

DEFINIÇÃO DE ESCALAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS: Etiquetagem Brasileira¹

OLINGER, M. S., Universidade Federal de Santa Catarina, email: marcelo.olinger@gmail.com; MAZZAFERRO, L., Universidade Federal de Santa Catarina, email: leonardo.mazzaferro@gmail.com; MACHADO, R. M. S., Universidade Federal de Santa Catarina, email: rmauricio.eng@gmail.com; ELI, L. G., Universidade Federal de Santa Catarina, email: leticia.eli@hotmail.com; MELO, A. P., Universidade Federal de Santa Catarina, email: apaula_melo@hotmail.com; FOSSATI, M., Universidade Federal de Santa Catarina, email: michele.fossati@ufsc.br; LAMBERTS, R., Universidade Federal de Santa Catarina, email: roberto.lamberts@ufsc.br.

ABSTRACT

The aim of this study is to define the energy efficiency classification for the Brazilian Regulation for residential buildings. The method consists on comparing the building's thermal load to a reference case, based on the minimum standards defined by NBR 15575. A database of 1 million cases was defined to fully explore the potential of different building characteristics. The results from cooling and heating thermal loads for each case were obtained from the simplified method of the new regulation, based on a metamodel developed through artificial neural networks. The energy efficiency classification was determined based on the relative differences of the thermal loads between all cases and their reference cases. The relative difference results for each label were specified for different climates, zone areas and use patterns.

Keywords Energy efficiency. Energy labeling. Brazilian regulation.

1 INTRODUÇÃO

A primeira versão do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R) foi publicada em 2010, posteriormente substituída pela versão de 2012 (INMETRO, 2012). Esse regulamento começou a ser desenvolvido após a elaboração da Lei Nº 10.295, a qual estabelece a criação de mecanismos que resultem em edificações mais eficientes energeticamente (BRASIL, 2001).

O RTQ-R visa a etiquetagem de edificações residenciais no Brasil, classificando-as pelo nível de eficiência que varia de eficiência A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Esse nível de eficiência é obtido através de cálculos de equivalentes numéricos. O equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória pode ser calculado por dois métodos: método prescritivo e método de simulação.

O método prescritivo, baseado na aplicação de uma regressão múltipla, fornece resultados do desempenho da edificação para verão e inverno. No entanto, o equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória

¹ OLINGER, M. S. , MAZZAFERRO, L. , MACHADO , R. M. S. , ELI, L. G. , MELO, A. P. , FOSSATI, M. , LAMBERTS, R. Definição de escalas de eficiência energética da envoltória em edificações residenciais: Etiquetagem Brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

considera apenas ventilação natural no RTQ-R atual. O nível de eficiência da envoltória quando condicionada artificialmente é de caráter informativo, utilizada somente caso se deseje obter a bonificação de condicionamento artificial de ar.

A ventilação natural permite que os usuários ventilem suas residências nos períodos em que a temperatura externa é inferior à temperatura interna da edificação. Porém, quando a ventilação natural não é suficiente para manter conforto térmico nos ambientes internos, os ocupantes recorrem ao condicionamento artificial de ar (DEUBLE e DEAR, 2012; SORGATO *et al.*, 2016).

De 2012 até o presente momento, o regulamento vem passando por avaliações e proposição de melhorias. Dentre as propostas para o regulamento de edificações residenciais está a alteração do nome de RTQ-R para INI-R – Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Outra alteração é a inclusão de um novo método de avaliação, baseado em uma lista de verificação de requisitos e chamado de método prescritivo. O atual método prescritivo do RTQ-R passa a ser chamado de método simplificado.

Para a INI-R, um novo metamodelo foi desenvolvido para a análise da eficiência energética da envoltória de edificações residenciais (CB3E, 2018), considerando simultaneamente o uso de ventilação natural e do sistema de condicionamento de ar em edificações. Os dados de saída deste novo metamodelo permitem avaliar o consumo para aquecimento e resfriamento, e expressa também as horas de conforto da edificação.

O desenvolvimento do novo metamodelo do método simplificado foi baseado em 60.000 casos, com diferentes combinações de parâmetros. Os parâmetros foram variados entre os limites máximos e mínimos admitidos, e a amostragem foi realizada com base no Método do Hipercubo Latino. O modelo estatístico adotado foi o de Redes Neurais. Como parte do desenvolvimento da nova proposta de metamodelo para a INI-R, está incluída a definição de escalas para a determinação da classe de eficiência energética da envoltória da edificação.

