

# UMA DISCUSSÃO SOBRE A REGULAMENTAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Roberto Lamberts , Joyce Carlo  
LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações  
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina  
lamberts@ecv.ufsc.br , joyce@labeee.ufsc.br

## Resumo

Apesar do Brasil não estar entre os maiores consumidores mundiais de energia, o consumo de energia elétrica brasileiro tem crescido de forma significativa nos últimos anos. A parcela de energia consumida por sistemas de condicionamento de ar em edificações comerciais pode chegar a 70% do consumo total de escritórios, e a parcela em edificações residenciais é crescente. Uma regulamentação para edificações eficientes deve ser desenvolvida com foco nos custos e nos impactos de possíveis alterações do envelope no consumo de energia elétrica, associados principalmente aos sistemas de condicionamento de ar. Esta análise é realizada através de simulação do desempenho termo-energético de protótipos cujas tipologias representem as edificações atualmente construídas no país. Este artigo discute a regulamentação de eficiência energética em novas edificações em estudo pelo LabEEE para o Ministério das Minas em Energia.

## 1. 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. O Brasil se inclui neste grupo, embora o consumo de energia em seu território não seja tão significativo como o consumo de energia de países de área territorial equivalente, como EUA ou Austrália (figura 1). Assim como estes países, cujos consumos *per capita* aumentaram em 14% e 18% em 9 anos, respectivamente, o Brasil apresenta um visível crescimento de 24%, embora seu consumo *per capita* esteja abaixo do consumo *per capita* da África do Sul. (Dados tratados pelos autores com base nas fontes: <http://www.census.gov/cgi-bin/ipc> e <http://tonto.eia.doe.gov/FTP/ROOT/international>).

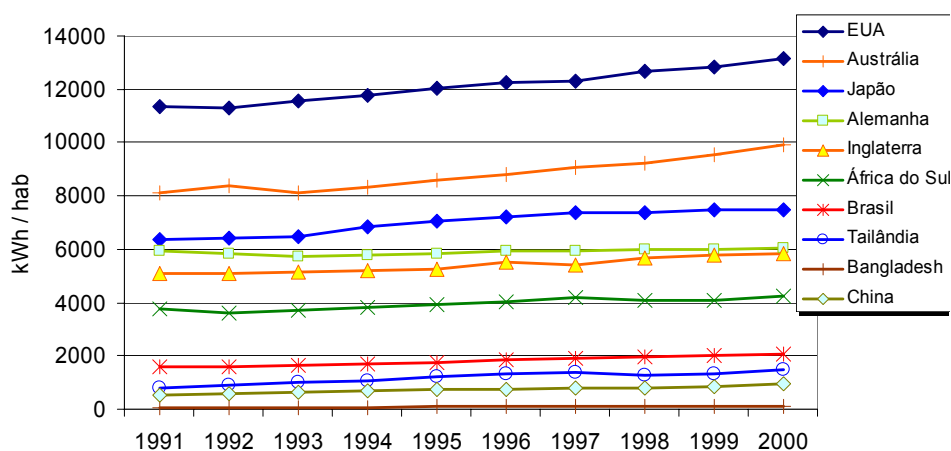


Figura 1: Evolução do consumo de energia em alguns países. Fontes: <http://www.census.gov/cgi-bin/ipc> e <http://tonto.eia.doe.gov/FTP/ROOT/international>

A geração de energia elétrica brasileira baseia-se, em grande parte, em fontes renováveis, representadas pelas usinas hidrelétricas, cujo potencial hidrelétrico é estimado em 260GW. No entanto, somente 63,9GW, já utilizados, compõem o potencial economicamente viável do potencial hidrelétrico. A solução encontrada pelo poder público é estimular a complementação da geração de energia com o uso de outras fontes, como a térmica. A capacidade total instalada no sistema elétrico passou de 70,162GW em 2001 para 75,830GW em 2002, sendo que a participação de, predominantemente, fontes térmicas era de 12,7% em 2001 e passou para 15,6% no ano seguinte (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 2003b).

