2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

PROPOSTA PARA AS ESCALAS DOS NÍVEIS DE DESEMPENHO TÉRMICO DE RESIDÊNCIAS: NBR 15575[1]

VEIGA, Rodolfo K. S. (1); OLINGER, Marcelo S. (2); KRELLING, Amanda F. (3); ELI, Letícia G. (4); MELO, Ana P. (5); LAMBERTS, Roberto (6)

(1) Universidade Federal de Santa Catarina, rodolfoksveiga@gmail.com
(2) Universidade Federal de Santa Catarina, marcelo.olinger@gmail.com
(3) Universidade Federal de Santa Catarina, krellingamanda@gmail.com
(4) Universidade Federal de Santa Catarina, leticia.eli@posgrad.ufsc.br
(5) Universidade Federal de Santa Catarina, a.p.melo@ufsc.br
(6) Universidade Federal de Santa Catarina, roberto.lamberts@ufsc.br

RESUMO

A Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais, NBR 15575, define limites de desempenho para edificações residenciais. Desde 2019, o item 11 – Desempenho Térmico da norma está sendo revisado por uma comissão de estudos, que elabora uma nova proposta. Frente a isso, este trabalho tem como objetivo apresentar a proposta para a definição das escalas de desempenho térmico. Com base em análises de simulações computacionais, estabeleceu-se a avaliação do desempenho mínimo por meio do percentual de horas ocupadas em que a temperatura operativa do ambiente de permanência prolongada encontra-se dentro de uma faixa de interesse (PHFT) e por meio das temperaturas operativas máxima e mínima. Para definir as escalas que avaliam o desempenho intermediário e superior, foi desenvolvida uma base de dados, a partir da qual se analisou a distribuição da elevação do PHFT dos casos com desempenho superior ao nível mínimo. Para o nível superior foi analisada a distribuição do percentual de redução da carga térmica total dos casos com desempenho intermediário. Destaca-se que as escalas foram elaboradas considerando o clima no qual a edificação está inserida.

Palavras-chave: *Desempenho térmico. Simulação computacional. NBR 15575.*

ABSTRACT

The Brazilian performance standard for residential buildings, NBR 15575, defines performance thresholds for dwellings. Since 2019, the thermal performance, addressed in the 11th item of the standard, has been reviewed by a study commission, that develops a new proposal. Thus, the objective of this work is to present the proposal to define the thermal performance scale. Based on computational simulations analysis, the assessment of the minimum performance level was settled by the percentage of occupied hours in which the operative temperature of the extensively used rooms is within a range of interest (PHFT) and by the maximum and minimum operative temperatures. To define the evaluation scales for the intermediate and superior performance, a database was

[1] VEIGA, Rodolfo K. S.; OLINGER, Marcelo S.; KRELLING, Amanda F.; ELI, Letícia G.; MELO, Ana P.; LAMBERTS, Roberto. Proposta para as escalas dos níveis de desempenho térmico: revisão da NBR 15575. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

developed, which was used to analyze the distribution of the PHFT's increase regarding only cases performing higher than minimum level. To define the superior level scale, the distribution of the total thermal load reduction was analyzed, taking only cases performing within the intermediate level into acount. It is stated that the scales were developed considering the weather of the building's location.

***Keywords**: Thermal performance. Computational simulation. NBR 15575.*

1 INTRODUÇÃO

Em 2013, entrou em vigor a Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais, a NBR 15575 (ABNT, 2013), que define limites mínimos de desempenho para edificações residenciais. Esta norma contempla a análise de diferentes critérios de desempenho de edificações, dentre estes destaca-se o desempenho térmico. O desempenho térmico avalia as edificações considerando suas características termofísicas e o clima na qual está inserida, descrito através das zonas bioclimáticas brasileiras (ZBB), definidas de acordo com a Norma de Desempenho Térmico de Edificações, a NBR 15220 (ABNT, 2005).