O objetivo deste trabalho é apresentar a metodologia aplicada para a definição das escalas de eficiência energética da envoltória de edificações residenciais avaliadas pelo método simplificado, com base nos novos casos gerados.

2 MÉTODO

2.1 Base de dados

Para a definição das escalas, uma base de dados foi gerada e analisada. Buscou-se gerar uma quantidade de casos que abrangesse o intervalo de possibilidades admitidas pelos limites do metamodelo. Como o metamodelo possui 32 dados de entrada (28 relacionados à edificação, mais 4 climáticos), uma grande variação na combinação destes dados de entrada foi realizada.

O dado de entrada relacionado à área do ambiente analisado pelo metamodelo teve seu valor variado 8 m² e 300 m², com mediana igual a 40 m². Os demais parâmetros relacionados à edificação foram variados linearmente. Para representar a variabilidade dos climas brasileiros, 15 cidades representativas dos 24 grupos climáticos (GCL) (CB3E, 2017) foram selecionadas para a elaboração do banco de dados (os GCL das cidades estão entre parênteses): São Paulo (1a); Florianópolis (1b); Curitiba (2); Porto Alegre (6); Santa Maria (8); Niterói (9); Belo Horizonte (10); Goiânia (12); Rio de Janeiro (13); Foz do Iguaçu (15); Belém (17); Manaus (18); Teresina (20); Salvador (21); e Cuiabá (24).

Para gerar uma amostragem representativa do todo, optou-se pela elaboração de 1 milhão de casos, selecionados a partir do método de amostragem do Hiper cubo Latino.

2.2 Definição do caso de referência

A proposta da escala é comparar o desempenho energético da edificação a partir de um padrão de referência. Definiu-se que o padrão de referência de uma edificação, estabelecido como limite inferior da classe C de eficiência energética, é o modelo da própria edificação, com características construtivas iguais às dos mínimos exigidos pela NBR 15575 (ABNT, 2013). Ou seja, no novo método de etiquetagem brasileira para o setor residencial, em aprovação neste ano, a classe C de eficiência energética é baseado nos limites da NBR 15575.

Para a elaboração do modelo de referência foram considerados limites de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância de paredes externas e cobertura, de acordo com o grupo climático do local onde a edificação está localizada. Além disso, considera-se a área de ventilação mínima e exclui-se a presença de sombreamento e venezianas.

2.3 Análise dos resultados

Todos os 1 milhão de casos gerados e seus respectivos modelos de referência foram aplicados no metamodelo. Foram analisados todos os ambientes de permanência prolongada (APP) – dormitórios e salas. A partir dos resultados, calculou-se o percentual de redução de carga térmica de aquecimento e resfriamento, e a redução das horas de conforto de cada caso com relação ao caso de referência, de acordo com a Equação 1:

$$\%RedCgTr = \frac{(CgTrC - CgTr)}{CgTrC} \quad (1)$$

Onde:

%RedCgTr = Percentual de redução de carga térmica anual na APP;

CgTr = Carga Térmica Anual na APP da edificação real;

CgTrC = Carga Térmica Anual na APP da edificação de referência.

A predição das horas de conforto no APP não foi aplicada, pois serve apenas

como caráter informativo no INI-R.

2.4 Definição dos limites

Ao avaliar o universo de casos, optou-se por seguir a seguinte metodologia:

1. Classe D de eficiência energética: casos com resultados de carga térmica anual superiores ao caso de referência.
2. Casos com resultado de carga térmica igual ou inferior ao caso de referência, serão divididos em 3 grupos:
 - a. o primeiro terço de casos, com as menores melhoras relativas em relação ao caso de referência seriam classe C de eficiência energética;
 - b. o terço de casos com as maiores melhoras relativas em relação ao caso de referência seriam classe A de eficiência energética;
 - c. e os casos entre as classes C e A, seriam classe B de eficiência energética.

Buscou-se definir limites diferentes para as escalas, de acordo com a influência de fatores como o clima, padrão de uso e área no potencial de redução de carga térmica do APP.

