

## **Habitações multifamiliares de interesse social em Maceió-AL: uso de diferentes abordagens avaliativas de desempenho térmico**

### **Multifamily buildings of low-income dwelling in Maceió, Brazil: use of different evaluative approaches to thermal performance**

DOI:10.34117/bjdv7n1-048

Recebimento dos originais: 06/12/2020

Aceitação para publicação: 06/01/2021

#### **Míryan Patrícia Tenório Ferreira**

Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Avenida Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, Maceió-AL CEP 57072-900

E-mail: miryantenario@gmail.com

#### **Juliana Oliveira Batista**

Doutora, docente do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Avenida Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, Maceió-AL CEP 57072-900

E-mail: juliana.batista@fau.ufal.br

#### **Ricardo Victor Rodrigues Barbosa**

Doutor, docente do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Avenida Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, Maceió-AL CEP 57072-900

E-mail: rvictor@fau.ufal.br

#### **RESUMO**

O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), lançado pelo Governo Federal em 2009, teve como finalidade promover a inclusão social e reduzir o déficit habitacional no Brasil. Em Maceió, o Programa foi responsável pela construção de 30.780 novas unidades habitacionais (UHs), entre os anos de 2009 e 2014. Entretanto, na prática, o PMCMV atuou em favor dos interesses individuais, sendo caracterizado pela produção massiva, resultando em condições térmicas inadequadas nas habitações. Diante deste cenário, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar o desempenho térmico de habitação de interesse social multifamiliar do PMCMV, implantado na cidade de Maceió-AL. Para tanto, foram utilizadas as metodologias de avaliação da NBR 15.575 (simplificada) e do RTQ-R (prescritivo), em conjunto com medições de temperatura *in loco*. Os resultados mostraram a influência da orientação da fachada e do pavimento da UH nas avaliações das normas. Na avaliação do RTQ-R, os ambientes voltados para nascente foram classificados como nível “C”, enquanto os ambientes voltados para poente foram classificados como nível “D” (térreo) e nível “E” (cobertura). No entanto, na avaliação da NBR 15.575, pelo método de medição, o único ambiente a não atingir o nível mínimo para a temperatura do ar no dia típico de verão localizava-se no pavimento térreo

orientado para poente, indicando divergência entre as avaliações. As medições *in loco* de temperatura, em um dia típico do verão, corroboraram essa divergência e apontaram para a necessidade de os padrões de uso do ambiente serem considerados na avaliação do desempenho térmico.

**Palavras-chave:** habitação de interesse social, NBR 15.575, RTQ-R, modelo adaptativo, eficiência energética.

## ABSTRACT

The *Minha Casa Minha Vida* Program (PMCMV), created by the Federal Government in 2009, aimed to promote social inclusion and reduce the housing deficit in Brazil. The Program built 30,780 new housing units (UHs) in the city of Maceió, between 2009 and 2014. However, in practice, the PMCMV was characterized by massive production, resulting in inadequate thermal conditions in buildings. Thus, this research aimed to evaluate the thermal performance of housing of multifamily social interest of the PMCMV, implanted in the city of Maceió-AL. The evaluation methodologies of NBR 15,575 (simplified) and RTQ-R (prescriptive) were used, together with temperature measurements *in loco*. The results showed the influence of the orientation of the facade and the floor of the UH in the evaluation of the standards. In the evaluation of the RTQ-R, the environments facing east were classified as level “C”, while the environments facing west were classified as level “D” (ground floor) and level “E” (coverage). However, in the evaluation of NBR 15,575, using the measurement method, the only environment that did not reach the minimum level for air temperature on a typical summer day was located on the ground floor facing west, indicating divergence between the evaluations. On-site air temperature measurements, on a typical summer day, confirm this divergence and suggest the need for environmental usage patterns to be considered when assessing thermal performance.

**Keywords:** social housing, NBR 15.575, RTQ-R, energy efficiency.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de habitação no Brasil teve grande impulso desde 2009, com o lançamento do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) pelo Governo Federal. Com o intuito de reduzir o déficit habitacional, a produção do PMCMV contemplou duas faixas de renda principais: famílias com renda de até R\$ 1.800,00 e famílias com renda de até R\$ 7.000,00 (CEF, 2020a). A partir do dia 28/08/2020, com a publicação da Medida Provisória (MPV) nº 996/2020, o PMCMV passou a denominar-se Programa Casa Verde e Amarela (PCVA). O novo Programa manteve a parceria com estados, municípios, empresas e entidades sem fins lucrativos para financiamento da habitação, contemplando três faixas de renda familiar: (i) até R\$ 2.000,00; (ii) até R\$ 4.000,00 e (iii) até R\$ 7.000,00 (CEF, 2020b).

Em seu lançamento, PMCMV representava uma promessa de oferta de melhores condições habitacionais e, por conseguinte, melhor qualidade de vida para a população. Na prática, percebe-se que a qualidade arquitetônica e urbanística das habitações produzidas não alcançou um nível de qualidade compatível com as necessidades dos seus usuários. Grandes empreendimentos, com dezenas de milhares de unidades habitacionais, têm reproduzido modelos arquitetônicos semelhantes em todo o território nacional, desvinculados dos condicionantes climáticos locais, utilizando materiais de baixa qualidade e localizados na periferia das cidades, distantes do centro, incorrendo em longos deslocamentos para acesso ao local de trabalho, à escola e aos serviços de saúde (FERREIRA, 2012).

No que tange à qualidade da unidade habitacional, foco deste artigo, a reprodução persistente dos modelos arquitetônicos produzidos no âmbito dos programas habitacionais implica em impactos significativos na questão energética. A eficiência energética na arquitetura representa o potencial da edificação em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos seus usuários com um baixo consumo de energia (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Com a publicação da Lei de Eficiência Energética (BRASIL, 2001), surgiram diversas normas, regulamentos e manuais em busca de melhorias quanto à eficiência energética no Brasil. No âmbito das edificações tem-se a NBR15.220 (ABNT, 2005) e a NBR15.575 (ABNT, 2013), publicadas pela primeira vez em 2003 e 2008, respectivamente, acerca do desempenho de edificações.

Em 2009 e 2010, foram publicados os Regulamentos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (INMETRO, 2010) e de Edificações Residenciais (INMETRO, 2012) – RTQ-C e RTQ-R, respectivamente. Neles são definidos os níveis de classificação e os procedimentos de avaliação da eficiência energética das edificações. Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL, 2020), o setor residencial foi responsável pelo consumo de aproximadamente 26,1% do total de energia elétrica utilizada no país em 2019, o qual, quando comparado aos demais setores, apresentou a maior expansão de +3,5%, sendo a demanda para climatização contribuído significativamente para este crescimento.