Atualmente, a avaliação do desempenho térmico por meio da NBR 15575 apresenta três métodos: o método de medição, que é meramente ilustrativo, o método simplificado, que analisa o atendimento de pré-requisitos da envoltória, e o método de simulação. O método de simulação computacional consiste em comparar a temperatura interna dos ambientes de permanência prolongada (APP) com a temperatura externa. Destaca-se que a análise considera somente um dia típico para as condições de verão e de inverno.

Frente a aplicação do método de simulação, destacam-se limitações referentes à consideração da modelagem da edificação. Sorgato et al. (2012) citam como limitações da aplicação do método de simulação da NBR 15575 a consideração de taxas de infiltração constantes, a adoção do tamanho das aberturas para ventilação independente da ZBB e a desconsideração das cargas internas e de venezianas.

Dados os avanços nas técnicas de simulação computacional, desde 2019 o item 11 da NBR 15575, referente ao desempenho térmico, vem sendo revisado pela Comissão de Estudos CE-002:136.001. Dentre as principais sugestões de melhoria, destacam-se: a consideração de cargas internas (pessoas, iluminação e equipamentos), o uso da ventilação natural e do condicionamento artificial do ar, a análise anual dos resultados da simulação, e a determinação do nível de desempenho térmico através da comparação do modelo real da edificação com um modelo de referência. O modelo real utiliza as características reais da edificação, enquanto o modelo de referência mantém a volumetria do modelo real, mas altera a área das janelas e das aberturas para ventilação e as propriedades térmicas dos sistemas construtivos de acordo com a ZBB.

A proposta da Comissão de Estudos para o item 11 da NBR 15575 (LABEEE, 2020) sugere que o desempenho térmico dos APPs seja caracterizado através de três critérios: a) o percentual de horas ocupadas onde a temperatura operativa do APP encontra-se dentro de uma faixa de interesse (PHFT), sendo que esta faixa deve ser determinada a partir da média anual da temperatura de bulbo seco, retirada do arquivo climático; b) as temperaturas operativas máxima (Tomáx) e mínima (Tomín), observadas no APP durante os períodos de ocupação, e; c) a soma da carga térmica anual de aquecimento e de resfriamento (CgTT).

A nova proposta para a norma apresenta três níveis de desempenho térmico:

mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). Para obter o nível M, a unidade habitacional (UH) deve apresentar desempenho melhor que o modelo de referência, de acordo com os seguintes critérios: a) a elevação absoluta do PHFT do modelo real em relação ao modelo referência (ElevPHFT), deve ser maior ou igual a zero; b) a Tomáx do modelo real deve ser menor ou igual à Tomáx do modelo de referência, somado 1 °C; c) para as ZBB de 1 a 3, a Tomín do modelo real deve ser maior ou igual à Tomín do modelo de referência, subtraído de 1 °C.

Dada a relevância da NBR 15575 no contexto nacional de eficiência energética das edificações e a necessidade do desenvolvimento de um critério consistente que diferencie os níveis de desempenho térmico das habitações, este trabalho visa desenvolver uma escala que definirá os critérios que devem ser obtidos para que uma UH, de tipologia unifamiliar, alcance os níveis de desempenho térmico intermediário e superior (níveis I e S), de acordo com as premissas da nova proposta para o item 11 da NBR 15575.

2 MÉTODO

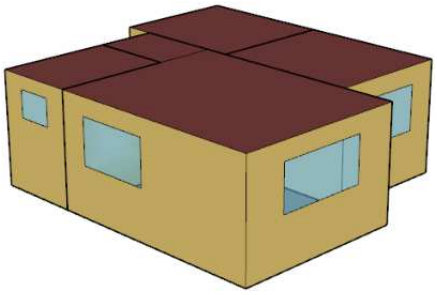
O método deste trabalho aborda o desenvolvimento das escalas que descrevem os níveis de desempenho térmico de UHs unifamiliares de acordo com a nova proposta para o método de simulação computacional do item 11 da NBR 15575 (LABEEE, 2020). As escalas definem limites mínimos de desempenho térmico para as edificações residenciais para que uma UH atinja os níveis I e S.

O comportamento termofísico de edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares apresenta diferenças significativas. Devido à limitação de espaço, este trabalho abordará apenas edificações unifamiliares.