4 RESULTADOS

Ao analisar a influência de diversos fatores no potencial de redução de carga térmica dos APP, definiu-se que seriam determinadas escalas diferentes para as seguintes condições:

1. Grupo Climático:
 - Cargas térmicas de aquecimento – para cada GCL de 1 a 8;
 - Cargas térmicas de resfriamento – para cada GCL de 1 a 24;
2. Área do APP: diferentes valores para áreas inferiores a 25 m², e iguais ou superiores a 25 m²;
3. Padrão de uso: diferentes valores para dormitórios e salas.

Para a escala das cargas térmicas de aquecimento, os limites inferiores definidos para as classes A e B estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Escala de eficiência energética da envoltória para aquecimento.

Classe	Limite inferior (%)							
	A				B			
Área	< 25 m ²		≥ 25 m ²		< 25 m ²		≥ 25 m ²	
APP	Sala	Dorm	Sala	Dorm	Sala	Dorm	Sala	Dorm
GCL								
1a - 1b	60	60	60	65	30	30	35	35

1c	65	60	65	65	35	30	35	35
2-4	60	55	60	60	30	25	35	30
5-6	60	55	60	60	35	30	35	30
8	60	50	60	55	30	25	35	30

Fonte: Os autores

Para a escala das cargas térmicas de resfriamento, os limites inferiores definidos para as classes A e B estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Escala de eficiência energética da envoltória para resfriamento.

Classe	Limite inferior (%)							
	A				B			
Área	< 25 m ²		≥ 25 m ²		< 25 m ²		≥ 25 m ²	
APP GCL	Sala	Dorm	Sala	Dorm	Sala	Dorm	Sala	Dorm
1a - 1b	65	75	70	75	40	50	45	45
1c	55	75	65	70	35	50	40	45
2-4	75	70	75	70	45	45	50	45
5-6	50	70	60	70	30	40	35	40
8	50	70	65	70	30	40	40	40
9	50	70	60	65	25	40	35	40
10	55	75	65	70	30	45	35	40
11 - 12	45	70	55	70	25	40	30	40
13 - 14	40	60	50	65	20	30	25	35
15 - 16	35	55	50	60	20	30	25	35
17	30	35	35	45	15	20	20	20
18	25	35	35	40	15	20	20	20
19 - 20	30	35	35	40	15	20	20	20
21 - 22	30	40	40	45	15	20	20	25
23 - 24	30	40	35	45	15	20	20	25

Fonte: Os autores

O limite inferior da classe C é zero para todos os casos, e os valores negativos são classificados como classe D.

Para validar os limites estabelecidos para as escalas, aplicou-se o método de avaliação da classe de eficiência energética para alguns casos, com diferentes tipologias em diferentes grupos climáticos. O resultado obtido foi dentro do esperado.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados é possível traçar as seguintes conclusões:

- A utilização de uma única escala para todo o intervalo de possíveis combinações de ambientes de permanência prolongada existentes no Brasil não é apropriado, por impossibilitar atingir a classe de eficiência

- máxima para determinados climas;
- Alguns fatores têm grande influência no potencial de redução de carga térmica de um APP, como o clima, a área do APP, e os padrões de uso;
- O clima é um fator tão influente no potencial de redução de carga térmica de um APP, que é necessário estabelecer diferentes escalas para cada grupo climático;
- O método desenvolvido possibilita a obtenção dos níveis máximos de eficiência para todos os climas avaliados, em quaisquer tipos de APP.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à CAPES pelo apoio financeiro, e à ELETROBRAS/PROCEL pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575-1**: Edifícios habitacionais - Desempenho: parte 1: Requisitos gerais, in, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. **Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília, DF, 2001b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm>. Acesso em: 15 março de 2018.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – CB3E. **Classificação de climas brasileiros empregada na atualização dos Regulamentos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações**. 2017. Disponível em: <http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Relatorio_GruposClimaticos.pdf>. Acesso em: março de 2018.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – CB3E. **Novo método de avaliação energética de edificações com base em energia primária**. 2017. Disponível em: <<http://cb3e.ufsc.br/etiquetagem/desenvolvimento/atividades-2012-2016/trabalho-1/pesquisas>>. Acesso em: março de 2018.

DEUBLE, M.P.; DEAR, R.J. Mixed-mode buildings: A double standard in occupants' comfort expectations. **Building and Environment**, v. 54, p. 53-60, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.pbefedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/RTQR.pdf>>. Acesso em: março de 2018.

SORGATO, M.J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. The effect of window opening ventilation control on residential building energy consumption. **Energy and Buildings**, v. 133, p. 1-13, 2016.