

## ANÁLISE DA NORMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ALEMÃ ENEV 2007 E DISCUSSÃO DE POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES PARA O CASO BRASILEIRO

**Eduardo Grala da Cunha (1); Rodrigo Carlos Fritsch (2)**

- (1) Doutor, Professor Adjunto, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Passo Fundo, Brasil, [egcunha@upf.br](mailto:egcunha@upf.br), bolsista CNPq  
(2) Professor M.Sc., Assistente, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Passo Fundo, RS, [rcfritsch@upf.br](mailto:rcfritsch@upf.br)

### RESUMO

O Brasil tem avançado nos últimos anos que diz respeito à normatização do desempenho térmico das edificações. Um exemplo latente desses avanços foi a publicação da Norma NBR 15220 (2005), como também da NBR 15575 (2008), a qual regulamenta o desempenho térmico, acústico, entre outros aspectos, de edificações de até cinco pavimentos. Indo de encontro a esse contexto de normatização, no trabalho apresenta-se a caracterização da norma de eficiência energética alemã, EnEV, já com as alterações implementadas em 2007, e discutem-se as possíveis contribuições para o caso brasileiro. O artigo é o resultado de uma pesquisa bibliográfica, baseada na análise da prescrição normativa EnEV (2007) e de bibliografias desenvolvidas pela GRE - *Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung* (Sociedade para o uso racional de energia), objetivando o entendimento do cunho de desempenho e não prescritivo das observações normativas alemãs. Inicialmente, apresenta-se a regulamentação com uma abordagem mais generalista, caracterizando o contexto normativo, e posteriormente, são detalhados os conceitos mais importantes. No final do artigo são propostos aspectos que podem ser instrumentos de discussão no âmbito da normatização de desempenho térmico e eficiência energética das edificações brasileiras.

Palavras-chave: normatização, normas de desempenho térmico, normas de eficiência energética, normas DIN, EnEV 2007;

### ABSTRACT

In the last few years, Brazil has developed with respect to the building thermal performance standardization. A great example of these improvements was the publication of norms NBR 15220 in 2005 and NBR 15575 in 2008, which regulate the thermal and acoustic performance, among other aspects, of buildings up to five floors. Concerning this context of standardization, this work presents the characterization of the German energetic efficiency norm EnEV together with the alterations implemented in 2007, as well as the discussion on the main contributions to the Brazilian case. This paper is the result of a bibliographic research that is based on the analysis of the normative prescription EnEV 2007 and the bibliographies developed by GRE, *Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung* (Society for the energy rational use), which main objective is to understand the performance but not the prescriptive characteristic of observations of the German norms. First, the regulation with a more generalist approach, characterizing the normative context is presented, and then, the most important concepts are detailed. At last, some aspects, which may be instruments of discussion in the scope of the thermal performance standardization and energetic efficiency of Brazilian buildings, are proposed.

Key-words: standardization, thermal performance standards, energetic efficiency standards, DIN standards, EnEV 2007.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentro do contexto das mudanças climáticas, discute-se na atualidade, a economia de energia das edificações como uma das formas mais efetivas de redução de emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Em agosto de 2007 o chefe do secretariado de Mudança Climática da ONU (Organização das Nações Unidas), Sr. Yvo de Boer, afirmou que a eficiência energética seria o meio mais promissor de reduzir os gases do efeito estufa em curto prazo.

O Brasil já iniciou a sua caminhada no sentido da normatização das edificações objetivando um melhor desempenho térmico e, por conseguinte uma melhor eficiência energética. Os primeiros passos concretizados com a NBR 15220 (2005) e NBR 15575 (2008) são o início de uma longa jornada. Além disso, a aprovação da versão final em fevereiro de 2007 da Regulamentação para Etiquetagem Voluntária do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos é um importante passo no sentido da inserção do tema eficiência energética no cenário da construção civil nacional. A regulamentação define que a partir de 2007, considerando um prazo de cinco anos, todas as edificações comerciais, de serviços e públicas, deverão ser possuidoras de selos de eficiência energética. Ao todo, os edifícios mencionados deverão apresentar quatro etiquetas de eficiência energética. Uma para o sistema de ar condicionado, uma para a envoltória da edificação, uma para o sistema de iluminação artificial e uma última para o edifício como um todo, a qual deverá ser obtida com base na aplicação dos seguintes pesos nas variáveis analisadas: 40% para o sistema de ar condicionado, 30% para o sistema de iluminação e 30% para o desempenho da envoltória.

Os exemplos de países da Comunidade Européia como a França e Alemanha, por exemplo, podem ser referências para futuros desenvolvimentos da normatização Brasileira. A Alemanha em particular, tem obtido excelentes resultados no que tange à economia de energia oriunda do consumo das edificações. Em torno de 29% da energia consumida na Alemanha é oriunda do setor de habitação, o qual por sua vez possui 49% do seu consumo caracterizado pelo aquecimento. Entre 1990 e 2004, ou seja, dois anos posteriores a aprovação da primeira versão da EnEV (Lei de economia de energia), o país reduziu em 15% a emissão de CO<sub>2</sub>, entre outras razões também, pelo aumento da eficiência das edificações e dos equipamentos de ventilação, refrigeração e aquecimento. Com a assinatura do Protocolo de Kyoto os países industrializados comprometeram-se em reduzir as suas emissões de CO<sub>2</sub> entre 2008 e 2012 em 5,2%, considerando as emissões de 1990 como referências. O governo alemão definiu como meta a redução em até 2005 de 25% das emissões de CO<sub>2</sub>. Apesar do esforço alemão o objetivo não foi alcançado, mas ainda assim os resultados estão bem acima da meta do protocolo de Kyoto.