2.1 Modelo base

O estudo das escalas foi realizado a partir de um caso base obtido do estudo de Montes (2016). Foi selecionada uma edificação unifamiliar térrea isolada (38,58 m²) que representou 35% da amostra levantada para o nível de renda familiar 1, de até três salários mínimos. A casa, representada na Figura 1, possui sala e cozinha conjugadas, dois dormitórios e um banheiro. O piso da edificação está em contato com o solo e a cobertura exposta ao ambiente externo.

Figura 1 – Modelo base de tipologia unifamiliar



Fonte: os autores

2.2 Base de dados

Tendo em vista que a NBR 15575 deve ser aplicada em todo o mercado nacional, uma base de dados foi desenvolvida gerando perturbações em certos parâmetros

do modelo base, a fim de abranger soluções construtivas que representem os extremos dos níveis de desempenho das edificações brasileiras. As seguintes características foram variadas: volumetria, orientação, sombreamento externo, propriedades térmicas dos componentes construtivos, percentual de abertura das fachadas e fator de ventilação (fração de abertura máxima da esquadria). A Tabela 1 descreve as características variadas e seus respectivos valores. A escolha e a modelagem dos componentes construtivos e dos materiais materiais dos vidros se basearam, respectivamente, na biblioteca de componentes construtivos, publicada por Weber (2017), e no catálogo de propriedades térmica e óticas de vidros comercializados no Brasil (CB3E, 2015).

Tabela 1 – Variações das características do modelo base

Característica	**Valores**
Relação entre os comprimentos das fachadas da UH	0,45 - 1.12 - 2,23
Pé-direito (m)	2,5 e 3
Área (m²)	38,58, 57,87 e 77,16
Ângulo de azimute (°)	0, 90, 180, 270
Componentes construtivos	Concreto (10 cm), tijolo maciço (10 cm), tijolo maciço (20 cm), tijolo vazado, *steel frame* (câmara de ar), *steel frame* (lã de vidro)
Absortância dos componentes construtivos	0,2, 0,6 e 0,8
Materiais dos vidros	Vidro simples (fator solar (FS) 0,87), vidro simples (FS 0,39), vidro duplo (FS 0,87) e vidro duplo (uma lâmina com FS 0,87 e a outra com FS 0,39)
Percentual de abertura das fachadas (%)	10, 30 e 50
Fator de ventilação	0,45 e 1
Comprimento do beiral (m)	0,5, 1 e 1,5
Veneziana	Com e sem

Fonte: os autores

Além das características descritas, cada elemento da amostra foi simulado em oito climas distintos (Tabela 2), representando as oito ZBB definidas de acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005). Os seguintes critérios foram adotados para escolher as cidades representativas: a) população maior ou igual a 200.000 habitantes, e; b) temperatura de bulbo seco média mais próxima do valor médio das temperaturas de bulbo seco médias das cidades que fazem parte da ZBB analisada. Todos os arquivos climáticos são do tipo INMET e foram retirados do site do “Building One Climate” (CRAWLEY, LAWRIE, 2020).

Como simular todas as combinações de parâmetros possíveis resultaria em um número muito extenso de casos (2.654.208 elementos), foi utilizada a técnica de amostragem de baixa discrepância do Hipercubo Latino (McKay, Conover e Beckman, 1979). Assim, com uma amostra de 10.000 elementos, garantiu-se a representatividade do espaço amostral.

Tabela 2 – Temperatura de bulbo seco média anual

ZBB	**Cidade**	**Temperatura de bulbo seco média (°C)**
1	Curitiba (PR)	17,38
2	Santa Maria (RS)	19,04
3	Florianópolis (SC)	20,91
4	Uberlândia (MG)	22,95

5	Duque de Caxias (RJ)	23,05
6	Itumbiara (GO)	23,92
7	Palmas (TO)	26,82
8	São Luís (MA)	26,76

Fonte: os autores

Cada elemento da amostra gerada foi simulado por meio do programa EnergyPlus 9.0, seguindo as exigências da nova proposta do método de simulação para a NBR 15575 (LABEEE, 2020). Portanto, cada elemento amostrado resultou em 4 simulações: considerando-se ventilação natural ou condicionamento artificial de ar e a simulação de um modelo de referência para cada caso amostrado (modelo real).