O Balanço Energético Nacional - BEN indicou um aumento da participação da energia elétrica no consumo final de energia no Brasil, de 12,9% em 1987, chegando a 15,6% da matriz energética no ano de 2002, representando 27642 mil Tep. O aumento na capacidade instalada de energia elétrica é necessário para suprir o crescente consumo de energia no país, que passou de 309TWh em 2001 para 321TWh no ano seguinte. Deste, 46% é consumido por edificações dos setores residencial, comercial e público (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 2003a).

A figura 2 mostra a evolução do consumo de energia elétrica em edificações no Brasil, por setor, nos últimos 15 anos, de 1987 a 2002. Percebe-se que o aumento do consumo de energia nas edificações está atrelado ao crescimento do Produto Interno Bruto, PIB, indicando a relação entre o crescimento do consumo de energia elétrica e da economia nacional. Na figura, percebe-se que as edificações residenciais apresentaram o maior crescimento, principalmente após 1994, e a maior queda, ocorrida em 2001 devido ao racionamento de energia.

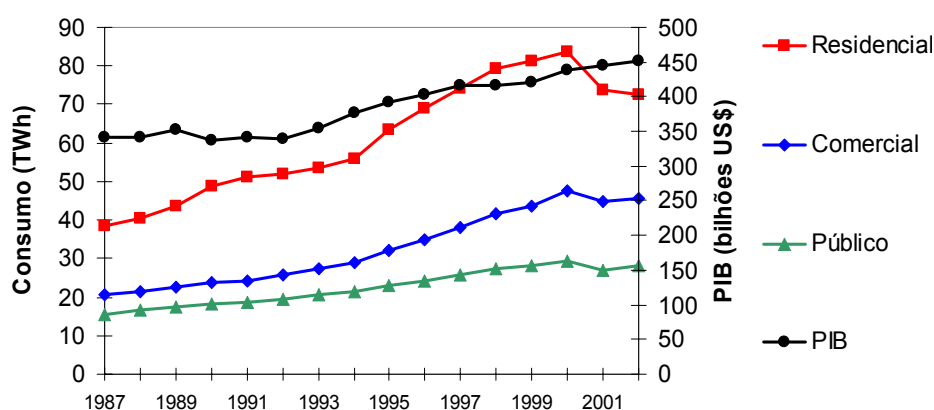


Figura 2: Evolução do consumo de energia elétrica no Brasil. Fonte: BEN 2003

Controlar o crescimento do consumo de energia associado ao crescimento econômico do país requer uma série de medidas que racionalizem o consumo de energia. Dentre estas medidas, normas e leis para promover a eficiência energética podem contribuir no setor de edificações residenciais, comerciais e públicas. Um estudo realizado sobre normalização em eficiência energética em países em desenvolvimento mostrou que no Brasil, normas e códigos de eficiência energética em todos os setores consumidores, incluindo transporte e agroindústria, poderiam acarretar economias de cerca de 1310TWh em 20 anos (2000 a 2020), sendo que a Índia economizaria 1659TWh no mesmo período, o México, que ainda não possuía normas quando realizada a pesquisa, 550TWh, as Filipinas, 234TWh e a Indonésia 421TWh. Estas reduções podem ser traduzidas como uma economia de 12% no consumo de energia no Brasil e no México,

de 11% na Índia e de 16% na Indonésia e nas Filipinas, todas para um período de 20 anos (DUFFY, 1996).

A regulamentação da eficiência de edificações do setor residencial e comercial irá auxiliar na redução do crescimento, exigindo de novas edificações uma eficiência mínima estabelecida através de simulações do consumo de energia elétrica de edificações representativas da realidade nacional e de avaliações de custos. 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 exigirem edificações com maior eficiência energética do que o mínimo exigido pela regulamentação e mais economia nos seus custos operacionais.

## **2. HISTÓRICO LEIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL**

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 N° 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 4° 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 1°, 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). Com relação a edificações, o decreto estabelece que devem ser propostos:

*I - a adoção procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações;*

*II - indicadores técnicos referenciais do consumo de energia das edificações para certificação de sua conformidade em relação à eficiência energética; e*

*III - requisitos técnicos para que os projetos de edificações a serem construídas no país atendam os indicadores mencionados no item anterior.”*(BRASIL, 2001b)

A Lei N° 10.295 alavancou uma série de iniciativas que visam implementar parâmetros de eficiência energética em edificações. Salvador foi uma das primeiras cidades brasileiras a avaliar e propor prescrições de eficiência energética em seu Código de Obras (CARLO et al, 2003a, CARLO et al, 2003b). No ano seguinte, a cidade do Recife recebeu proposta semelhante para seu Código de Obras (CARLO et al, 2004). Outras cidades também foram alvo de estudos para proposição de parâmetros de eficiência energética em seus Códigos de Obras.