A prescrição normativa alemã deu um novo e decisivo passo na nova versão de 2007, quando da concretização da certificação energética para todas as novas construções. As edificações mais antigas onde são encontrados os maiores problemas de eficiência energética ao serem alugadas ou vendidas devem ter a certificação energética, ou seja, devem também estar adequadas à prescrição normativa EnEV. O trabalho apresentado são os primeiros resultados de uma pesquisa realizada durante o primeiro, segundo e terceiro mês de estágio Pós-doutoral, dezembro de 2007, janeiro e fevereiro de 2008 no departamento de Energia e Meio Ambiente da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Kassel, Alemanha. O problema de pesquisa é definido pela seguinte questão: como a experiência alemã no que diz respeito à eficiência energética das edificações pode ser aproveitada no caso brasileiro, considerando: - o contexto social, político e econômico de implantação; - os aspectos técnicos; - e a implantação da norma.

Dentro deste contexto o artigo objetiva analisar a Lei Alemã de Economia de Energia – EnEV 2007, *Energieeinsparverordnung*, e verificar as possíveis contribuições para o caso brasileiro. Inicialmente é caracterizada a metodologia de trabalho, posteriormente, apresentam-se os aspectos gerais da prescrição normativa alemã com ênfase às edificações residenciais. Por último, realiza-se um ensaio de adaptação do cálculo da carga térmica de aquecimento para as edificações localizadas no sul do Brasil, com base no modelo de cálculo alemão oriundo da EnEV (2007).

## 2. OBJETIVO

A discussão da implementação de normas de eficiência energética não se restringe apenas a aspectos técnicos voltados ao aumento do nível de eficiência energética nas edificações. O processo de implementação gera uma série de impactos em diferentes setores da construção civil. A proposta deste artigo é além da apresentação geral da regulamentação de eficiência energética alemã, a caracterização de um pequeno ensaio de cálculo da demanda de energia necessária para o aquecimento de edificações, com base na adaptação da modelagem alemã, considerando o contexto do sul do país. Um segundo objetivo do artigo é a

discussão dos impactos gerados na construção civil alemã a partir da consolidação da normativa de eficiência energética.

### 3. METODOLOGIA

Para a análise do contexto social, político e econômico de implantação foram utilizadas as bibliografias da GRE (2007), caracterizada como uma das principais instituições que conduzem as discussões sobre o tema Eficiência Energética na Alemanha. Para a análise dos aspectos técnicos foi consultada a própria prescrição normativa *Energieeinsparverordnung* EnEV (2007), algumas normas DIN caracterizadas nas referências bibliográficas, como também o material didático do curso de Especialização *Rationelleenergienutzung* (uso racional de energia), ministrado na Uni-Kassel, que objetiva a formação de consultores na área de eficiência energética das edificações. Foram também realizadas simulações da necessidade de aquecimento em uma edificação no sul do Brasil, em Porto Alegre, com 80 m<sup>2</sup>, dois dormitórios e um pavimento, considerando a adaptação do modelo alemão ao contexto do sul do Brasil. As simulações foram realizadas com o apoio de planilhas eletrônicas.

### 4. ENERGIEEINSPARVERORDNUNG - ENEV 2007 – ASPECTOS GERAIS

#### 4.1. Aspectos históricos das normativas de eficiência energética na Alemanha

Em 1976 foi aprovada a primeira prescrição normativa alemã de desempenho térmico das edificações, caracterizada como “Lei de economia de energia”. A proposta inicial foi definida com base na relação entre a área útil e o volume da edificação, caracterizando o índice de compactidade (A/V). Definido o índice de compactidade caracterizava-se o coeficiente global de transmissão térmica máximo na envolvente da edificação.

As alterações normativas de 1982, 1989 e 1994, foram consecutivamente trazendo um aumento de eficiência das edificações, conforme figuras 1 e 2. A partir de 1982 a norma passa a ser de desempenho, caracterizando-se a necessidade de aquecimento - energia necessária para aquecer o ambiente e a água para consumo. Nas novas prescrições normativas de 1982, 1989 e 1994 foram aumentadas as exigências quanto às características de isolamento da envolvente como também foram determinadas as características necessárias para os sistemas de aquecimentos: dimensionamento dos equipamentos segundo às necessidades; isolamento térmico para aquecedores, caldeiras, e tubulação; e instalação de controle e regulação térmica. As figuras 1 e 2 caracterizam a evolução no que diz respeito às sucessivas prescrições normativas entre 1976 e 1994. Na figura 1 ilustra-se a evolução da economia de energia necessária para o aquecimento das edificações (calefação e água quente de consumo), considerando a relação entre a área e o volume das edificações, com base na nova prescrição normativa de 1994. Já na figura 2 é ilustrada a evolução da resistência térmica dos fechamentos verticais das edificações alemãs com base na prescrição normativa de 1982.

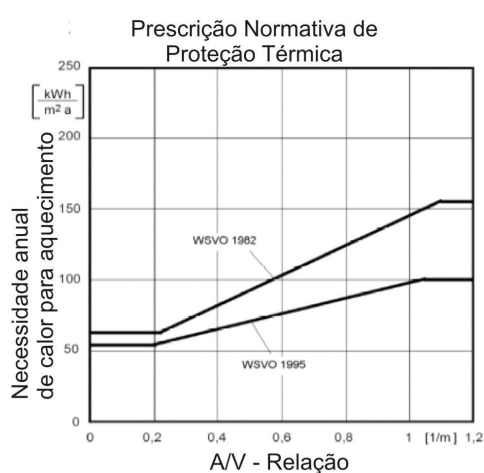


Figura 1 - Análise das prescrições normativas alemãs de 1982 e 1994 – aumento da eficiência

Fonte: adaptado e traduzido de MAAS (2007)