2.3 Escalas

As escalas para atingir os níveis I e S foram definidas a partir de novos critérios de avaliação, definidos através dos resultados da simulação da base de dados. Visto que a nova proposta para a NBR 15575 utiliza tanto a ventilação natural quanto o condicionamento artificial do ar, os critérios de avaliação adotados comparam o PHFT e a CgTT do modelo real com o modelo de referência.

Para obter o nível I, além de atender às exigências do nível M, é necessário que a UH atenda a dois outros critérios: a) a ElevPHFT (Equação 1) deve ser maior ou igual a um valor a ser determinado pelo método apresentado neste trabalho; b) a redução percentual da CgTT do modelo real em relação ao modelo de referência (%RedCgTT, Equação 2) deve ser maior ou igual a zero. Já para obter o nível S, a UH deve atender às exigências do nível I e apresentar um %RedCgTT (Equação 2) maior do que um valor a ser determinado pelo método apresentado neste trabalho.

$$ElevPHFT = PHFT_{REAL,UH} - PHFT_{REF,UH}^{2} \quad (1)$$

$$\%RedCgTT = (CgTTref,uh - CgTTreal,uh) / CgTTref,uh^{3} \quad (2)$$

Como os climas influenciam consideravelmente no comportamento térmico das edificações, as análises para estimar os valores da ElevPHFT e do %RedCgTT, para os níveis I e S, respectivamente, foram separadas de acordo com as ZBB. Desta maneira, obteve-se um valor de ElevPHFT e de %RedCgTT para cada ZBB.

Para definir os valores de ElevPHFT exigidos para se obter o nível I, foram observados apenas os casos que obtiveram nível M, de acordo com os critérios da NBR 15575. Adotando a premissa de que o método de amostragem Hipercubo Latino representou adequadamente as diferentes combinações de elementos construtivos possíveis para edificações residenciais brasileiras, definiu-se uma proporção dos casos observados a serem classificados como nível I. O nível S foi definido observando-se apenas os casos da base de dados que alcançaram o nível I, considerando os valores da ElevPHFT obtidos na etapa anterior desse método. Dentre esses casos, analisou-se o valor do %RedCgTT e, assim como na

[2] A ElevPHFT é a elevação do PHFT do modelo real em relação à referência. O $PHFT_{REAL,UH}$ é o PHFT do modelo real. O PHFTref,uh é o PHFT do modelo de referência.

[3] O %RedCgTT é o percentual de redução da carga térmica total do modelo real em relação à referência. O CgTTreal,uh é a carga térmica total do modelo real. O CgTTref,uh é a carga térmica total do modelo de referência.

definição do nível I, definiu-se uma proporção dos casos observados a serem classificados como nível S.

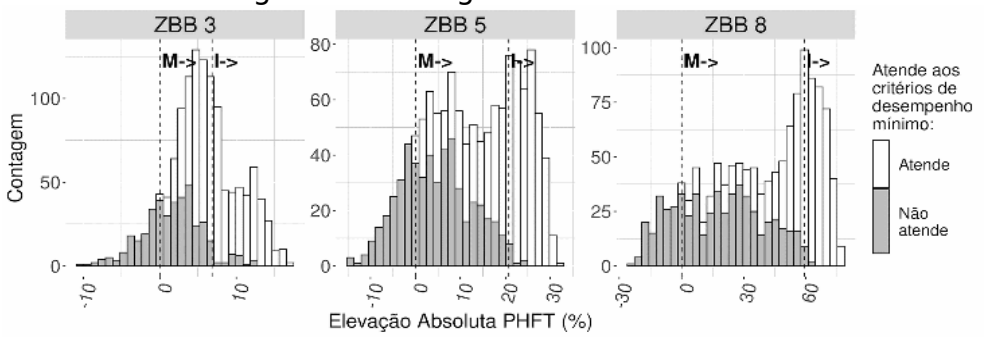
Os critérios estabelecidos para a obtenção dos níveis I e S não exigem a adoção de parâmetros construtivos específicos, mas definem que a combinação dos parâmetros escolhidos deve garantir um desempenho relativamente superior, quando comparado às demais combinações possíveis para a UH.