A medida mais econômica para reduzir o consumo de energia é adotar medidas para o seu uso eficiente, o que pode ser viabilizado tanto pela incorporação de estratégias projetuais que promovam a melhor adequação da edificação ao clima local, com o aproveitamento dos recursos naturais para climatização e iluminação, quanto pela conscientização dos consumidores para evitar desperdício de energia. Sendo o Brasil um

país de clima predominantemente tropical, a demanda por resfriamento se impõe, mas os custos da climatização artificial são incompatíveis com a renda da maioria da sua população. Portanto, o projeto das habitações de interesse social (HIS) deveria priorizar uma implantação criteriosa para melhor aproveitamento dos ventos e da luz natural, minimizando os ganhos solares excessivos a partir do sombreamento das aberturas e da especificação de materiais construtivos com propriedades térmicas adequadas, estratégias que impactam positivamente no desempenho térmico da edificação, conforme já comprovado por diversos estudos, a exemplo de Sorgato; Melo; Lamberts (2016) e Jankovic; Goulart; Pedrini (2019).

No entanto, a produção habitacional brasileira tem um longo caminho a trilhar em busca de aperfeiçoamento da qualidade. Triana, Lamberts e Sassi (2015) caracterizaram tipologias representativas de habitação de interesse social brasileiras e seu desempenho energético. Os autores identificaram o baixo desempenho termoenergético com relação ao RTQ-R, verificando o não atendimento a pré-requisitos relativos às propriedades termofísicas da cobertura, de áreas de ventilação e iluminação nas janelas, constatando também, com frequência, a ausência de sombreamento. Esse cenário revela a urgência de se produzir unidades habitacionais que apresentem um nível melhor de eficiência energética, a fim de minimizar o consumo e proporcionar economia de energia ao longo da vida útil da habitação, fato relevante ao se considerar as limitações de renda familiar do público atendido pelos programas federais de financiamento de moradia.

Diante da necessidade emergente de desenvolvimento sustentável, busca-se o uso mais consciente dos recursos naturais e de novas tecnologias capazes de garantir a qualidade de vida das futuras gerações. Nessa esteira, maneiras de compreender e de fazer a arquitetura e as cidades do século XXI buscam sublinhar a preservação do meio ambiente como elemento dessa construção. Criam-se, deste modo, parâmetros tecnológicos e construtivos na arquitetura, com o auxílio de normas, regulamentos e certificações de cunho energético e ambiental, que atuam como importante ferramenta do setor energético em muitos países (MORISHITA, 2011).

A publicação de normativas nacionais denota importante avanço na melhoria da qualidade ambiental das edificações construídas no país. No entanto, as diferentes abordagens ainda demonstram fragilidade e imprecisão nas avaliações, quando comparadas entre si. Diversos estudos apontam para a existência de divergências nos resultados das classificações obtidas por diferentes métodos de avaliação para uma mesma edificação.

Batista et al. (2013), em estudo comparativo dos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR15.575, encontraram divergências nas classificações dos ambientes de uma edificação multifamiliar do PMCMV localizada na cidade de Maceió/AL, inserida na ZB8. Enquanto os ambientes foram classificados como níveis “Intermediário” ou “Superior” por meio da avaliação da NBR 15.575, os mesmos obtiveram nível “E” na avaliação pelo RTQ-R.

Silva e Ghisi (2014) realizaram análise comparativa dos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15.575 aplicados a uma edificação unifamiliar de interesse social inserida no clima de Florianópolis, SC. Os resultados encontrados apontaram divergências na classificação tanto no período do inverno, como no período do verão. São apontados casos em que no verão é atingido o nível “E” por meio do RTQ-R, enquanto a edificação atinge nível “Intermediário” pela NBR 15.575. No inverno, a edificação atinge nível “B” pelo RTQ-R e não atende aos requisitos mínimos da NBR 15.575. De acordo com os autores, essas discordâncias se dão devido à NBR 15.575 ser mais exigente para o inverno, enquanto o RTQ-R é mais exigente para graus-hora de resfriamento (GHR).

Dias, Pedrini e Calado (2019) avaliaram o desempenho térmico de um ambiente em edifício residencial unifamiliar térreo, em Natal/RN, aplicando o modelo de conforto adaptativo e métodos de simulação e prescritivo do RTQ-R. Os autores investigaram diferentes estratégias bioclimáticas recomendadas para a Zona Bioclimática 8 (ZB8). O método de classificação de eficiência energética por simulação do RTQ-R para a cidade de Natal revelou-se incompatível com o modelo adaptativo, não reconhecendo diferenças de desempenho dos modelos e classificando todos os modelos nos quais foram aplicadas as recomendações bioclimáticas e os pré-requisitos de desempenho do próprio regulamento RTQ-R no pior nível de eficiência (nível “E”). Diante desses resultados, os autores defendem a revisão do método de simulação do RTQ-R, principalmente quanto aos limites de classificação do nível de eficiência na ZB8 em função do parâmetro Graus-Hora de resfriamento (GHR), haja vista que se prevê a futura obrigatoriedade da norma e o impacto no rebatimento projetual provinda dessa ação.

Diante do exposto, evidencia-se a importância de estudos que possibilitem avaliar a qualidade e a adequação das edificações ao clima e contribuam para efetuar avanços nas normativas vigentes, indicando até que ponto as avaliações de desempenho térmico e eficiência energética obtidas por meio das normativas condizem com os dados reais. Partindo-se desse pressuposto, este artigo aborda a análise do desempenho térmico de edificações habitacionais do PMCMV, traçando um paralelo entre o conforto térmico do

usuário, as normas de desempenho térmico e a solução arquitetônica adotada. Assim, o objetivo consiste em avaliar o desempenho térmico de uma habitação de interesse social multifamiliar do Programa Minha Casa Minha Vida, localizada na cidade de Maceió/AL, confrontando as abordagens de avaliação de desempenho térmico propostas pela NBR 15.575-1 e pelo RTQ-R, e a avaliação de conforto segundo o modelo adaptativo adotado pela ASHRAE Standard 55 (2017).

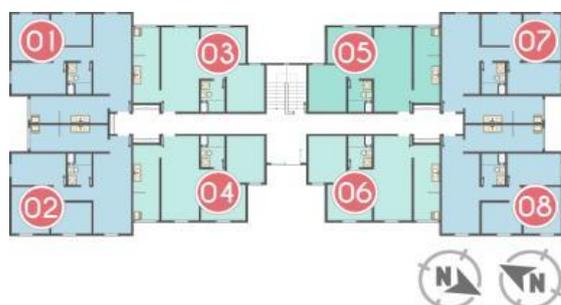
## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método deste trabalho está dividido em cinco etapas: 1) Definição e caracterização do objeto de estudo; 2) Monitoramento da temperatura do ar; 3) Avaliação do desempenho térmico segundo a NBR 15575; 4) Classificação do nível de eficiência energética segundo o RTQ-R; 5) Avaliação das condições de conforto térmico conforme a ASHRAE Standard 55 (2017).