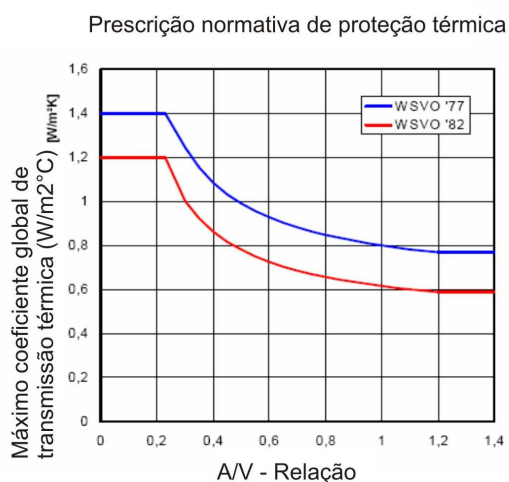


Figura 2 - Análise das prescrições normativas alemãs de 1976 e 1982 – aumento da eficiência

Fonte: adaptado e traduzido de MAAS (2007)

Em 1994 a Comunidade Européia fixou aspectos de economia de energia a serem seguidos, os quais norteariam as novas normas européias, caracterizadas como “Eficiência energética plena nas edificações”. Os aspectos considerados foram os seguintes: método de cálculo totalmente otimizado para a quantificação energética dos edifícios; definições de padrões energéticos nacionais mínimos para as novas construções;

definições de padrões para áreas existentes e processos de modernização; inspeções regulares em aquecedores e aparelhos de ar condicionado; e comprovação energética (etapa de execução e também para edifícios existentes). Segundo a GRE (2002) o próximo passo foi considerar mais aprofundadamente a influência dos equipamentos no cálculo da necessidade de energia como também a incorporação no processo de quantificação energética da definição do conceito de energia primária – por intermédio da qual se passou a considerar a extração, transformação e transporte da energia no balanço energético das edificações. A nova normativa EnEV 2002 passou a ser um instrumento de projeto, não mais apenas um processo de comprovação. O novo ponto principal da EnEV 2007 foi a comprovação energética, que deixou de ser apenas para novas edificações, e passou a ser cobrada também para edificações existentes, segundo um cronograma relacionado à idade das edificações como também à venda e ao aluguel das mesmas. Um segundo aspecto inovativo da EnEV 2007 foi o balanço energético para edificações não residenciais considerando mais aprofundadamente as diferentes condições de uso, observando a iluminação, refrigeração e aquecimento, como também as condições microclimáticas desejadas no espaço interior.

## 4.2. Conceitos básicos da norma EnEV 2007

Para entender a prescrição normativa é necessário inicialmente compreender as variáveis presentes no balanço energético da edificação. A prescrição normativa define a energia primária máxima anual por unidade de área para as edificações residenciais e não residenciais, apresenta o processo de cálculo e exigências construtivas a serem respeitadas.

A energia primária ( $Q_p$ ) é caracterizada como energia necessária para manter a ambiência do espaço interior compatível com as condições de conforto prescritos na norma e caracterizadas mais a frente, somada à energia perdida considerando o funcionamento dos sistemas, mais a energia necessária para o aquecimento da água de consumo, mais as perdas pela ventilação e transmissão, considerando ainda, os ganhos provenientes da radiação solar e do uso do ambiente, somada à energia necessária para o ganho, transformação e transmissão da fonte energética. A equação 6 exemplifica a definição apresentada.

Dentro do contexto da energia primária estão presentes a necessidade de aquecimento no inverno e de refrigeração no verão. A variável calor necessário para o aquecimento é caracterizada como a energia necessária para manter a temperatura desejada do ar interior no período de inverno ( $Q_h$ ). A variável energia necessária para o aquecimento de água destina-se ao aquecimento da água de consumo ( $Q_w$ ). A necessidade de energia final é definida como a soma de  $Q_w$ ,  $Q_h$  e da energia perdida no funcionamento do sistema (aquecimento e manutenção). Dentro do balanço energético estão ainda presentes os ganhos de calor considerando o uso do ambiente, iluminação artificial, equipamentos e a radiação solar direta ( $Q_i$  e  $Q_s$ ). As perdas de calor por transmissão e ventilação são caracterizadas por  $H_T$  e  $H_v$ . A figura 3 apresenta esquematicamente as variáveis descritas.

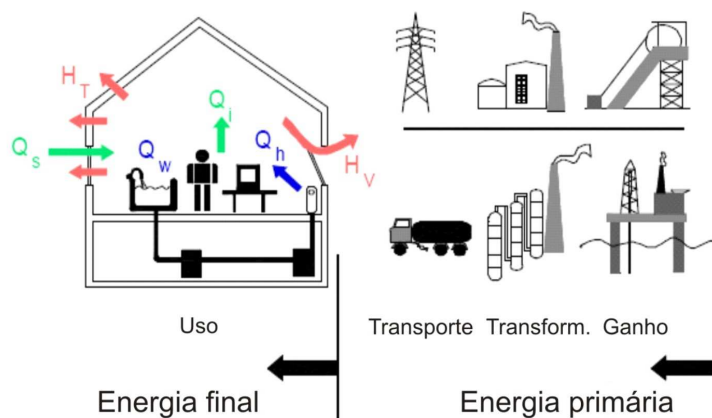


Figura 3 – Variáveis presentes no balanço energético da edificação  
Fonte: adaptado e traduzido de Maas (2007)

## 4.3. Energia final e energia primária

### 4.3.1. Calor necessário para o aquecimento

Neste item é apresentado de forma resumida o processo de cálculo, objetivando possibilitar a compreensão geral da prescrição normativa. A primeira etapa na definição da energia final é o cálculo do calor necessário para manter a ambiência do espaço interior compatível com a prescrição normativa. Para

isso utiliza-se o chamado processo de balanço mensal, indicado quando a superfície transparente é inferior a 30% da fachada. A equação 01 caracteriza o balanço mensal, que nada mais é do que a diferença entre as perdas por transmissão e ventilação e os ganhos pelo uso do espaço interior e pela radiação solar.

$$Q_{h,H_p} = F_{GT} (H_T + H_V) - \eta_{HP}(Q_S + Q_i) \quad (\text{eq.1})$$

$Q_{h,H_p}$  – necessidade de calor para aquecimento (kWh/a);

$F_{GT}$  - fator grau-dia ( $F_{GT}=66$  kWh);

$H_T$  – perdas de calor específicas por transmissão (condução e convecção na envoltória) (W/K);

$H_V$  – perdas de calor pela ventilação (W/K);

$\eta_{HP}$  – grau de utilização para ganhos térmicos ( $\eta_{HP}=0,95$ );

$Q_S$  – ganho solar (kWh/a);

$Q_i$  – ganho térmico interno (kWh/a).

