



**XIENCAC**  
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

**VII ELACAC**  
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

## **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE RESULTADOS DE DESEMPENHO TÉRMICO DE ENVOLTÓRIAS DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL GERADOS POR DIFERENTES NORMAS BRASILEIRAS**

**Rejane Magiag Loura (1); Eleonora Sad de Assis (2), Leopoldo E. G. Bastos (3)**

- (1) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, magiagloura@yahoo.com  
(2) Dra., Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, eleonorasad@yahoo.com.br  
(3) Dr., Professor Titular da Universidade Federal do Rio de Janeiro, PROARQ-FAU/UFRJ  
leopoldobastos@gmail.com

Universidade Federal de Minas Gerais, Dep. Engenharia Nuclear, Av. Antônio Carlos, 6627 Campus UFMG, PCA 1 – Anexo Engenharia, Pampulha – Belo Horizonte – MG. CEP: 31.270-900, Tel.: (31) 3409 6666

### **RESUMO**

A preocupação com o desempenho das edificações residenciais tem se intensificado no Brasil. Em 2010, houve dois marcos importantes relativos a essa questão. O primeiro foi a NBR 15.575:2008 que se tornou obrigatória, não teve aceitação do mercado e meses depois foi submetida a revisão. O outro foi o lançamento do RTQ-R pelo PROCEL. Embora tenham objetivos e abrangências distintas, esses dois instrumentos são claros sinais da busca por melhoria da qualidade nas habitações, especialmente no que se refere ao desempenho térmico. Diante deste contexto, esse artigo tem como objetivo realizar análise comparativa desses dois instrumentos para obter direcionamentos que possam contribuir com as discussões relativas à revisão da norma e também aprimoramentos futuros do regulamento. Para isso, fez-se a classificação de uma edificação multifamiliar, localizada na cidade do Rio de Janeiro, zona bioclimática 8, a partir do método prescritivo do RTQ-R e do método normativo simplificado da NBR 15.575:2008. Após as classificações, foram comparados os resultados de cada instrumento sendo possível identificar e analisar as principais divergências entre eles. Verificou-se que é necessário promover maior coerência entre os resultados das avaliações de desempenho térmico feitas a partir desses instrumentos.

Palavras-chave: desempenho térmico residencial, NBR 15.575, etiquetagem PROCEL.

### **ABSTRACT**

Concerns about buildings performance have recently increased in Brazil. In 2010 two important benchmarks about residential buildings were launched. The first one was the NBR 15.575:2008. Although becoming mandatory it had no acceptance by the real state sector. So, few months later it was going to further review. The other one was the publication of the PROCEL RTQ-R for housing. These two standards have different objectives and scope but they are important evidence about the process of improving housing quality in Brazil, especially regarding to its thermal performance. In this context, this paper aims to make a comparison between the results from these tools. It may contribute to the standard reviewing process and to the future improving of RTQ-R. A multifamily building in the city of Rio de Janeiro, Brazil, national bioclimatic zone 8, was used for doing the rates, applying the RTQ-R prescriptive method and NBR 15.575/2008 simplified procedure. After that, the results were compared and we were able to identify and analyze the main differences between these tools. The conclusions showed that is very important to provide greater integration and more consistency between these rating tools.

Keywords: housing thermal performance, NBR 15.575, PROCEL labelling.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil vive atualmente um momento econômico que tem reflexos diretos sobre o mercado da construção civil. Nas duas últimas décadas o país superou a hiperinflação, e experimenta hoje um novo patamar para a taxa básica de juros. O setor da construção civil, principalmente os segmentos voltados para habitação, tem grande dependência de financiamentos, por isso a atual situação macroeconômica brasileira e os cenários previstos apontam para um grande crescimento desse setor.

O contexto e as expectativas futuras são bastante favoráveis: mesmo os cenários mais conservadores apostam na eliminação do déficit habitacional por inadequação, o que ocorreria em 2030 (FGV e ERNST YOUNG, 2008). Além disso, tem-se observado uma crescente preocupação com a qualidade das edificações produzidas no país, em especial, das unidades habitacionais. Um exemplo claro foi o desenvolvimento da NBR 15.575:2008 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: desempenho. Essa norma é a primeira norma brasileira que permite avaliar o desempenho das edificações a partir de diferentes critérios. A adoção da NBR 15.575:2008 tornou-se obrigatória em maio de 2010. Porém, diante de fortes reações do mercado da construção civil contrárias a norma, a mesma está sob revisão desde setembro de 2010 e voltará a vigorar a partir de março 2012.