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo consistiu em condomínios residenciais multifamiliares do PMCMV localizados no bairro do Benedito Bentes, em Maceió/AL. Trata-se de quatro condomínios compostos por blocos de apartamentos que apresentam configurações espaciais idênticas, sob duas implantações, sendo as maiores fachadas de cada edifício orientadas para nordeste ou sudoeste, conforme a Figura 1. A edificação possui três pavimentos (Figura 2) e oito unidades habitacionais (UHs) por pavimento, com dois ou três dormitórios, destacados na Figura 1 em verde e azul, respectivamente.

Figura 1 – Planta baixa do pavimento tipo



Fonte: Ferreira (2019).

Figura 2 – Imagem aérea do bloco de apartamento

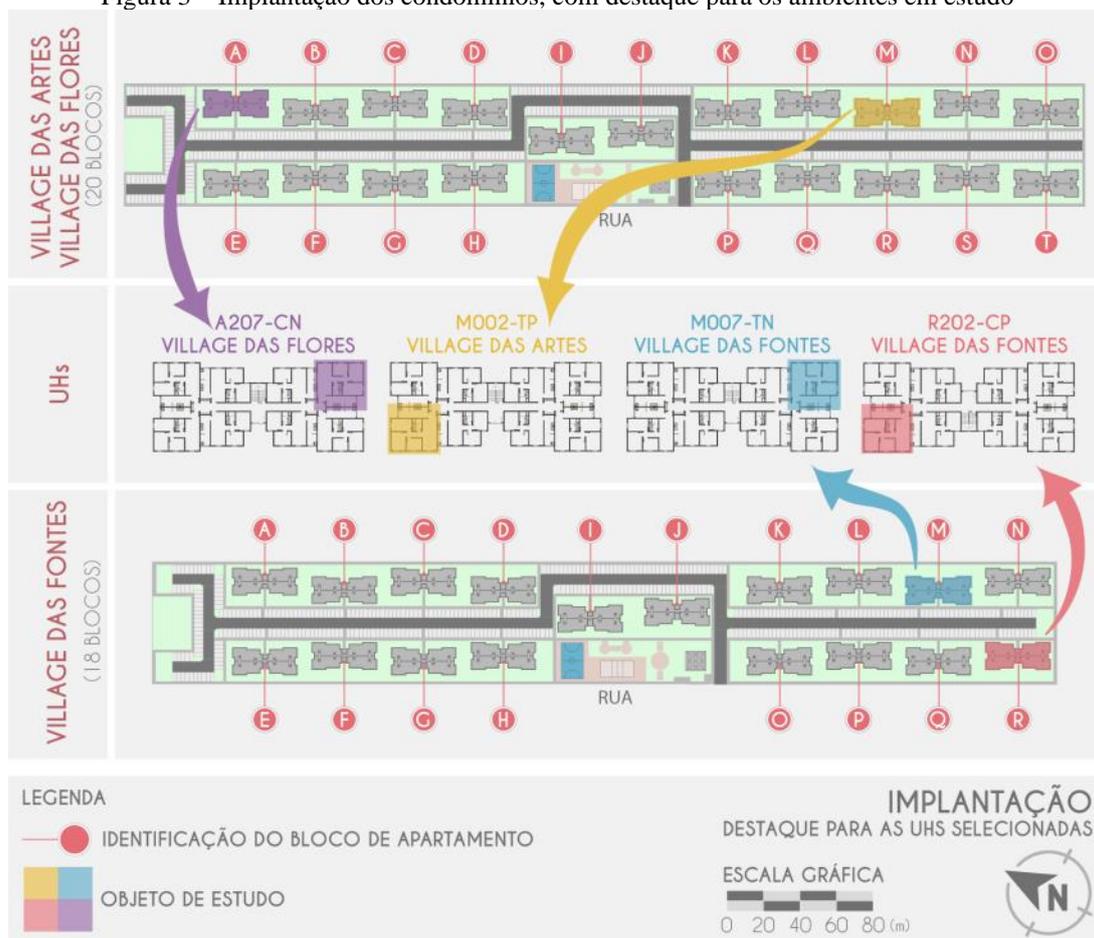


Fonte: Ferreira (2019).

A implantação dos blocos de apartamentos em duas orientações diferentes consiste no espelhamento de uma mesma planta baixa em relação ao seu eixo longitudinal

(Figura 3). O entorno dos condomínios é formado por áreas desocupadas e/ou condomínios unifamiliares, também do Programa Minha Casa Minha Vida. Dado o distanciamento entre os blocos de apartamento e o entorno de gabarito baixo os ambientes em estudo não apresentam sombreamento de outras edificações, recebendo incidência solar direta no período da manhã e/ou da tarde.

Figura 3 – Implantação dos condomínios, com destaque para os ambientes em estudo



Fonte: Ferreira (2019).

Para o estudo foram selecionadas unidades localizadas no térreo e no último pavimento, com terminações 02 e 07, em “situação desfavorável” e em “situação favorável” em relação ao aproveitamento da ventilação natural e incidência solar, respectivamente. A terminação 02 foi considerada “favorável” por estar exposta aos ventos predominantes (leste e sudeste) e à insolação no período matutino; a terminação 07 foi considerada “desfavorável” por não estar exposta a incidência de ventos predominantes e receber insolação no período vespertino. Foram selecionados, portanto, um total de 4 ambientes, conforme identificados na Figura 3. A Tabela 1 identifica os

ambientes selecionados para análise, denominados de acordo com o pavimento onde se localiza (térreo ou cobertura) e com a sua orientação solar (nascente ou poente).

Tabela 1 – Denominação dos ambientes selecionados para análise.