As perdas de calor por transmissão ( $H_T$ ) são calculadas por intermédio da equação 2.

$$H_T = \Sigma (F_{x,i} \cdot U_i \cdot A_i) + \Delta U_{WB} \cdot A \quad (\text{eq.2})$$

$F_x$  - fator de correção da temperatura (varia de 0,5 a 1 – relacionado às diferentes superfícies da edificação e diferentes temperaturas do contexto exterior ao compartimento);

$U_i$  – coeficiente global de transmissão térmica (W/m<sup>2</sup>K);

$A_i$  – área da superfície (m<sup>2</sup>);

$\Delta U_{WB}$  – pontes de calor (partes da edificação em contato com o contexto exterior sem isolamento adequado –  $\Delta U_{WB} = 0,10$  W/(m<sup>2</sup>K) sem comprovação,  $\Delta U_{WB} = 0,05$  W/(m<sup>2</sup>K) com comprovação segundo a DIN 4108, parte 2 e  $\Delta U_{WB} < 0,05$  W/(m<sup>2</sup>K) com comprovação detalhada).

As perdas pela ventilação natural ( $H_V$ ) são caracterizadas pela equação 3.

$$H_V = 0,16 \text{ ou } 0,19 \cdot n \cdot V \quad (\text{eq.3})$$

$n$  – índice de troca de ar ( $n = 0,7$  h<sup>-1</sup> sem comprovação,  $n = 0,6$  h<sup>-1</sup> com comprovação da estanqueidade do edifício – ventilação da janela (insuflamento e exaustão),  $n = 0,55$  h<sup>-1</sup> com comprovação da estanqueidade da edificação com exaustão do ar);

$V$  – volume do local (m<sup>3</sup>).

O limite para a taxa de ventilação natural é de 3 e para ventilação mecânica é de 1,5.

O ganho solar (QS) e o ganho pela utilização do espaço são caracterizados pelas equações 4 e 5.

$$Q_S = \Sigma (I \cdot 0,567 \cdot A_{w,i} \cdot g_i) \quad (\text{eq.4})$$

$I_j$  - radiação solar;

- sul: 270 kWh/(m<sup>2</sup>a); - leste e oeste: 155 kWh/(m<sup>2</sup>a); - norte: 100 kWh/(m<sup>2</sup>a);

- telhado (inclinação < 30°: 225 kWh/(m<sup>2</sup>a));

$A_{w,i}$  – área da janela (m<sup>2</sup>);

$g_i$  – fator solar do vidro.

$$Q_i = 22 \cdot A_N \quad (\text{eq.5})$$

$A_N$  – área útil da edificação (m<sup>2</sup>).

Com base na definição do calor necessário para o aquecimento dos espaços interiores é possível calcular o calor necessário para o aquecimento da água de consumo, como também a necessidade de energia primária, caracterizada na equação 6.

$$Q_P = (Q_h + Q_{tw}) \cdot e_p \quad (\text{eq.6})$$

$Q_P$  – necessidade de energia primária (kWh/m<sup>2</sup>a);

$Q_h$  – necessidade de calor de aquecimento (kWh/a);

$Q_{tw}$  - necessidade de calor para água quente de consumo ( $Q_{tw} = 12,5$  kWh/m<sup>2</sup>a);

$e_p$  – número empregado para o (coeficiente) equipamento.

Existe três possibilidades para calcular a energia primária, considerando neste momento a influência dos equipamentos no processo de cálculo: processo com diagrama, com tabela e completo. O processo com diagrama utiliza um valor padrão para analisar a influência dos equipamentos e tubulações no processo; o com a tabela possibilita a utilização de alguns dados do fabricante – produto padrão; já o processo completo permite a utilização de todos os dados do equipamento segundo o fabricante (geração de calor, tamanho das tubulações,...). A figura 4 apresenta a definição do coeficiente dos equipamentos. De posse da área útil a ser aquecida (abscissas), conjuntamente com a necessidade de calor para o aquecimento do espaço interior (ordenadas), é possível determinar o coeficiente dos equipamentos, e, por conseguinte, determinar o valor da

necessidade de energia primária. O valor encontrado é comparado com o valor máximo permitido para determinada edificação com compactidade “x”, conforme tabela 2, (relação A/V – área sobre volume).

É importante ressaltar que a prescrição normativa considera ainda, para o período de verão, um adicional para o cálculo do valor da necessidade de energia primária. Para as edificações residenciais com mais de 30% da área da fachada com superfície transparente é necessária também a comprovação detalhada do desempenho no verão. Para as demais edificações residenciais a energia primária necessária varia de 2,7 a 18,9 kWh/m<sup>2</sup>. Considera-se para efeitos de cálculo o valor de 16,2 kWh/m<sup>2</sup> como necessidade de energia primária anual para o resfriamento do ar interior no período de verão.

Os princípios básicos de cálculo da prescrição de eficiência energética para edifícios residenciais são definidos pelas normas DIN 4108 parte 6 (2003), assim como DIN 4701 – 10 (2001) e DIN 4701 – 12 (2003). De acordo com a DIN 4108 parte 6 (2003) são calculadas as perdas por ventilação e transmissão, como também os ganhos solares passivos e os devido as fontes internas de calor. Desta análise resulta a necessidade de aquecimento (Qh). A necessidade de aquecimento para a água potável é fixada em 12,5 kWh/m<sup>2</sup>.