Ainda em 2010, o Brasil presenciou o lançamento de outro instrumento destinado ao desempenho das edificações residenciais: o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R (INMETRO, 2010). Enquanto a NBR 15.575:2008 (ABNT, 2008) trata do desempenho sobre diversos aspectos, como por exemplo: estanqueidade, durabilidade, segurança, entre outros, o RTQ-R visa criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações residenciais. Outra distinção entre eles está relacionada à obrigatoriedade de adoção. De acordo com o Código de Defesa do Consumidor (BRASIL, 1990), toda norma técnica deve ser seguida por aquele que está oferecendo um produto ou serviço. Já o RTQ-R tem, atualmente, adoção voluntária. Apesar dessas diferenças, esses dois instrumentos têm uma interface importante no que se refere ao desempenho térmico dos sistemas de vedação, ou seja, a envoltória da edificação. Como são dois instrumentos de avaliação de desempenho, relacionados ao quão satisfatório é o desempenho térmico das envoltórias dos edifícios residenciais, faz-se necessário avaliar se as respostas dadas por eles são coerentes para um mesmo caso. Tal análise comparativa é relevante, especialmente porque neste momento a NBR 15.575:2008 passa por uma revisão e o RTQ-R está em fase inicial de implementação.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar uma análise comparativa a partir dos resultados obtidos pelo método prescritivo do RTQ-R para avaliação da envoltória frente àqueles obtidos pelo método simplificado normativo da NBR 15.575:2008, com o intuito de verificar a coerência desses resultados quanto ao desempenho térmico de vedações verticais externas e das coberturas de um caso de estudo situado na cidade do Rio de Janeiro, zona bioclimática 8 (ZB8).

## 3. MÉTODO

A metodologia para realização do trabalho é composta por dois procedimentos principais: o método prescritivo de avaliação de envoltórias do RTQ-R e o método simplificado normativo de avaliação de vedações externas e sistemas de cobertura da NBR 15.575:2008.

### 3.1. Descrição do estudo de caso

Adotou-se para desenvolvimento desse trabalho uma edificação multifamiliar hipotética localizada no bairro da Taquara, zona oeste da cidade do Rio de Janeiro, RJ. A definição dessa edificação foi feita com base na legislação urbana local vigente, na NBR 12721:2006 (ABNT, 2006) e nos produtos de mesma categoria oferecidos pelo mercado imobiliário carioca. A edificação é composta por:

- *Garagem*: escada, elevadores, vagas cobertas de garagem, cômodo de lixo, depósito e instalação sanitária.
- *Pilotis*: escada, elevadores, *hall* de entrada, salão de festas, copa, 2 banheiros, central de gás e guarita.
- *Pavimento-tipo*: *hall* de circulação, escada, elevadores e quatro apartamentos por andar, com três dormitórios, sendo uma suíte, sala estar/jantar, banheiro social, cozinha, área de serviço e varanda.

Através de um levantamento sobre os imóveis residenciais multifamiliares com três dormitórios lançados na área de interesse entre 2008 e o primeiro semestre de 2010, foi possível conhecer o perfil dos produtos oferecidos pelo mercado. Foram identificados quais eram os compartimentos presentes na maioria

das unidades, suas respectivas áreas, além os materiais empregados. A partir dessa amostra, foram obtidos os valores médios dos ambientes de uma unidade habitacional típica, como mostrado na figura 1 e na tabela 1.



Figura 1 – Planta baixa do apartamento tipo do estudo de caso. Fonte: elaboração própria com base em pesquisa de mercado e na legislação construtiva da cidade do Rio de Janeiro.

Os componentes da envoltória do caso de estudo estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 – Características dos materiais utilizados na envoltória da edificação do estudo de caso

Composição	Transmitância térmica [W/(m².K)] (U)	Capacidade térmica [kJ/(m².K)] (CT)	Absortância
Parede: Tijolo cerâmico 6 furos quadrados (9x14x19cm), assentados na menor dimensão; argamassa de assentamento 1cm; e argamassa de emboço 2,5 cm de cada lado. Espessura final da parede 14 cm.	2,48	159	0,15
Esquadrias: alumínio anodizado cor natural, padronizado, perfis linha 25, com vidro liso/fantasia 6 mm. Veneziana externa de enrolar em alumínio com pintura eletrostática.	5,84	-	-
Cobertura: Telha de fibrocimento (0,7cm), lâmina de alumínio polido e laje de concreto (20cm).	1,06	451	0,70

### 3.2. Procedimentos de avaliação

#### 3.2.1 RTQ-R

Como foi já citado, esse regulamento está em fase de adoção voluntária no país. Espera-se que este seja um recurso para diferenciação de mercado dos empreendimentos etiquetados neste primeiro momento. Assim, supõe-se que possa apresentar um grau de exigência mais elevado que o da NBR 15.575:2008, pois esta pretendia atingir todo o mercado de uma só vez. A seguir serão apresentados todos os pré-requisitos para edificações que almejam alcançar a etiqueta com nível A (mais eficiente) de desempenho.

A tabela 2 sintetiza as exigências relativas às características termo-físicas das vedações externa e coberturas e a tabela 3 apresenta os demais pré-requisitos relacionados à envoltória da edificação.

Após a avaliação dos pré-requisitos é necessário realizar o procedimento para determinação da eficiência da envoltória em edificações naturalmente ventiladas (condicionamento natural do ar ambiente). O primeiro passo é o cálculo do indicador de graus-horas para resfriamento (GHR) para cada ambiente, utilizando a equação 1 desenvolvida para a ZB8 (INMETRO, 2010).