<b>Ambiente</b>	<b>Pavimento</b>	<b>Orientação</b>	<b>Cor</b>
<b>M002-TP</b>	Térreo (T)	Poente (P)	Amarelo
<b>M007-TN</b>	Térreo (T)	Nascente (N)	Azul
<b>R202-CP</b>	Cobertura (C)	Poente (P)	Rosa
<b>A207-CN</b>	Cobertura (C)	Nascente (N)	Roxo

Para a avaliação do desempenho térmico de edificações por meio de medição, a NBR 15.575-1 recomenda selecionar unidades habitacionais no último andar, em caso de edifícios multipiso. Sob tais condições, os ambientes internos possuem a cobertura como a maior extensão da envoltória exposta à insolação e, portanto, aos ganhos de calor. Já as unidades localizadas no pavimento térreo, além de não receberem este aporte térmico, estão sujeitas a trocas térmicas significativas com o solo. Tratam-se de condições distintas de exposição aos ganhos de calor, cujos efeitos já foram amplamente discutidos na literatura a partir de resultados de simulações computacionais (SILVA; GHISI, 2013) (SORGATO et al, 2014), justificando-se também a investigação desse comportamento a partir de medições *in loco*, a fim de observar possíveis semelhanças e diferenças entre as duas abordagens metodológicas.

Com relação às aberturas, os ambientes apresentam esquadrias com duas folhas de correr com vidro simples, sem dispositivos de proteção solar. A envoltória é composta por paredes de blocos de concreto, uma camada de argamassa externa e de gesso interna, com transmitância térmica de 2,64 W/(m<sup>2</sup>K) e capacidade térmica de 241 kJ/(m<sup>2</sup>K). A absorvância variou de 0,319 a 0,326, de acordo com a cor da fachada. A cobertura é composta por telha de fibrocimento, com transmitância térmica de 2,06 W/(m<sup>2</sup>K), capacidade térmica de 233 kJ/(m<sup>2</sup>K) e absorvância de 0,59. Os valores de transmitância foram estabelecidos de acordo com a NBR 15.220-2 (ABNT, 2005) e as absorvâncias conforme o trabalho de Dornelles (2008).

## 2.2 MONITORAMENTO AMBIENTAL

Para o monitoramento da edificação foram utilizados termo-higrômetros digitais com armazenamento de dados (datalogger), da marca Onset, modelo HOBO UX100-003, que registram e armazenam dados de temperatura do ar. Para a configuração dos

parâmetros de medição e leitura dos dados armazenados nos equipamentos, foi utilizado o *software* HOBOWare Free, transferindo-se os dados obtidos para planilhas eletrônicas para posterior análise.

Foram utilizados cinco *dataloggers*, sendo um deles instalado na parte externa e quatro em ambientes internos. Os equipamentos internos foram instalados no eixo central de uma parede interna, a uma altura de 1,20 m do piso; o *datalogger* externo foi instalado embaixo da cobertura de um bicicletário, protegido por uma garrafa PET revestida internamente com papel alumínio. Os equipamentos foram programados para fazer registros da temperatura e umidade do ar em intervalos horários.

O monitoramento foi realizado no período do verão, entre 01/11/2018 e 21/02/2018. Os ambientes foram monitorados em suas condições normais de uso. Vale ressaltar que, dentre os quatro ambientes monitorados, apenas o M002-TP permanecia com as janelas abertas a maior parte do tempo, enquanto os demais foram mantidos com as janelas fechadas.

### 2.3 DESEMPENHO TÉRMICO CONFORME A NBR 15.575 (ABNT, 2013)

A classificação do desempenho térmico de acordo com a NBR 15.575 foi obtida através do procedimento 1, que consiste na forma simplificada. Neste procedimento são estabelecidos os requisitos e os critérios para os sistemas de vedações e coberturas.

Quanto às propriedades térmicas das paredes e cobertura, são estabelecidos na norma os parâmetros indicados na Tabela para a Zona Bioclimática 8, na qual se insere a cidade de Maceió.

Tabela 2 - Parâmetros admissíveis para propriedades térmicas das paredes e cobertura.

Zona Bioclimática	Componente	Absortância solar	Transmitância térmica W/(m <sup>2</sup> K)	Nível de Desempenho
ZB8	Paredes	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	Mínimo (M)
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,3$ FV	Mínimo (M)
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,5$ FV	

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2013), adaptado pelos autores.

Com relação à ventilação natural, a NBR 15.575 estabelece áreas mínimas de abertura para ventilação de 8% da área do piso em ambientes de permanência prolongada para edificações localizadas na ZB8.

Com base nas medições, foi possível determinar o desempenho térmico dos ambientes de acordo com a temperatura do ar para o dia típico de verão. O procedimento 2 da norma, de caráter meramente informativo, estabelece três níveis de desempenho térmico: mínimo, intermediário e superior, que varia de acordo com a relação entre o valor máximo diário da temperatura do ar interior e no exterior dos ambientes para a condição de verão (Tabela ).

Tabela 3 - Critérios de avaliação de desempenho térmico para condições de verão.

Zona Bioclimática	Critério de avaliação	Nível de Desempenho
ZB8	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx}$	Mínimo (M)
	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 1^{\circ}\text{C})$	Intermediário (I)
	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^{\circ}\text{C})$	Superior (S)

$T_{i, max}$  : valor máximo da temperatura do ar no interior da edificação

$T_{e, max}$  : valor máximo da temperatura do ar no exterior da edificação

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2013), adaptado pelos autores.

O dia típico se caracteriza pelos valores de temperatura do ar externos, medidos no local, sendo recomendado trabalhar com uma sequência de três dias com características semelhantes utilizando os dados do terceiro dia para análise. De acordo com a NBR 15.575, para Maceió, o dia típico de verão se caracteriza por apresentar temperatura máxima de 32,2 °C e amplitude térmica de 8,2 °C.

#### 2.4 CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA CONFORME O RTQ-R

A classificação do nível de eficiência energética de acordo com a RTQ-R foi obtida através do método prescritivo, realizando avaliações apenas para a envoltória dos ambientes estudados. O RTQ-R estabelece pré-requisitos relacionados às propriedades térmicas (transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies), ventilação natural e iluminação natural.

Quanto às propriedades térmicas das paredes e coberturas, o RTQ-R dispõe dos mesmos critérios da NBR 15575 (Tabela ).

Com relação à ventilação natural, o RTQ-R sugere uma área efetiva de abertura para ventilação maior que a NBR 15.575, sendo necessário 10% da área do piso para

atender a este requisito. Quanto a iluminação natural, o percentual mínimo de abertura para iluminação é igual a 12% da área do piso.

Os dados obtidos através do levantamento quantitativo foram transpostos para a planilha de cálculo do desempenho da UH, disponibilizada pelo Laboratório de Eficiência Energética de Edificações (LabEEE), no site do PBE Edifica<sup>1</sup>.