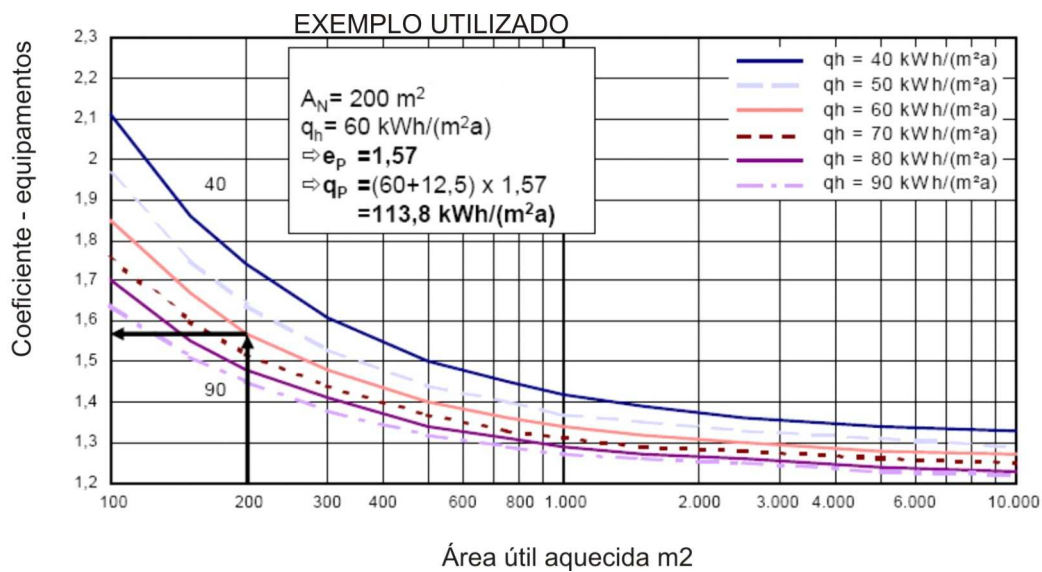


Figura 4 – Determinação do coeficiente dos equipamentos  
 Fonte: adaptado e traduzido de MAAS (2007)

#### 4.4. Exigências para edificações residenciais novas e existentes

As exigências presentes na prescrição normativa EnEV 2007 são diferenciadas para edificações residenciais e não residenciais, como também para edificações novas e existentes. Em todos os casos é necessária a apresentação da comprovação energética. Os itens 3.4.1 e 3.4.2 apresentam as exigências normativas para edificações residenciais, novas e existentes.

##### 4.4.1. Novas edificações residenciais

A figura 5 apresenta de forma esquemática as exigências e a comprovação necessária para edificações residenciais a serem construídas. Como exigências caracterizam-se o cálculo da necessidade de energia primária anual, o cálculo das perdas térmicas por transmissão e a proteção térmica de verão. São exigidas também a verificação da estanqueidade da envolvente e da troca de ar mínima nos ambientes, a minimização e a consideração das pontes de calor no processo de cálculo.

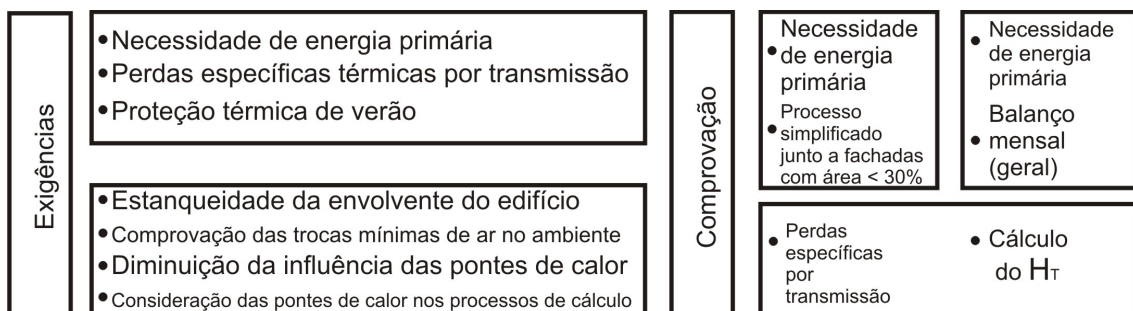


Figura 5 – Caracterização das exigências e comprovação da EnEV 2007 para novas edificações residenciais  
 Fonte: adaptado e traduzido de MAAS (2007)

Os valores de referência para o coeficiente global de transmissão térmica para as diferentes partes da construção são caracterizados na tabela 1. A tabela 2 apresenta a definição dos valores máximos da necessidade de energia primária definidos a partir da compactidade do edifício, ou seja, relação A/V (área/volume). Os estudos realizados pela GRE 2002 e 2007, apresentam a necessidade de energia primária para diferentes configurações arquitetônicas, obviamente, seguindo as prescrições normativas da EnEV 2007. Os edifícios em altura com um índice de compactidade entre 0,2 e 0,5 apresentam uma necessidade de energia primária anual (QP) entre 70 e 90 kWh/m<sup>2</sup>. Para residências unifamiliares geminadas, normalmente com 2 pavimentos, a QP varia entre 90 e 110 kWh/m<sup>2</sup>. Para residências unifamiliares isoladas a QP varia entre 130 e 145 kWh/m<sup>2</sup>.