3 RESULTADOS

A partir dos resultados de PHFT e CgTT obtidos nas simulações dos casos amostrados, para as condições real e de referência, as análises das ElevPHFT e dos %RedCgTT foram conduzidas para as oito ZBB. Devido à limitação de espaço deste documento, serão apresentados os resultados das ZBB 3, 5 e 8. As três ZBB escolhidas representam, respectivamente, climas com temperaturas baixas, intermediárias e altas.

A distribuição dos resultados de ElevPHFT foi apresentada na Figura 2. O valor da ElevPHFT para se obter o nível M foi destacado nos histogramas por uma linha vertical tracejada, rotulada com a letra “M”. Observa-se que, dos 1250 casos simulados para cada ZBB, 89,5% apresentaram ElevPHFT positiva na ZBB 3, 86,4% na ZBB 5 e 88,4% na ZBB 8. Nestes casos o PHFT da condição real foi maior que o PHFT da condição de referência. Todavia, uma quantidade considerável de casos com ElevPHFT positiva não atenderam aos critérios mínimos de desempenho, pois apresentaram Tomín e/ou Tomáx fora dos limites exigidos para obtenção do nível M. Dos casos que apresentaram ElevPHFT positiva, 44,6% não atingiram o nível M na ZBB3, 32,4% na ZBB5 e 36,8% na ZBB 8. Estes casos foram preenchidos com a cor cinza no gráfico, à direita da reta vertical que indica ElevPHFT igual a zero.

Figura 2 – Histogramas da ElevPHFT



Fonte: os autores

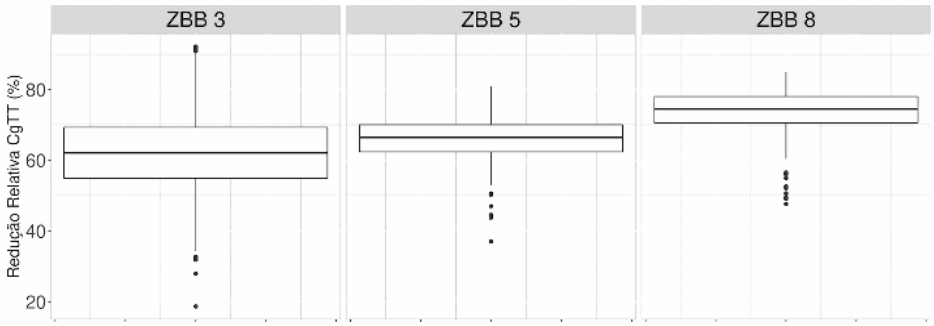
Para definir os valores de ElevPHFT para a obtenção do nível I, optou-se por identificar o valor da mediana dos casos que atenderam aos critérios mínimos de desempenho. Esta abordagem determina que a metade superior dos casos que atingiram o nível M e que apresentaram %RedCgTT maior que zero obtenham o nível I. Na Figura 2, o valor da mediana da ElevPHFT foi destacado por uma linha vertical tracejada, rotulada com a letra “I”.

Devido à influência significativa do clima no desempenho térmico das edificações, é possível observar uma variação expressiva nos valores de ElevPHFT para a obtenção do nível I de acordo com a ZBB. Na ZBB 3, o potencial de aumento no PHFT é menor do que nas demais ZBB apresentadas. O valor

máximo observado para a ElevPHFT na ZBB 3 foi 17,4%, enquanto que nas ZBB 5 e 8 foram 31,9% e 78,4%, respectivamente. Consequentemente, o valor de ElevPHFT exigido para se obter o nível I na ZBB 3 (7%) é inferior aos valores definidos para as ZBB 5 (20%) e 8 (59%). Outro fator que influencia no valor de ElevPHFT exigido para a obtenção do nível I é a quantidade de casos com ElevPHFT acima de zero que não atendem aos critérios de Tomín e Tomáx. Quanto maior o número de casos que se comportam dessa maneira, maior é o valor da ElevPHFT necessário para atingir o nível I.