A Lei N° 10.295 também alavancou o processo de uso da regulamentação específica para estabelecer parâmetros de eficiência para equipamentos consumidores de energia. O Comitê de Motores que elaborou a proposta inicial junto com representantes do Programa Brasileiro de Etiquetagem, de acordo com a viabilidade técnica e econômica das propostas. Elaborado o texto, este foi aprovado pelo Comitê Gestor de Indicadores de Níveis de Eficiência Energética, o CGIEE, sendo então encaminhado a Consultorias Jurídicas dos Ministérios das Minas e Energia, Ciência e Tecnologia e Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. A Consulta Pública, e posteriormente a Audiência Pública completaram o processo, sendo ambas abertas a qualquer cidadão brasileiro interessado no tema, para participar com sugestões e comentários que foram analisados pelo Comitê de Motores. Todas as sugestões ocorridas durante a Consulta e Audiência Públicas foram divulgadas na página eletrônica do MME. Após aprovado em

todas as instâncias, inclusive com análise do texto final pelas Consultorias Jurídicas, a Regulamentação Específica de Motores foi aprovada como Decreto Presidencial em dezembro de 2002 (ASSUMPCÃO, 2002).

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Procel – Eletrobrás, encaminhou o processo através do Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações, estabelecendo 6 vertentes de ação: arquitetura bioclimática, indicadores referenciais para edificações, certificação de materiais e equipamentos, regulamentação e legislação, remoção de barreiras à conservação da energia e, por fim, educação. Cada vertente apresenta uma série de projetos que visam implementar a eficiência energética na cultura construtiva nacional, desde a fase anterior ao projeto, através da educação e certificação de materiais, até a revisão de leis de eficiência energética para constante atualização tecnológica. Um destes projetos é o desenvolvimento da própria regulamentação da eficiência energética das edificações. Este artigo relata a metodologia básica associada ao desenvolvimento da regulamentação de edificações eficientes.

### **3. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM EDIFICAÇÕES**

Diversos estudos já foram realizados indicando o consumo de energia elétrica por uso final em edificações. A saturação de aparelhos para condicionamento de ar no mercado destinado ao setor residencial evoluiu pouco nos últimos anos, passando de 5,7% em 1988 (GELLER, 1991) para 7,5%, de acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD, 2002). Neste mesmo período, o consumo médio passou de 7% (LAMBERTS et al, 1997) do consumo total de uma residência para 7,9% (SINPHA, 1999). Para completar, esta saturação é mal distribuída no território brasileiro, sendo que a região metropolitana do Rio de Janeiro concentra 54% das residências com aparelhos de condicionamento de ar dentre as nove maiores capitais brasileiras (PNAD, 2002). A pequena saturação e a falta de atendimento das condições de conforto térmico nas edificações atualmente construídas indicam um grande potencial de aumento no uso do aparelho de condicionamento de ar no setor residencial para os próximos anos em todo o país.

Já em edificações comerciais em geral e públicas, GELLER indicou (1991) que 64% do consumo de energia elétrica deve-se aos usos finais de iluminação e de ar-condicionado, chegando a 86% em bancos e escritórios. Levantamentos em Salvador também mostraram que o consumo de energia em salas de edifícios de escritórios pode chegar a 70% para condicionamento de ar e 15% para iluminação (MASCARENHAS et al, 1988).

Observa-se então um grande potencial de redução no consumo de energia devido à parcela que cabe aos sistemas de iluminação e de ar-condicionado em edificações comerciais e públicas.