Tabela 1 - Valores permissíveis dos coeficientes globais de transmissão térmica

Partes da construção	Edifícios residenciais e zonas de edifícios não residenciais com temperaturas $\geq 19$ °C - U max em W/m <sup>2</sup> .K	Zonas de edifícios não residenciais com temperatura $\geq 12$ °C e $\leq 19$ °C - U max em W/m <sup>2</sup> .K
Paredes externas	$U_{AW} \leq 0,35$ até $0,45$	$U_{AW} \leq 0,75$
Janelas e superfícies envidraçadas	$U_W \leq 1,7$ e $U_g \leq 1,5$	$U_W \leq 2,8$
Porta exterior	$U_T \leq 2,9$	$U_T \leq 2,9$
Forros e telhados	$U_D \leq 0,25$ até $0,30$	$U_D \leq 0,40$
Forros e paredes em contato com ambientes aquecidos ou com o solo	$U_U, U_G \leq 0,40$ até $0,50$	Nenhuma exigência

Fonte: traduzido da EnEV (2007)

Tabela 2 - Valores máximos permissíveis para a necessidade de energia primária

Relação A/V <sub>e</sub>	Necessidade de energia primária anual Q <sub>P</sub> em kWh/(m <sup>2</sup> ) Relacionada à área útil da edificação		Perdas específicas por transmissão relacionadas à envolvente da construção H <sub>T</sub> ' in W/m <sup>2</sup> .K Edifícios residenciais
	Edificações residenciais com exceção da coluna 3	Edificações residenciais com aquecimento da água com fonte elétrica	
1	2	3	4
$\leq 0,2$	66,00 + $\Delta Q_{TW}$	83,80	1,05
0,3	73,53 + $\Delta Q_{TW}$	91,33	0,80
0,4	81,06 + $\Delta Q_{TW}$	98,86	0,68
0,5	88,58 + $\Delta Q_{TW}$	106,39	0,60
0,6	96,11 + $\Delta Q_{TW}$	113,91	0,55
0,7	103,64 + $\Delta Q_{TW}$	121,44	0,51
0,8	111,17 + $\Delta Q_{TW}$	128,97	0,49
0,9	118,70 + $\Delta Q_{TW}$	135,50	0,47
1	126,23 + $\Delta Q_{TW}$	144,03	0,45
$\geq 1,05$	130,00 + $\Delta Q_{TW}$	147,79	0,44

$\Delta Q_{TW} = 2600 / (100 + A_N)$

Fonte: traduzido da EnEV (2007)

#### 4.4.2. Edificações existentes

Para edificações já construídas quando da presença de renovações e reformas, e a área modificada, renovada ou substituída ultrapassar 20% da área útil, deverá ser apresentado a certificação energética, e nestes casos, valem as recomendações para novas edificações. Junto a aluguéis e venda de imóveis existentes a necessidade de energia primária anual tem como valor limite 1,4 QP das novas edificações.

A EnEV 2007 define também um cronograma de modernização de aquecedores presentes em edificações existentes. É definido também o isolamento das canalizações de água quente.

#### 4.5. Comprovação energética

Como já colocado anteriormente, a partir 1/10/2007 todas as novas construções na Alemanha devem apresentar a comprovação energética. A partir 1/10/2008 para edificações com menos de 5 unidades residenciais com data de solicitação de construção anterior a 1/11/1977 deverá ser apresentada a certificação energética. A partir 1/1/2009 deverá ser apresentada a certificação energética para edificações construídas a partir de 1965. As certificações energéticas providas da EnEV 2002/2004 e da WSVO 1995 validam-se por 10 anos a partir da apresentação como comprovação energética no senso da EnEV 2007.

## 5. POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES DA NORMA ENEV 2007 PARA O CASO BRASILEIRO

### 5.1. Contexto de implantação técnico

A partir da análise do processo simplificado da EnEV 2007 de determinação da necessidade de energia primária para edificações residenciais, verificou-se, inicialmente, a possibilidade da definição da carga térmica mensal e anual de aquecimento para as edificações residenciais localizadas no sul do país, Qh, utilizando para isso a metodologia graus-dia. Em decorrência da complexidade do tema, a análise e adaptação da metodologia estão caracterizadas em um segundo artigo científico. Neste item são descritos aspectos gerais da adaptação do processo. São calculadas inicialmente as perdas térmicas unitárias (W/K) por transmissão e ventilação, com o objetivo de definir as perdas médias relacionadas a área útil da edificação (equação 7).

$$h = (H_V + H_T) / A_N \quad (\text{eq.7})$$

HV – perdas térmicas unitárias por ventilação;

HT – perdas térmicas unitárias por transmissão;

AN – Área útil; h – perda térmica unitária relacionada à área construída.

Com base na simulação de diferentes configurações de isolamento térmico da envolvente de edificações localizadas no sul do Brasil, foram determinados dois valores limites para as perdas térmicas unitárias ( $h > 5$  e  $h \leq 5$ ), considerando para isso os valores dos coeficientes globais de transmissão térmica de referência para a zona bioclimática 3, de acordo com a NBR 15220 (2005). Os valores foram calculados para o contexto Portoalegrense, considerando uma residência de dois quartos, 1 pavimento e com 80 m<sup>2</sup>. De posse do valor da perda térmica unitária relacionada à área construída foi possível definir os valores limites de temperatura interior para a definição do fator numérico do dia (*Tagszahlfaktor*) equações 8 e 9, ou seja, o produto das diferenças de temperatura entre o limite inferior – calculado considerando as perdas por ventilação, transmissão e ganhos térmicos pelo uso do ambiente e radiação solar – e as temperaturas médias horárias. Foram definidas como temperaturas limites 17°C, considerando a NBR 15575 (2008), 19°C (Givoni) e 20°C (DIN 4108). Neste artigo são apresentados apenas os resultados considerando a temperatura interna de 17°C.

$$G_{T(h<5)} = \sum t_{\text{limite}}(17, 19 \text{ e } 20^\circ\text{C}) - t_{\text{média-horária}} * \text{número de ocorrências no mês} \quad (\text{eq.8})$$

$$G_{T(h>5)} = \sum t_{\text{limite}}(17, 19 \text{ e } 20^\circ\text{C}) - t_{\text{média-horária}} * \text{número de ocorrências no mês} \quad (\text{eq.9})$$

$G_{T(h<5)}$  – Fator numérico do dia para edifícios com  $h < 5$ ;

$G_{T(h>5)}$  - Fator numérico do dia para  $h > 5$ .