## 2.5 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO CONFORME A ASHRAE STANDARD 55 (2017)

Foram realizados cálculos, de acordo com os parâmetros dispostos pela ASHRAE Standard 55 (2017), para identificar a Zona de Conforto em ambientes naturalmente ventilados. O método do conforto adaptativo foi aplicado para o cálculo da Zona de Conforto com base nas Equações 1 e 2 para a determinação dos limites superior e inferior, respectivamente, levando em consideração um nível de aceitabilidade para o conforto térmico de 80%.

$$\text{Limite superior (}^{\circ}\text{C): } t_o = 0.31 \times t_{pmo} \times 21,3 \quad \text{Eq. 1}$$

$$\text{Limite inferior (}^{\circ}\text{C): } t_o = 0.31 \times t_{pmo} \times 14,3 \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

$t_o$ : limite superior ou inferior da temperatura operativa no interior do ambiente;

$t_{pmo}$ : temperatura média prevalente no exterior.

A temperatura média prevalente no exterior ( $t_{pmo}$ ), determinada com base nos sete dias antes do dia em questão. Dessa forma, para determinar a  $t_{pmo}$  do primeiro dia do período de medição, foram levadas em consideração as medições de temperatura do ar externas nos sete dias que o antecederam, conforme Equação 3:

$$t_{pmo} = 0.34 t_{od-1} + 0.23 t_{od-2} + 0.16 t_{od-3} + 0.11 t_{od-4} + 0.08 t_{od-5} + 0.05 t_{od-6} + 0.03 t_{od-7} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

$t_{pmo}$ : temperatura média prevalente no exterior;

$t_{od-1}$ : temperatura média do dia anterior ao dia em questão;

$t_{od-2}$ : temperatura média do dia anterior ao dia anterior, e assim por diante.

<sup>1</sup> Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>. Acesso em: 19 mar. 2019.

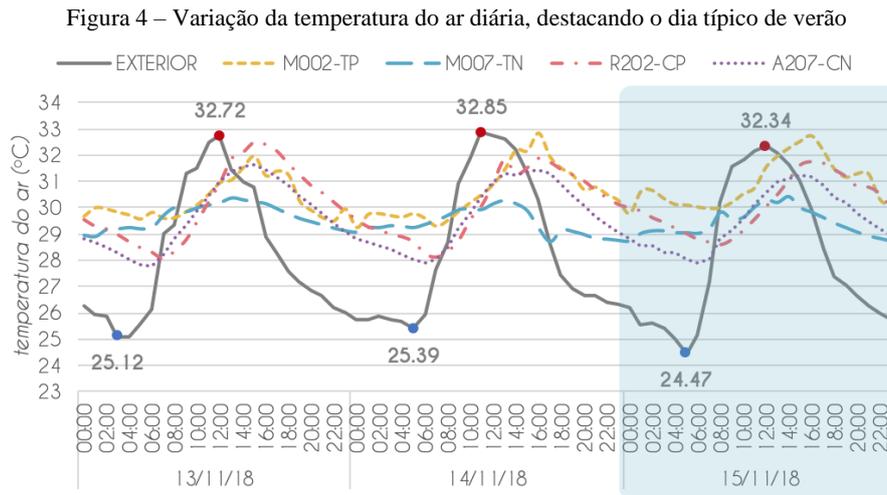
Determinando-se os limites da Zona de Conforto, foi possível quantificar o total de horas em que a temperatura do ar interna ultrapassou os limites de conforto de cada ambiente, bem como o somatório de graus que ficaram fora da faixa considerada de conforto, ou seja, a quantidade de graus-hora em desconforto. Considerando-se todo o período de monitoramento, foram calculados os percentuais de confortáveis e desconfortáveis e o grau médio de desconforto em cada ambiente, sendo este resultante da razão entre o somatório de graus-hora e a quantidade de horas em desconforto.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1 ANÁLISE DO MONITORAMENTO AMBIENTAL PARA O DIA TÍPICO DE VERÃO**

Para a escolha do dia típico foram analisadas as medições de temperatura externa registradas com armazenadores de dados do tipo Hobo no período de 01/11/2018 a 21/02/2019, levando-se em consideração os parâmetros estabelecidos pela NBR 15.575. No entanto, ao analisar os intervalos em que a temperatura externa não ultrapassou os 32,2 °C por 3 dias consecutivos, recomendado pela norma, verificou-se que estes dias não correspondem ao “padrão” de variação de temperatura diária ocorrida na maior parte do período de monitoramento e, portanto, correspondem a dias atípicos quando comparados de forma global dentro deste período.

Dessa forma, foram selecionados 3 dias nos quais o comportamento de variação da temperatura diária consiste em um padrão que se repete durante grande parte do período monitorado. No entanto, a temperatura máxima atingida ultrapassa os 32,2 °C estabelecidos pela NBR 15.575 para a cidade Maceió. O dia típico selecionado foi 15/11/2018, em destaque na Figura, apresentando temperatura máxima externa de 32,34 °C, sendo precedido por dois dias com temperaturas máximas iguais a 32,72 °C e 32,85 °C. Dessa forma, o dia típico selecionado apresenta temperatura máxima externa 0,14 °C superior em relação à recomendação da NBR 15.575.



Fonte: Ferreira (2019).

A análise do comportamento da temperatura do ar nos ambientes internos no dia típico de verão (Figura 4) indica que, dentre os quatro ambientes monitorados, os que apresentaram as temperaturas mais elevadas foram os apartamentos M002-TP e o R202-CP que, em virtude da orientação (poente), recebem insolação direta no período da tarde e não recebem incidência dos ventos predominantes para a cidade de Maceió (leste e sudeste). A diferença entre as temperaturas máximas internas no dia típico de verão foi de 0,98 °C entre os apartamentos voltados para poente e de 0,76 °C entre os apartamentos voltados para nascente.

Dentre os ambientes voltados para poente, o apartamento M002-TP apresentou as temperaturas mais elevadas durante todo o dia e noite, enquanto o apartamento R202-CP, embora tenha apresentado picos elevados de temperatura durante o dia, no período da manhã exibiu uma redução na temperatura, alcançando valores mais baixos que o apartamento M002-TP e maior amplitude térmica.

Com relação aos apartamentos voltados para nascente, o apartamento M007-TN apresentou a menor amplitude térmica diária. Já o apartamento A207-CN apresentou picos de temperatura mais elevados que o apartamento M007-TN, devido à exposição da cobertura à insolação. Durante a noite, o ambiente M007-TN atingiu as temperaturas mais baixas quando comparado aos demais.