Após a definição dos valores de ElevPHFT para a obtenção do nível I, definiram-se os valores de %RedCgTT para a obtenção do nível S. A Figura 3 apresenta os resultados obtidos do %RedCgTT para as três ZBB abordadas neste estudo. Nos gráficos de caixas foram selecionados apenas os casos que atenderam ao nível I, conforme os três critérios descritos anteriormente. Percebe-se que há uma tendência de aumento do %RedCgTT de acordo com as ZBB. O nível S foi atribuído à metade dos casos com os maiores valores de %RedCgT. Sendo assim, a mediana, representada pela linha preta horizontal situada no meio de cada caixa, indica o valor %RedCgTT necessário para que a UH atinja o nível S. Sendo assim, os valores de %RedCgTT que definem o nível S para as ZBB 3, 5 e 8 foram 64%, 66% e 74%, respectivamente.

Figura 3 – Gráficos de caixas do %RedCgTT



Fonte: os autores

Por tratar-se de um valor percentual, ressalta-se que, apesar de os %RedCgTT apresentarem valores medianos próximos para as diferentes ZBB, o potencial de redução absoluta da carga térmica total é maior para as UHs localizadas em climas mais quentes, pois, estas UHs apresentam carga térmica total maior.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram desenvolvidas escalas com valores limites para a ElevPHFT e o %RedCgTT, que consistem em critérios de avaliação dos níveis I e S da nova proposta para a NBR 15575, respectivamente. Na metodologia apresentada, as análises foram separadas considerando-se as ZBB.

Utilizando uma base de dados representativa, o nível I foi definido como a mediana da ElevPHFT dos casos da base de dados que alcançaram o nível M. O nível S foi definido como a mediana do %RedCgTT dos casos que alcançaram o nível I.

A partir dos resultados encontrados, observou-se que há diferenças no comportamento térmico de acordo com o clima, confirmando a necessidade de se analisar esses grupos separadamente. Dos resultados da ElevPHFT, observou-

se que os critérios de Tomáx e Tomín constituem uma forma de resistência para que se atinja o nível M. Os resultados do %RedCgTT evidenciaram uma correlação positiva entre o %RedCgTT e a temperatura média anual de bulbo seco dos climas em análise.

O método apresentado é capaz de atribuir diferentes níveis de desempenho a uma UH sem a exigência de adoção de parâmetros específicos, mas por meio da comparação da UH com uma condição de referência, observando-se melhoras nos indicadores PHFT e CgTT.

O método foi apresentado para edificações unifamiliares, mas pode ser aplicado a edificações multifamiliares, observando-se as possíveis diferenças de comportamento térmico para diferentes pavimentos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Desempenho de Edificações Habitacionais, Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

CB3E - CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Catálogo de propriedades térmicas e óticas de vidros comercializados no Brasil**. 2014.

CRAWLEY, D.; LAWRIE, L. **Climate One Building**. Disponível em: < http://climate.onebuilding.org >. Acesso em: 01 de outubro de 2019.

LABEEE, 2020. **Desenvolvimento da nova proposta para o item desempenho térmico da NBR 15575**. Relatório interno.

MONTES, María Andrea Triana. Abordagem integrada no ciclo de vida de habitação de interesse social considerando mudanças climáticas. 2016.

SORGATO, M.J.; MARINOSKI, D.L; MELO, A.P.; LAMBERTS, R. **Nota técnica referente à avaliação para a norma de desempenho NBR 15575 em consulta pública**. 2012.
WEBER, Fernando da Silva et al. Desenvolvimento de um modelo equivalente de avaliação de propriedades térmicas para a elaboração de uma biblioteca de componentes construtivos brasileiros para uso no programa EnergyPlus. 2018.