential sector of Brazil. *Energy* 26 (4), 413-429.
- (4) ASHRAE, 2004, 1999 e 1989 – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, 2004.
- (5) Carlo, J. C. ; Lamberts, R., 2006. Elaboração de protótipos para simulação do desempenho termo-energético de edificações. In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2006, Florianópolis. ENTAC 2006 - A Construção do Futuro. Porto Alegre : ANTAC, 2006. v. 1. p. 152-161.
- (6) Carlo, J. C. ; Toccoloni, G. ; Lamberts, R., 2005. Verificação das Características Externas de Edificações em Quatro Capitais Brasileiras. In: VIII ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO - IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005,
- (5) Maceió. VIII ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO - IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Maceió : ANTAC, 2005. p. 316-325.
- (6) Jannuzzi, G.M., Schipper, L., 1991. The structure of electricity demand in the Brazilian household sector. *Energy Policy* 19 (9), 879-891.
- (7) Lamberts, R e Carlo, J. C., 2004. Uma Discussão sobre a Regulamentação de Eficiência Energética em Edificações.
- (8) Congresso de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação do Mercosul, Anais... : MERCOFRIO 2004.
- (9) MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 2005. Balanço Energético Nacional. 2005. Disponível em <<http://www.mme.gov.br>> Acesso em 16 de outubro de 2006.
- (10) SINPHA. Sistema de Informações de Posses de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo. Núcleo de Estatística Computacional, PUC/Rio. Rio de Janeiro, 1999. CD-ROM.
- (11) Lamberts, R, Goulart, S., Carlo, J.e Westphal, F., 2006 Proceedings of ENCIT 2006 -- ABCM, Curitiba, Brazil, Dec. 5-8, 2006, Paper CIT06-0104 REGULATION PROPOSAL FOR VOLUNTARY ENERGY EFFICIENCY LABELING OF COMMERCIAL BUILDINGS

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Patrícia Zofoli Dorna

Nascida em Niterói, RJ, em 2 de março de 1957

MBA em Gerencia de Energia (2001) FGV, Graduação em Engenharia Elétrica (1979) UFRJ

Centrais Elétricas Brasileiras S.A., desde 1986

Engenheira da Divisão de Projetos Setoriais de Eficiência Energética

Roberto Lamberts

Nascido em Porto Alegre RS em 5 de outubro de 1957

Doutorado (1988) Leeds University UK, Mestrado (1983) UFRGS e Graduação em Engenharia Civil (1980) UFRGS

Professor Titular

Departamento de Engenharia Civil

Universidade Federal de Santa Catarina

George Alves Soares

Nascido em Fortaleza, CE, em 21 de Julho de 1962

Doutorado (1998) UFRJ, Mestrado (1988) PUC-RJ, Graduação em Engenharia Elétrica (1985) UFCE

MBA Executivo (2003) Coppead e MBA Políticas Públicas (2006) Coppead

Centrais Elétricas Brasileiras, desde 2002

Chefe de Departamento da Eletrobrás e um dos Gerentes do PROCEL

Fernando Pinto Dias Perrone

Nascido em Porto Alegre, RS, em 23 de janeiro de 1955;

Pós-Graduação em Engenharia de Aplicações Elétricas (1981), Administração Pública para Desenvolvimento de Executivos (1987), MBA em Energia Elétrica (2002) e Graduação em Engenharia Elétrica (1978) PUC-RJ;

Empresas: Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – ELETROBRÁS, desde 1977

Chefe da Divisão de Projetos Setoriais de Eficiência Energética.

Anselmo Machado Borba

Nascido em Macaé, RJ, em 23 de dezembro de 1980

Graduação em Engenharia Civil (2006) UFRJ

Empresas: Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS, desde 2006

Engenheiro do Departamento de Desenvolvimento de Projetos Especiais

Jose Luiz Grunewald Miglievich Leduc

Nascido no Rio de Janeiro, RJ em 18 de março de 1967.

MBA em Marketing (2004) FGV e Graduação em Arquitetura e Urbanismo (1990) Universidade Santa Úrsula

Empresa: Bauhaus Engenharia e Construções Ltda., de 1996 a 2005,

Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS, desde 2005

Arquiteto do Departamento de Desenvolvimento de Projetos Especiais

Frederico Guilherme Cardoso Souto Maior de Castro

Nascido no Rio de Janeiro, RJ, em 09 de março de 1958

Mestrado (1998) PUC-RJ, MBA em Gestão de Negócio (2003) IBMEC, Graduação em Engenharia Civil (1978)

PUC-RJ e em Engenharia Elétrica (1982) Universidade Veiga de Almeida

Empresas: Marinha do Brasil, de 1981 a 1984

Light SESA, de 1984 a 1989

Centrais Elétricas Brasileiras, desde 1989