Com base na definição do fator numérico do dia foi possível calcular o fator graus-dia e a necessidade de aquecimento “Qh”, mensalmente e anualmente, equação 1. A tabela 3 apresenta as características da envolvente das duas configurações testadas. Os gráficos 4 e 5 apresentam a necessidade de calor para o período frio da residência unifamiliar simulada ao longo do ano.

Tabela 3– Características da envolvente das configurações testadas

<b>Configuração 01 – menor isolamento térmico</b>				
<b>Configuração 02 – maior isolamento térmico</b>				
Envolvente	Descrição C01	Descrição C02	Coeficiente global de transmissão térmica (W/m <sup>2</sup> °C)	
			C01	C02
Paredes externas	Parede em tijolo maciço, 10 cm	Parede em tijolo 6 furos, dupla, 46 cm	3,70	0,98
Telhado	Telha cerâmica e laje de concreto, 10 cm	Telha cerâmica e laje de concreto, 10 cm, 5 cm lã de vidro sobre a laje	1,84	0,62
Piso	Concreto	Em concreto com 1 cm de madeira	5,08	1,81
Janela	Vidro simples 3 mm	Vidro duplo 3 mm + 3mm	5,30	3,36
Porta externa	Em madeira maciça, 5 cm	Em madeira maciça, 5 cm	1,9	1,9

O primeiro exercício de adaptação da prescrição normativa EnEV 2007 restringiu-se apenas ao cálculo da necessidade de aquecimento. Com relação ao cálculo das energias final e primária é necessário um maior aprofundamento visto as diferenças da matriz energética alemã e brasileira, como também considerando a diversidade das configurações territoriais de ambos os países. É possível uma adaptação da



prescrição normativa ao contexto brasileiro, porém é necessário uma análise mais aprofundada também no que diz respeito ao período quente.

## 5.2. Contexto de implantação social-político-econômico

No que tange à implementação da política de eficiência energética, verifica-se que a partir da publicação da prescrição legal em 1976, houve um desenvolvimento progressivo das normas DIN e das próprias prescrições subsequentes, culminando com a EnEV 2007, na qual a certificação energética, que já era obrigatória para novas edificações e reformas superiores a 20% da área total construída da edificação, passou a ser necessária segundo um cronograma de implantação para edificações construídas a partir de 1965. O processo de implantação e desenvolvimento normativo não é estanque. Verifica-se portanto, a necessidade do estabelecimento de um planejamento a médio e longo prazo das transformações normativas brasileiras a serem implementadas nos próximos anos, com as metas das diferentes etapas de implementação definidas claramente.

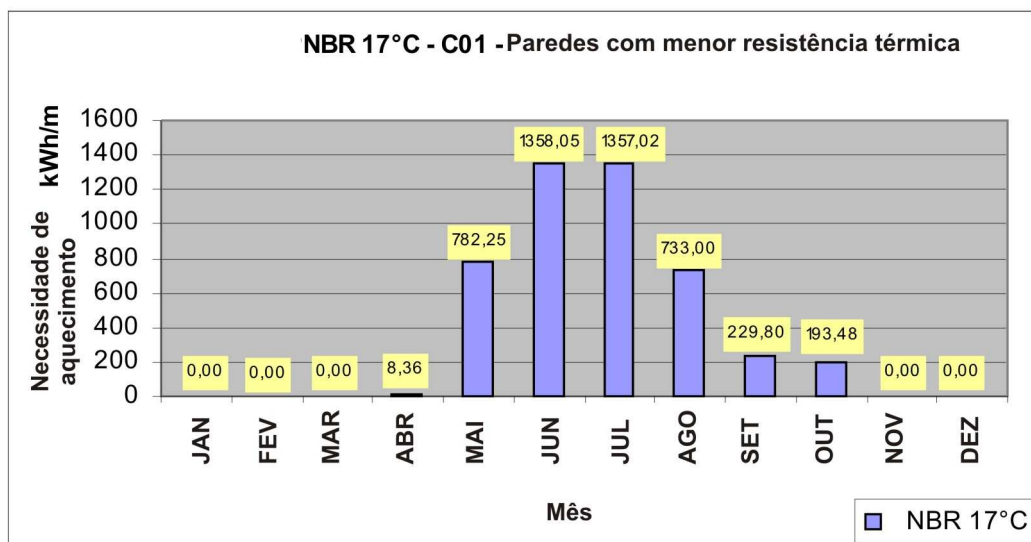


Figura 6 – Resultados das simulações, necessidade de aquecimento, configuração 1, temperatura interna mínima 17°C