A Tabela indica os dados de temperatura do ar, amplitude, amortecimento e atraso térmicos, por ambiente, no dia típico de verão, apontando para o apartamento M002-TP com as piores condições térmicas e o apartamento M007-TN com as melhores condições. É possível perceber, portanto, que o ambiente M002-TP apresentou as piores condições

de temperatura neste dia, com temperatura máxima interna mais elevada que a externa. Por outro lado, o apartamento M007-TN apresentou as melhores condições de temperatura e o maior amortecimento térmico, no entanto exibe também o menor atraso térmico. Ambos os apartamentos, localizados no térreo, apresentaram maior isolamento em relação ao ambiente externo por possuírem contato com o exterior apenas através das paredes, enquanto o piso mantém contato direto com o solo, com inércia térmica significativa. No entanto, os ganhos de calor no apartamento M002-TP, que permanece com as janelas abertas a maior parte do tempo, foram elevados durante todo o dia. Já no apartamento M007-TN, as janelas permanecem fechadas a maior parte do tempo e, diante do isolamento da unidade, os ganhos e as perdas de calor foram menores. Além disso, nesta unidade, os maiores ganhos de calor ocorreram pela manhã, quando há incidência solar direta, o que explica o fato desta unidade atingir o pico máximo de temperatura do ar antes das outras unidades monitoradas.

Tabela 4 - Dados do monitoramento térmico no dia típico de verão (15/11/2018), por ambiente.

Ambientes	Temperatura do ar (°C)			Amplitude Térmica (°C)	Amortecimento o Térmico (°C)	Atraso Térmico (horas)
	Mín.	Máx.	Méd.			
EXTERIOR	24,47	32,34	28,12	7,87	-	-
M002-TP	<b>29,80</b>	<b>32,75</b>	<b>30,94</b>	2,95	<b>0,41</b>	<b>4</b>
M007-TN	28,72	<b>30,45</b>	<b>29,42</b>	<b>1,73</b>	<b>- 1,89</b>	<b>2</b>
R202-CP	28,62	31,77	30,12	3,15	- 0,56	<b>4</b>
A207-CN	<b>27,91</b>	31,21	29,51	<b>3,31</b>	- 1,13	3

### 3.2 AVALIAÇÃO DE ACORDO COM A NBR 15575 E O RTQ-R

Nas avaliações da NBR 15.575 e do RTQ-R são levados em consideração critérios de propriedades térmicas e ventilação natural. Com relação às propriedades térmicas, são dispostos parâmetros de absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica, cujas exigências são as mesmas em ambas as metodologias de avaliação. Dessa forma, em ambos os casos, as paredes atenderam aos critérios estabelecidos. No entanto, a cobertura não foi considerada adequada para a ZB8.

Com relação a ventilação natural, enquanto a NBR 15.575 estabelece que a área efetiva de abertura para ventilação deve ser de, no mínimo, 8% da área do piso, o RTQ-R apresenta uma exigência maior, sendo necessário, no mínimo, 10% da área do piso. Os ambientes apresentaram área efetiva de abertura para ventilação igual a 6% da área do piso e, portanto, não atenderam a este requisito em ambas as avaliações.

O RTQ-R estabelece ainda como pré-requisito o percentual de iluminação natural, calculado em função da área do piso. Para tanto, a área efetiva de abertura para iluminação deve ser de, no mínimo, 12,5% da área do piso. Os ambientes apresentaram área efetiva de abertura para iluminação igual a 11,53% da área do piso e, portanto, não atenderam a este requisito em ambas as avaliações.

A NBR 15.575 dispõe de parâmetros para avaliação do desempenho da temperatura do ar no dia típico de verão. De acordo com os procedimentos definidos pela norma, os ambientes internos analisados apresentaram diferentes classificações de desempenho térmico, dos quais dois ambientes foram classificados como intermediário (M007-TN e A207-CN), um ambiente classificado como mínimo (R202-CP) e um ambiente não obedeceu ao critério estabelecido pela norma (M002-TP), conforme indica Tabela .

Tabela 5 - Classificação do nível de desempenho dos ambientes no dia típico de verão.

Ambiente	Temperatura máxima (°C)	Diferença em relação à temperatura externa (°C)	Nível de Desempenho (NBR 15575)
EXTERIOR	32,34	-	-
M002-TP	32,75	+ 0,41	Inferior
M007-TN	30,45	- 1,89	Intermediário
R202-CP	31,77	- 0,56	Mínimo
A207-CN	31,21	- 1,13	Intermediário

As Tabela e Tabela a apresentam a síntese dos resultados das avaliações realizadas segundo os procedimentos da NBR 15.575-1 (simplificado e medições) e do RTQ-R (prescritivo). Os resultados apresentados restringem-se aos dormitórios monitorados, localizados no pavimento térreo e último pavimento.

Tabela 6 - Síntese dos resultados da classificação do nível de desempenho térmico por ambiente.

Ambiente	Cobertura	Paredes	Aberturas para ventilação	Temperatura no dia típico de verão
M002-TP	-	Mínimo	Inferior	Inferior
M007-TN	-	Mínimo	Inferior	Intermediário
R202-CP	Inferior	Mínimo	Inferior	Mínimo
A207-CN	Inferior	Mínimo	Inferior	Intermediário

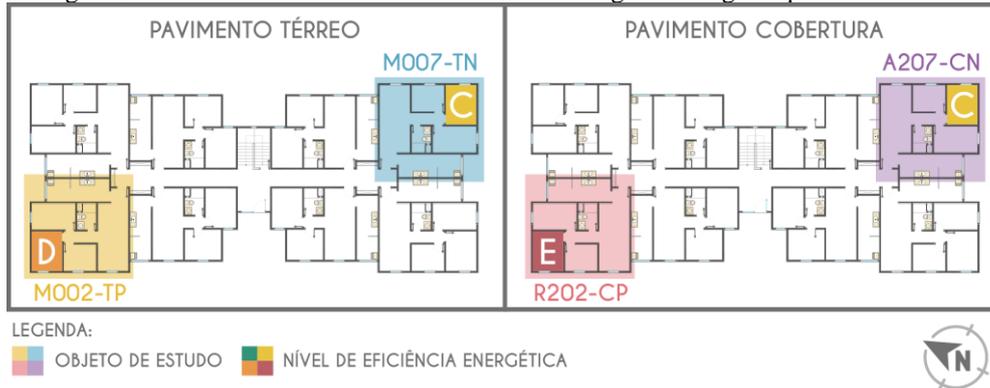
Tabela 7 - Síntese do atendimento aos pré-requisitos da envoltória.

Ambiente	Cobertura	Paredes	Aberturas para ventilação	Aberturas para iluminação
M002-TP	-	Sim	Não	Não
M007-TN	-	Sim	Não	Não
R202-CP	Não	Sim	Não	Não
A207-CN	Não	Sim	Não	Não

Para a obtenção da classificação da UH pelo método prescritivo do RTQ-R, utilizou-se a planilha de cálculo do desempenho da UH, desenvolvida pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética de Edificações (CB3E), para auxiliar o processo de classificação das unidades habitacionais autônomas pelo método prescritivo. Nela, é possível avaliar o desempenho dos ambientes de acordo com os pré-requisitos, bonificações e sistema de aquecimento de água, para a determinação da pontuação total da edificação (PBE EDIFICA, 2017).