Simulações do consumo de energia aplicando algumas prescrições de eficiência energética de uma proposta para um Código de Obras municipal indicaram o potencial de economia de energia elétrica no consumo de energia de edificações de escritório em Recife, capital de Pernambuco. As prescrições simuladas limitavam-se a tipos de vidros e proteções solares para as janelas e uso de controles do tipo liga-desliga no sistema de iluminação artificial quando houvesse luz natural suficiente no plano de trabalho. A economia variou de 7% a 21% para 8 modelos de edificações simulados, comparados a outros 4 modelos utilizados como referência (CARLO et al, 2004).

Esta economia pode ser ampliada caso haja prescrições completas que englobem as diversas variáveis intervenientes no consumo de energia de uma edificação. Apesar de nem todas serem passíveis de regulamentação, é possível avaliar os benefícios através de estimativas do consumo de energia elétrica de uma edificação e dos custos associados a este consumo.

#### **4. DESENVOLVIMENTO DA REGULAMENTAÇÃO NACIONAL**

A primeira providência para a determinação de indicadores referenciais de edificações é conhecer as tipologias atualmente construídas no país. Não é possível estabelecer índices mínimos de eficiência energética sem considerar a realidade construtiva nacional como parâmetro de referência, a partir da qual poderão ser estabelecidos índices que não extrapolem a realidade. Como, no Brasil, não há um levantamento completo de edificações como o *Residential Energy Consumption Survey*, RECS (<http://www.eia.doe.gov/emeu/recs/contents.html>), e o *Commercial Buildings Energy Consumption Survey*, CBECS (<http://www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/contents.html>) incluindo os usos residencial, comercial e público, que registre suas características construtivas, seus materiais e componentes, tampouco dados relativos ao uso da energia, é necessário realizar um levantamento mínimo que possa ser considerado representativo de determinadas tipologias de edificações: residenciais verticais, comerciais de escritórios, hotéis, escolas, etc... Cada tipologia deve ter um ou dois modelos de edificações representativas do grupo, chamados de protótipos de referência.

Os protótipos são então o ponto de partida do qual serão analisadas Medidas de Conservação de Energia, MCE (*Energy Conservation Measure*, ECM) que poderão ser aplicadas gerando alternativas teoricamente mais eficientes do que os protótipos. A aplicação progressiva de MCE tende a aumentar o nível de eficiência da edificação e, portanto, reduzir o consumo de energia. A comprovação da eficácia de uma série de MCE é realizada através de simulação do desempenho termo-energético dos protótipos e de suas alternativas, que fornece o consumo mensal de energia da edificação para um ano completo. Atualmente, há diversos programas computacionais aptos a simular o desempenho térmico da edificação, como DOE 2.1-E, Esp-r e Energy Plus (CRAWLEY et al, 2001).

O programa Energy Plus é um programa de domínio público desenvolvido pelo *Department of Energy* dos EUA que simula o desempenho térmico e energético de edificações utilizando o balanço térmico em intervalos de tempo de até 15 minutos. Está, atualmente, na versão 1.2 e fornece dados relativos à envoltória da edificação, aos sistemas de iluminação, equipamentos, condicionamento de ar e a parâmetros humanos de conforto térmico como o *Predicted Mean Vote*, PMV. Permite o acoplamento de diversos outros módulos, como módulos de ventilação natural e sistemas fotovoltaicos. O programa ainda não oferece uma interface amigável com o usuário, razão pela qual é ainda pouco utilizado, sendo necessário manipular os dados de entrada e saída através de arquivos texto.

As simulações para obtenção do consumo anual de energia elétrica irá basear-se nos protótipos e nas alternativas elaborados. Estas simulações fornecerão uma escala do consumo de energia de forma que seja possível uma classificação inicial das edificações, relacionando-as às MCE aplicadas nas alternativas.

Apesar de largamente utilizado, o consumo de energia por si só não indica a eficiência energética de uma edificação. Ainda é necessário realizar uma análise de custos ao longo de um período estabelecido como a vida útil da edificação, que pode variar de 20 a 50 anos, dependendo do caso.