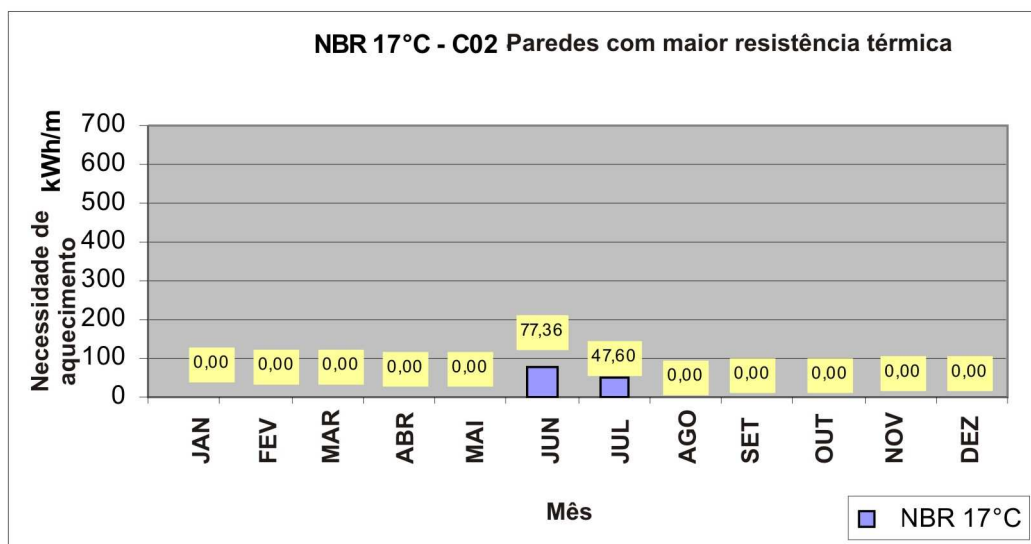


Figura 7 – Resultados das simulações, necessidade de aquecimento, configuração 2, temperatura interna mínima 17°C

Ainda no que tange à implementação, um interessante aspecto no caso alemão é a possibilidade da certificação energética ser explorada como variável mercadológica, já que o consumo energético da edificação também passa a ser uma importante variável na escolha da edificação. É possível verificar o contexto do consumo energético da edificação comparando-a com uma edificação com estratégias de climatização passiva (*passivhaus*), ou com o limite máximo de consumo segundo a EnEV 2007. Ou seja, a avaliação energética da edificação permite a classificação do edifício analisado no contexto geral. A certificação energética como ferramenta de educação ambiental é uma outra interessante possibilidade a ser

explorada no caso brasileiro. Edificações públicas com mais de 1000 m<sup>2</sup> devem apresentar a certificação energética nas dependências da edificação para que os usuários possam observá-la.

A exigência da certificação energética emitida por consultor habilitado na área de eficiência energética das edificações é outro aspecto que deve ser observado. A necessidade da emissão da certificação, e do cumprimento das exigências técnicas e construtivas, faz com que o consultor seja parte do processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico, ou seja, a certificação energética passa a ser um instrumento de transformação e melhora da qualidade do projeto, e não apenas de análise do contexto existente.

Com relação aos aspectos técnicos da prescrição EnEV 2007, mesmo que o contexto físico apresente condições culturais e climáticas completamente diferenciadas, observa-se que o conceito da necessidade de energia primária anual é uma estratégia muito interessante já que, a partir da definição da variável é possível um entendimento do consumo da edificação analisada e a sua inserção no contexto geral construído. Dentre as alterações previstas para a EnEV nos próximos anos está a consideração das peculiaridades dos diferentes fornecedores de energia, os quais apresentam características específicas quanto aos processos de ganho, transformação e transporte da energia. A consideração da energia final e do fornecimento energético no cálculo da energia primária é também uma característica positiva do contexto alemão. Obviamente, que o processo de cálculo no caso brasileiro deveria enfatizar o contexto da estação quente. Para que fosse possível uma melhor compreensão do processo, seria necessário um estudo mais aprofundado para a definição dos valores de referência e do processo de cálculo da necessidade de energia primária anual.

No que tange ao contexto de implantação da norma de eficiência energética na Alemanha, verifica-se uma relação direta entre a política nacional de economia de energia e a compatibilização com a iniciativa privada. A modernização das edificações alemãs a partir das sucessivas normatizações, considerando 1976 como marco inicial, fez com que uma série de acontecimentos positivos colaborassem para o êxito da implementação da eficiência energética nas edificações. A modernização das edificações, dos equipamentos de refrigeração e aquecimento, o aumento do isolamento térmico das partes construtivas, a maior estanqueidade das edificações, considerando o novo padrão desejado de esquadrias, a maior preocupação com a compacidade das edificações e o uso de estratégias passivas geraram os aspectos mencionados a seguir: menor necessidade de importação de energia; aumento do PIB (modernização de equipamentos de aquecimento e refrigeração); geração de 300.000 novos empregos; e investimentos de mais 25 milhões de euros entre 2006 e 2009.

O resultado destas medidas aponta para um novo paradigma de implementação de eficiência energética nas edificações, um modelo pautado na economia de energia, aliada à geração de empregos e à sustentabilidade física, social e econômica.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIN 4108-2 - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – **Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz**. Berlin: 2003.
- DIN V 18599 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwasser und Beleuchtung (**Teil 1 bis 10**). Berlin: 2005.
- DIN V 4108-6 - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – **Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarf**. Berlin: 2003.
- DIN V 4701-10 – Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – **Teil 10: Diagramme und Planungshilfen für ausgewählte Anlagensysteme mit Standardkomponenten**. Berlin: 2003.
- DIN V 4701-12 – Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – **Teil 12: Wärmeerzeuger und Trinkwassererwärmung**. Berlin: 2004.
- Energiepass für Gebäude Ziele, **Erfahrungen und Perspektiven**. Disponível em <[http://www.gre-online.de/download\\_center.php](http://www.gre-online.de/download_center.php)>. Acesso em 20 dez. 2007.
- GRE. Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung E.V. **Energieeinsparung im Wohngebäudebestand. Bauliche und anlagentechnische**. Kassel, Berlin: GRE, 2007.
- GRE. Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung E.V. **Energieeinsparung 2002**. Kassel, Berlin: GRE, 2002.
- MAAS, Anton. Vorlesungsskript. **Die Energieeinsparungsverordnung EnEV 2007 – Wohngebäude**. Kassel, 2007.
- Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (**Energieeinsparverordnung – EnEV**) vom 24.7.2007, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2007, Teil 1, Nr. 34, S. 1519-1563.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq, que apoiou a realização da pesquisa com uma bolsa de estágio Pós-doutoral no departamento de Energia e Meio Ambiente, da Universidade de Kassel, Alemanha.