Com base nos dados inseridos na planilha, os ambientes voltados para nascente (M007-TN e A207-CN, destacados em azul e roxo, respectivamente) obtiveram os melhores resultados para Resfriamento, alcançando nível “C”. O ambiente R202-CP (destacado em rosa), localizado na cobertura e voltado para poente, apresentou o pior resultado, alcançando nível “E” para Resfriamento. Já o ambiente M002-TP (destacado em amarelo), localizado no térreo e voltado para poente, alcançou nível “D” para Resfriamento. As classificações obtidas pelos ambientes denotam uma forte interferência da orientação do ambiente e do pavimento no qual se localiza a unidade habitacional. As unidades voltadas para leste (M007-TN e A207-CN) obtiveram melhor classificação que as unidades voltadas para oeste (M002-TP e R202-CP). Foram percebidas diferenças na classificação em função do contato com o solo e com a cobertura: o ambiente R202-CP foi classificado como nível “E”, enquanto o ambiente M002-TP foi classificado como nível “D”. Os níveis atingidos pelas unidades habitacionais podem ser verificados na Figura .

Figura 5 – Planta baixa com níveis de eficiência energética atingidos pelos ambientes.



A Tabela 8 sintetiza a quantidade de horas em que a temperatura interna ultrapassou o limite superior da Zona de Conforto, bem como o resultado da quantidade de graus-hora e grau médio.

O ambiente que apresentou o menor percentual de horas em desconforto no período monitorado foi o M007-TN, localizado no térreo e voltado para nascente, além de apresentar o menor resultado de graus-hora e grau médio, indicando que este foi o ambiente no qual houve menos horas em desconforto e os menores valores em graus excedentes dos limites da Zona de Conforto. Já o ambiente M002-TP, também localizado no térreo, porém voltado para o poente, obteve o maior somatório de graus-hora, 1), bem como o maior percentual de horas em desconforto. No entanto, o ambiente R202-CP apresentou o maior valor de grau médio, com uma diferença de 0,18 °C em relação ao M002-TP, o que indica a ocorrência de temperaturas excedentes mais elevadas, porém em uma menor quantidade horas.

Tabela 8 - Síntese da situação dos ambientes em relação aos limites da Zona de Conforto.

Zona Bioclimática	Horas em conforto	Horas em desconforto	Graus-hora (°C.h)	Graus médio (°C)
M002-TP	1154 (42,55%)	1558 (57,45%)	1468,88	0,94
M007-TN	1879 (69,28%)	833 (30,72%)	406,97	0,49
R202-CP	1531 (56,45%)	1181 (43,55%)	1323,52	1,12
A207-CN	1694 (62,46%)	1018 (37,54%)	883,18	0,87

### 3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS AVALIAÇÕES

Os resultados das avaliações de desempenho térmico, pelo método simplificado da NBR 15575, e de eficiência energética, pelo método prescritivo do RTQ-R, podem não refletir o nível de conforto dos usuários, posto que ambas desconsideram

particularidades de uso dos ambientes em suas avaliações. Salienta-se que as avaliações, em ambas as normas, apresentaram mesmo nível classificatório para edificações com diferentes percentuais de horas em desconforto, à exemplo das unidades voltadas para nascente: M007-TN e A207-CN, que apresentaram 30,72% e 37,54% de horas em desconforto, respectivamente. Além disso, também foram apresentadas divergências nas avaliações do RTQ-R das unidades voltadas para o poente: a unidade M002-TP no térreo, com 57,45% de horas em desconforto, alcançou nível “D”, enquanto a unidade R202-CP na cobertura, com 43,55% das horas em desconforto, alcançou nível “E”. Portanto, as medições de temperatura apontaram para M002-TP como a unidade com maior percentual de horas em desconforto, apresentando uma diferença de quase 14% quando comparada à unidade R202-CP.

Nos resultados das avaliações da envoltória dos ambientes pelo RTQ-R, observou-se que o melhor desempenho para a situação de verão tende a ser, como era esperado, em UHs com orientação favorável ao resfriamento, voltadas para nascente, onde há incidência solar no período da manhã. As UHs térreas também apresentaram melhor desempenho em relação às UHs na cobertura. Esse comportamento poderia ser explicado em função do contato direto com o solo, posto que “as edificações perdem calor através das suas lajes de piso que estão em contato com o solo. Isso acontece por que o solo costuma ser mais frio do que o ar dos interiores” (CHING; SHAPIRO, 2017, p. 111). Além disso, essas unidades não apresentam ganho de calor pela cobertura, o que auxilia na conservação de temperaturas mais amenas no interior da edificação. No entanto, estes comportamentos não foram confirmados pelas medições no dia típico de verão, que indicou o apartamento M002-TP, no térreo, com as piores condições de temperatura do ar.

A NBR 15.575 estabelece, ainda, parâmetros de medições de temperatura, cujos resultados da avaliação são de caráter meramente informativo. Nesta avaliação, para o dia típico de verão, as unidades M007-TN, R202-CP e A207-CN atenderam aos critérios, apresentando temperatura máxima interna menor que a externa. No entanto, o ambiente M002-TP apresentou temperatura máxima interna mais alta que a externa, não atendendo, portanto, aos critérios de desempenho estabelecidos para classificar o ambiente com nível Mínimo.

Dessa forma, percebe-se que o ambiente R202-CP, embora não tenha atendido aos requisitos de propriedades térmicas da cobertura, apresentou resultado melhor que o

ambiente M002-TP, sendo ambos voltados para poente, porém localizados em pavimentos diferentes.

Ou seja, tanto a avaliação simplificada da NBR 15575, quanto o método prescritivo do RTQ-R, embora coerentes entre si, apresentaram divergências quando comparados aos dados do monitoramento *in loco*. Uma questão que contribui para esse resultado é o fato de ambas as avaliações desconsiderarem as condições de uso dos ambientes. O M002-TP é o único ambiente, dentre os estudados, que permanece com as janelas abertas a maior parte do tempo, sem proteção contra incidência solar (como cortina, presente nos demais ambientes) e, por ser voltado para poente, apresenta maior ganho de calor pelas paredes e abertura. Ao compará-lo com o apartamento R202-CP, apresenta uma área menor para perda de calor, já que este último tem contato com o ambiente externo também pela cobertura.