Para estimar os custos durante o ciclo de vida, *CCV (Life Cycle Cost, LCC)*, do protótipo e das alternativas, é necessário atentar para alguns pontos. Em primeiro lugar, a tarifa de energia é variável de acordo com a atividade realizada na edificação, podendo ser desde a tarifa residencial até a horosazonal azul. Neste último caso, o programa computacional a ser usado na simulação do consumo de energia elétrica deve fornecer consumos horários de forma que se possa identificar os consumo durante e fora do horário de ponta. Também é necessário orçar tanto os protótipos quanto suas alternativas, identificando então os custos de construção. Estes dados são aplicados à metodologia de cálculo do *CCV* para uma edificação, obtendo-se então custos comparativos das alternativas em relação ao modelo representativo inicial, o protótipo.

Identificadas as alternativas cujas MCE geram melhores resultados, elas MCE são avaliadas em todas tipologias de forma a se estabelecer os parâmetros mínimos de eficiência energética.

## 5. ANÁLISE DE CUSTO NO CICLO DE VIDA

Um estudo piloto realizado com uma edificação residencial exemplifica parte da metodologia de simulação e análise de custos. O caso base consistiu em uma edificação residencial unifamiliar de dois pavimentos e área de 206m<sup>2</sup>, com paredes simples de tijolo aparente, cobertura de fibro-cimento, janelas com vidro simples e sem proteção solar. Há aparelhos de condicionamento de ar de eficiência A, de acordo com a classificação do INMETRO, e capacidades de 10000Btu/h, 12000Btu/h e 30000Btu/h no quarto de solteiro, no quarto de casal e na sala, respectivamente. O consumo de energia do caso base foi de 5087kWh para um ano completo.

Dez alternativas foram geradas com MCE isoladas e combinadas, conforme tabela 1. Elas consistem em intervenções na cobertura, nas paredes e nas aberturas da envoltória. As alternativas 1, 2, 6, 7, 8 e 9 ainda foram simuladas com aparelhos de condicionamento de ar com eficiência E segundo classificação do INMETRO. A tabela 1 também apresenta a economia anual de energia elétrica em relação ao caso base, que utiliza um condicionador de ar de eficiência A. O pior caso é o da alternativa 5, onde a redução da transmitância térmica da janela sem prover um sombreamento adequado acarretou um aumento do consumo de energia, já que a radiação solar penetrou no ambiente e uma parcela menor da carga térmica pôde sair através das janelas. O caso que apresenta a maior economia de energia é a alternativa 6, que combina as alternativas 2, 3, 4 e 5 e utiliza um condicionador de ar eficiente. A colocação de um simples forro na alternativa 1 com um ar-condicionado ineficiente é praticamente equivalente ao uso de um ar-condicionado eficiente sem forro, como no caso base, visto que a diferença no consumo de energia entre o caso base e a alternativa 1 com ar-condicionado de eficiência E é de 6kWh/h. Este resultados devem, no entanto, ser confrontadas com o investimento necessário para implementar as MCE durante a fase de construção da casa.

Tabela 1: MCE aplicadas às alternativas do protótipo residencial piloto.

| Medida de Conservação de Energia (MCE)                    | Energia elétrica economizada (kWh/ano) |   |
|---|--|---|
|   | A                                      | E |
| Etiqueta Inmetro: ar-condicionado                         |  |   |
| Alternativa 1 Forro de madeira (U=2,00W/m <sup>2</sup> K) | 371                                    | 6 |

|                |   |     |     |
|----------------|---|-----|-----|
| Alternativa 2  | Telha de barro, câmara de ar de 32mm, isolamento refletivo, câmara de ar de 50mm, manta de lã de rocha 20mm, forro de madeira (U=0,478W/m <sup>2</sup> K) | 396 | 44  |
| Alternativa 3  | Paredes duplas de tijolo maciço 10cm, lã de rocha, tijolo maciço 10cm (U=0,952W/m <sup>2</sup> K)   | 116 | -   |
| Alternativa 4  | Proteções solares nas aberturas   | 103 | -   |
| Alternativa 5  | Vidro claro duplo de 3/12/3mm (U=2,790W/m <sup>2</sup> K)   | -1  | -   |
| Alternativa 6  | Casos 2, 3, 4, 5  | 755 | 491 |
| Alternativa 7  | Casos 2, 3, 4   | 729 | 460 |
| Alternativa 8  | Casos 6, 7  | 682 | 403 |
| Alternativa 9  | Casos 2, 3, 5   | 711 |     |
| Alternativa 10 | Casos 1, 3, 4   | 538 | -   |

Para calcular o CCV, foram utilizadas dois valores de tarifas residenciais, atualmente aplicados em Santa Catarina, de 0,32802 para consumos de energia menores que 150kWh/mês e de 0,38488 para a parcela do consumo mensal que excede 150kWh. Observando a evolução média da tarifa de energia elétrica nacional, foi adotado um aumento real de 7,4%/ano. O cálculo foi realizado para um período de 50 anos.

A figura 3 apresenta o Custo no Ciclo de Vida para um período de 50 anos do caso base e das alternativas simuladas com condicionador de ar com eficiência A e com eficiência E. A linha tracejada é o prolongamento do CCV do caso base para fins de comparação com as demais alternativas. Como esperado, os casos simulados com as alternativas que contêm condicionadores de ar E apresentam um CCV maior que os correspondentes com condicionadores de ar A. Entretanto, percebe-se que o caso base e as alternativas 3, 4 e 5, com condicionador de ar eficiente, são onerosos o suficiente para ultrapassar o CCV das alternativas 6, 7, 8 e 9 com condicionador de ar ineficiente.

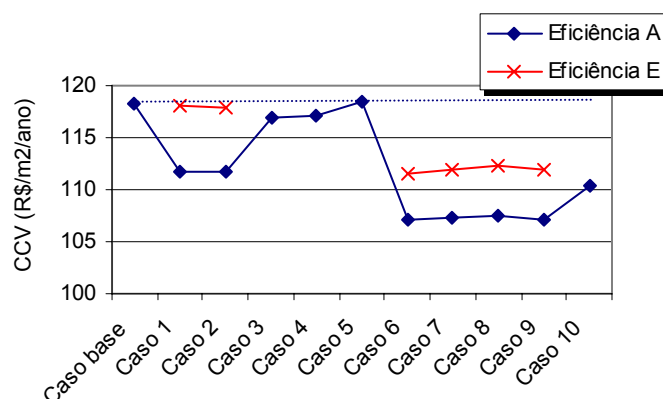


Figura 3: Custo do ciclo de vida do caso base e das alternativas.

Como verificado com a parcela de energia economizada na tabela 3, a alternativa 6 mostrou ser a mais rentável a longo prazo. Uma avaliação envolvendo edificações

comerciais, no entanto, envolverá tarifas diferenciadas, segundo o período do ano e o horário de consumo, e intervenções que poderão apresentar resultados distintos da relação energia economizada e CCV.

## 6. O FORMATO DA REGULAMENTAÇÃO

As normas de eficiência energética internacionais geralmente fornecem pelo menos uma das três opções de atendimento: por prescrição, por permutação e por desempenho, sendo que os dois últimos geralmente comparam o projeto proposto com um projeto de referência modelado pelas prescrições (OFFICE OF THE AUSTRALIAN BUILDING CODES, 2000).

A Standard 90.1 da AHSRAE, norma americana de eficiência energética que abrange a envoltória, sistemas de iluminação, aquecimento de água, condicionamento de ar e equipamentos, apresenta as três opções de atendimento. A opção prescritiva fornece limites de propriedades físicas de materiais e componentes da envoltória e da eficiência de equipamentos, além de prescrições para instalação e localização de elementos da edificação e dos sistemas consumidores de energia. A permutação fornece a opção de trocas de algumas prescrições compensando com instalações mais rigorosas em outra parte da edificação. Já a opção de desempenho exige o uso da simulação computacional para comprovar que os custos da energia consumida por um projeto proposto não serão maiores que os custos de uma edificação semelhante que atende à opção prescritiva (ASHRAE, 2001).

A regulamentação deverá fornecer duas destas opções de atendimento, a opção prescritiva e a opção por desempenho. A opção prescritiva deverá limitar algumas propriedades físicas dos materiais e componentes construtivos que formam a envoltória de uma edificação, como transmitância térmica de paredes e coberturas, fatores de calor solar de vidros e outros elementos transparentes e fatores de projeção de brises horizontais.