Por fim, quanto à avaliação de conforto segundo a ASHRAE Standard 55 demonstrou que as avaliações de desempenho térmico, pelo método simplificado da NBR 15.575, e de eficiência energética, pelo método prescritivo do RTQ-R, podem não refletir o nível de conforto dos usuários, posto que ambas desconsideraram particularidades de uso dos ambientes em suas avaliações. Salienta-se que as avaliações, em ambas as normas, apresentaram mesmo nível classificatório para edificações com diferentes percentuais de horas em desconforto, à exemplo das unidades voltadas para nascente: M007-TN e A207-CN, que apresentaram 30,72% e 37,54% de horas em desconforto, respectivamente. Além disso, também foram apresentadas divergências nas avaliações do RTQ-R das unidades voltadas para poente: a unidade M002-TP no térreo, com 57,45% de horas em desconforto, alcançou nível “D”, enquanto a unidade R202-CP na cobertura, com 43,55% das horas em desconforto, alcançou nível “E”. Portanto, as medições de temperatura apontaram para M002-TP como a unidade com maior percentual de horas em desconforto, apresentando uma diferença de quase 14% quando comparada à unidade R202-CP.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados apresentados mostram a influência da orientação, do pavimento onde a UH se localiza e das condições de uso do ambiente no seu desempenho térmico. No entanto, são evidenciadas divergências existentes nos resultados das avaliações. Embora o ambiente R202-CP tenha obtido a pior classificação de eficiência energética, os dados do monitoramento indicam o ambiente M002-TP com as piores condições de temperatura. Esta condição pode ser explicada pelo padrão de uso de cada uma das

unidades: no térreo foram identificadas as maiores temperaturas e, diferentemente das demais unidades, este foi o único ambiente no qual as janelas permaneciam abertas a maior parte do tempo, sem a proteção de cortinas, resultando em maiores ganhos de calor devido à insolação direta no interior do ambiente e menor área para perda de calor que a cobertura.

Com relação à ventilação, vale ressaltar que ambas referências técnicas (NBR 15.575 e RTQ-R) apontam requisitos de ventilação natural iguais para todos os ambientes, independente da sua orientação quanto à exposição aos ventos dominantes. No RTQ-R, embora também não seja mencionada a orientação das aberturas como pré-requisito, esta condição é levada em consideração no preenchimento da planilha da envoltória, posto que são indicadas áreas de paredes e aberturas de acordo com a orientação, interferindo diretamente no nível de eficiência energética dos ambientes, assim como a orientação das paredes. No entanto, embora os requisitos das normas sejam diferentes entre si, ambos são insuficientes para garantir um bom aproveitamento da ventilação natural, posto que diversos aspectos interferem nesta questão, como: tamanho das aberturas, direção e velocidade dos ventos e tipologia das esquadrias.

Ficou evidente, portanto, a influência do pavimento e da orientação dos ambientes nas avaliações do RTQ-R e da NBR 15.575. No entanto, ao desconsiderar características relevantes das aberturas para um bom aproveitamento da ventilação e os diferentes padrões de uso dos ambientes, ambas as referências avaliativas apresentaram divergências quando comparados os resultados destas avaliações com as medições *in loco*.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BATISTA, J. O.; PEIXOTO, I. M. L.; CAVALCANTE, K. H. L.; LIMA, I. M. de. Desempenho térmico de habitação multifamiliar do programa minha casa minha vida em Maceió – AL. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 15., 2014, Maceió. Anais... Maceió: ANTAC, p. 409–418, 2013.

BRASIL. Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2001]. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/LEIS\\_2001/L10295.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10295.htm)>. Acesso em: 14 set. 2018.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2020: Ano base 2019. Rio de Janeiro: EPE, 2020. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020\\_sp.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf). Acesso em: 14 dez. 2020.

CEF. Minha Casa Minha Vida - Habitação Urbana. 2020a. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 14 dez. 2020.

CEF. Minha Casa Minha Vida - Habitação Urbana. 2020b. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/casa-verde-e-amarela/urbana/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 14 dez. 2020.

CEF. Cartilha do Programa Minha Casa Minha Vida - Fase 2. Disponível em: <[https://teiasocial.mpf.gov.br/images/5/5c/Cartilha\\_-\\_Minha\\_casa,\\_Minha\\_vida.pdf](https://teiasocial.mpf.gov.br/images/5/5c/Cartilha_-_Minha_casa,_Minha_vida.pdf)>. Acesso em: 1 out. 2018.

CHING, F. D. K.; SHAPIRO, I. M. Edificações sustentáveis ilustradas. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

DIAS, A. R. D.; PEDRINI, A.; CALADO, B. F. Desempenho térmico da envoltória de edifícios na zona bioclimática 08: comparação entre os métodos de simulação e prescritivo do RTQ-R e o modelo de conforto adaptativo. Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 11, p. 25356-25370, nov. 2019.

DORNELLES, K. A. Absortância solar de superfícies opacas: Métodos de determinação e base de dados para tintas acrílica e PVA. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

FERREIRA, J. S. W. Produzir casas ou construir cidades? Desafios para um novo Brasil urbano. 1. ed. São Paulo: FUPAM, 2012.

INMETRO. Anexo da Portaria n. 372/2010 Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Rio de Janeiro: INMETRO, 2010.

INMETRO. Anexo da Portaria n. 018/2012: Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Rio de Janeiro: INMETRO, 2012.

JANKOVIC, M. de M. G. da S.; GOULART, S. V. G.; PEDRINI, A. Otimização do desempenho térmico de fechamentos verticais durante o processo de projeto de habitação de baixo impacto ambiental em clima quente e úmido. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 8, p. 11955-11969, ago. 2019.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. 3. ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

MORISHITA, C. Impacto do regulamento para eficiência energética em edificações no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

PBE EDIFICA. Planilha de análise da envoltória e dos pré-requisitos dos ambientes. Disponível em: <[http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/2017-06-27-Planilha\\_uh\\_completa.xlsm](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/2017-06-27-Planilha_uh_completa.xlsm)>. Acesso em: 3 set. 2018.

SILVA, A. S.; GHISI, E. Análise de sensibilidade global dos parâmetros termofísicos de uma edificação residencial de acordo com o método de simulação do RTQ-R. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 135-148, jul./set. 2013.

SILVA, A. S.; GHISI, E. Análise comparativa dos resultados do desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15575-1. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 215-230, 2014.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; MARINOSKI, D.; LAMBERTS, R. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.14, n. 4, p. 83-101, out./dez. 2014.

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.

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Characterisation of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its energy performance. *Energy Policy*, n. 87, p. 524-541, 2015.