A proposta do Código de Obras de Salvador foi formatada com estas prescrições (CARLO et al, 2003a), e é apresentado como exemplo nas tabelas 2, 3 e 4, com limites das propriedades térmicas dos componentes especificados segundo as necessidades do clima local. Os limites de transmitância térmica,  $U$ , das paredes externas é função da sua massa em razão da influência da capacidade térmica no consumo de energia da edificação (tabela 2), o que não foi necessário para as coberturas por estas já serem leves. O Fator Solar, FS, apresentado é função do Percentual de Área de Janela na Fachada, PJF (tabela 3), e há ainda limites diferenciados para a orientação oeste no anexo da proposta, bem como o Fator de Projeção dos brises horizontais. A tabela 4 apresenta os limites mínimos de Fatores de Projeção em função do Fator Solar, FS, e do PJF para as orientações norte, leste e sul.

Tabela 2: Limites máximos de transmitância térmica de componentes opacos de fachadas especificados para a proposta do Código de Obras de Salvador.

| <b>Classe de componente construtivo</b> | <b>U max (W/m<sup>2</sup>K)</b> | <b>Massa mín (kg/m<sup>2</sup>)</b> |
|---|---------------------------------|-------------------------------------|
| <b>cobertura</b>                        | 1,2                             | -                                   |
| <b>parede externa</b>                   | 3,7                             | 110                                 |
|   | 1,2                             | -                                   |

Tabela 3: Limites máximos de fatores solar de vidros especificados para a proposta do Código de Obras de Salvador.

|                    | <b>PJF</b>     |                    |                    |                     |
|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|                    | <b>0 a 40%</b> | <b>40,01 a 60%</b> | <b>60,01 a 80%</b> | <b>80,01 a 100%</b> |
| <b>Fator Solar</b> | 0,86           | 0,43               | 0,22               | 0,09                |

Tabela 4: Limites mínimos de fatores de projeção de brises horizontais especificados para a proposta do Código de Obras de Salvador.

| <b>Fator Solar</b> | <b>PJF</b>     |                    |                    |                     |
|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|                    | <b>0 a 40%</b> | <b>40,01 a 60%</b> | <b>60,01 a 80%</b> | <b>80,01 a 100%</b> |
| 0.86               | 0              | 0.48               | 0.77               | 0.96                |
| 0.82               | 0              | 0.44               | 0.74               | 0.94                |
| 0.77               | 0              | 0.40               | 0.71               | 0.92                |
| 0.73               | 0              | 0.36               | 0.68               | 0.90                |
| 0.69               | 0              | 0.32               | 0.65               | 0.87                |
| 0.65               | 0              | 0.28               | 0.61               | 0.84                |
| 0.60               | 0              | 0.23               | 0.57               | 0.81                |
| 0.56               | 0              | 0.18               | 0.53               | 0.78                |
| 0.52               | 0              | 0.12               | 0.49               | 0.75                |
| 0.47               | 0              | 0.06               | 0.44               | 0.71                |
| 0.43               | 0              | 0                  | 0.39               | 0.67                |
| 0.39               | 0              | 0                  | 0.33               | 0.63                |
| 0.34               | 0              | 0                  | 0.26               | 0.58                |
| 0.30               | 0              | 0                  | 0.19               | 0.52                |
| 0.26               | 0              | 0                  | 0.11               | 0.46                |
| 0.22               | 0              | 0                  | 0                  | 0.38                |
| 0.17               | 0              | 0                  | 0                  | 0.29                |

A opção de desempenho deverá indicar as funções necessárias que os programas computacionais devem ter para serem apropriados para simulação do desempenho térmico da edificação. Estes programas deverão fornecer o consumo anual de energia elétrica do projeto proposto e este não poderá ser maior que o consumo anual de energia elétrica de um projeto semelhante que atende às prescrições tabeladas conforme regras pré-definidas na regulamentação. A simulação do desempenho térmica visa flexibilizar a concepção de projeto de forma a permitir a livre criação da forma, materiais e tipologia da edificação, mantendo ainda a exigência primeira da regulamentação, uma eficiência energética mínima da edificação.

## 7. CONCLUSÃO

É imperativo para o país que edificações sejam construídas em conformidade a um conjunto de regras que limitem o consumo de energia, estabelecendo uma eficiência mínima a ser atendida. A significativa parcela de energia consumida por edificações residenciais, comerciais e públicas pode ser controlada, evitando um aumento exagerado, através de soluções que, mesmo aparentemente mais onerosas, são viáveis a médio ou longo prazo, garantindo o conforto do usuário a um menor custo.

Os fenômenos apresentados através das simulações indicam a sensibilidade do consumo face às características da envoltória e suas estimativas de custos confirmam as indicações de economia de capital com o uso de Medidas de Conservação de Energia. A avaliação do CCV de um caso base e de alternativas como as mostradas para o caso residencial irá definir os parâmetros da envoltória economicamente viáveis de serem regulamentados.

Além da regulamentação para atendimento de uma eficiência energética mínima, deverá ser indicada uma classificação de eficiência de edificações, como no formato da etiqueta de eficiência do INMETRO. Esta etiqueta de eficiência de edificações irá incentivar o mercado da construção civil a fornecer edificações com uma eficiência acima do que o mínimo exigido pela regulamentação, com efeitos esperados como nos casos da etiqueta INMETRO e Selo Procel para aparelhos de condicionamento de ar.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings, ASHRAE Standard 90.1 – 2001**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 2001.

ASSUMPTÃO, M. G. **Implementação da Lei de Eficiência Energética**. Brasília: MME, 2002. Relatório Técnico. 88 p.

BRASIL. **Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia**. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: <[www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf](http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf)>. Acesso em: 17/03/03

BRASIL. **Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências**. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001b. Disponível em: <[www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.html](http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.html)>. Acesso em: 17/03/03

CARLO, J. C., GHISI, E., LAMBERTS, R. Energy efficiency Building Code of Salvador. Eighth International IBPSA Conference, **Proceedings...** Eindhoven: IBPSA. 2003a.

CARLO, J. C., GHISI, E., LAMBERTS, R. The use of computer simulation to establish energy efficiency parameters for a building code of a city in Brazil. Passive Low Energy Architecture Conference, **Proceedings...** Santiago: PLEA. 2003b. pp 131-138.

CARLO, J., PEREIRA, F., LAMBERTS, R. Iluminação natural para redução do consumo de energia de edificações de escritório aplicando propostas de eficiência energética para o Código de Obras do Recife. I Conferência Latino Americana de Construção Sustentável, 10<sup>o</sup> Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004. Documento Eletrônico.

CRAWLEY, D. B, LAWRIE, L. K., WINKELMANN, F. C., BUHL, W. F., HUANG, Y. J., PEDERSEN, C. O., STRAND, R. K., LIESEN, R. J., FISHER, D. E., WITTE, M. J., GLAZER, J. EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program. In: **Energy & Buildings**. Elsevier Science, v. 33, p. 319-331, 2001.

DUFFIE, J. **Energy Labling, Standards and Building Codes: a Global Survey and Assessment for Selected Developing Countries**. Washington: GEEI, 1996. Relatório técnico.

GELLER, H.S. **Efficient electricity use: a development strategy for Brazil**. American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, DC, 1991.

LAMBERTS, R., PEREIRA, F. O. R., DUTRA, L. **Eficiência Energética em Edificações**. São Paulo: PW, 1997. 188 p.

MASCARENHAS, A.; NERY, J.F.; D'ALCANTARA, A (1988). **Conservação de Energia e Conforto Ambiental em Edificações Comerciais de Salvador**; Relatório COELBA/UFBA/PROCEL, 1988.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Balço Energético Nacional**. 2003a. Disponível em <<http://www.mme.gov.br>> Acesso em: 13 de maio de 2004.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Boletim Anual do Sistema de Informações Estatística do Setor de Energia Elétrica**. 2003b. Documento eletrônico. Disponível em:<[www.eletronbras.gov.br](http://www.eletronbras.gov.br)> Acesso em 16 de julho de 2004.

OFFICE OF THE AUSTRALIAN BUILDING CODES. **International survey of building energy codes**. Canberra: 2000. 88 p.

PNAD. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de Indicadores 2001**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de Empregos e Rendimento. Rio de Janeiro:, 2002. 205p.

SINPHA. **Sistema de Informações de Posses de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo**. Núcleo de Estatística Computacional, PUC/Rio. Rio de Janeiro, 1999. CD-ROM.