Tabela 2 – Pré-requisitos termo-físicos RTQ-R – ZB8

Componente	Absortância	Transmitância térmica [W/(m².K)]	Capacidade Térmica [kJ/(m².K)]
Parede	$A \leq 0,6$	$U \leq 3,7$	Sem exigência
Parede	$A > 0,6$	$U \leq 2,5$	
Cobertura*	$A \leq 0,4$	$U \leq 2,3$	
Cobertura*	$A > 0,4$	$U \leq 1,5$	

\* São aceitas coberturas com transmitâncias térmicas acima desses valores se forem atendidas exigências relativas a ventilação do ático.

Tabela 3 – Demais pré-requisitos da envoltória – ZB8

	Pré-requisitos	Critério
1	Percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação	$A \geq 10$ , sendo $A=100*(Aa/Ap)$ , sendo (Aa) área de abertura efetiva para ventilação e (Ap) área do piso.
2	Ventilação cruzada	$A2/A1 \geq 0,25$ ; sendo A1 área de aberturas efetivas para ventilação da fachada com maior área de aberturas e A2 o somatório das áreas de aberturas efetivas para ventilação nas demais fachadas.
3	Ventilação controlável	Permitir regular fluxo de ventilação quando desejado
4	Iluminação natural	1/8 da área do piso em ambientes de permanência prolongada e 1/10 da área do piso em ambientes de permanência transitória.

$$GHR = (a) + (b \times \text{somb}) + (c \times \alpha_{\text{cob}}) + (d \times \alpha_{\text{par}}) + (e \times CT_{\text{baixa}}) + (f \times P_{\text{ambO}}) + (g \times \text{solo} \times AU_{\text{amb}}) + (h \times AP_{\text{ambL}} \times U_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) + (i \times P_{\text{ambN}}) + (j \times \text{pil} \times AU_{\text{amb}}) + [k \times AA_{\text{bO}} \times (1 - \text{somb})] + (l \times F_{\text{vent}}) + [m \times AA_{\text{bS}} \times (1 - \text{somb})] + (n \times U_{\text{cob}} \times \alpha_{\text{cob}} \times \text{cob} \times AU_{\text{amb}}) + (o \times \text{cob} \times AU_{\text{amb}}) + (p \times Ab_{\text{N}}) + (q \times AP_{\text{ambN}}) + (r \times AP_{\text{ambS}}) + (s \times P_{\text{ambL}}) + (t \times AP_{\text{ambN}} \times U_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) + (u \times Ab_{\text{L}}) + (v \times PD/AU_{\text{amb}}) + (w \times \text{solo}) + (x \times \text{SomApar}) + (y \times AP_{\text{ambO}} \times U_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) + (z \times CT_{\text{cob}}) + (aa \times CT_{\text{alta}}) + (ab \times U_{\text{cob}}) + (ac \times AP_{\text{ambL}} \times \alpha_{\text{par}}) + (ad \times P_{\text{ambS}}) + (ae \times \text{pil}) + [af \times AA_{\text{bL}} \times (1 - \text{somb})] + (ag \times AA_{\text{bN}} \times \text{somb}) + (ah \times PD \times AU_{\text{amb}}) + (ai \times \text{AparInt}) + (aj \times AU_{\text{amb}}) + (ak \times AA_{\text{bN}} \times F_{\text{vent}}) + (al \times AA_{\text{bS}} \times F_{\text{vent}}) + (am \times AA_{\text{bL}} \times F_{\text{vent}}) + (an \times Ab_{\text{S}})$$

Equação 1

Onde:

AbL, AbN, AbO, AbS: variáveis binárias que indicam se há abertura voltada para fachada, Leste (L), Norte (N), Oeste (O), Sul (S);  
 AA<sub>bL</sub>, AA<sub>bN</sub>, AA<sub>bO</sub>, AA<sub>bS</sub> (m²): área de abertura, desconsiderando caixilhos, sendo Leste (L), Norte (N), Oeste (O), Sul (S);  
 AP<sub>ambL</sub>, AP<sub>ambN</sub>, AP<sub>ambO</sub>, AP<sub>ambS</sub> (m²): área de parede externa do ambiente voltada exterior, sendo Leste (L), Norte (N), Oeste (O), Sul (S);

AparInt (m²): área das paredes internas, excluindo as aberturas e as paredes externas;

AU<sub>amb</sub> (m²): área útil do ambiente analisado;

$\alpha_{\text{cob}}$  (adimensional): absortância da superfície externa da cobertura;

$\alpha_{\text{par}}$  (adimensional): absortância externa das paredes externas;

cob: variável binária. Se a superfície superior do ambiente estiver voltada para o exterior o valor deve ser 1 (um), se não estiver, o valor deve ser 0 (zero);

CT<sub>alta</sub>: variável binária. Se o ambiente possuir fechamentos com capacidade térmica alta (acima de 250 kJ/m²K) o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

CT<sub>baixa</sub>: variável binária. Se o ambiente possuir fechamentos com capacidade térmica baixa (abaixo de 50 kJ/m²K) o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

CT<sub>cob</sub> [kJ/(m²K)]: capacidade térmica da cobertura;

F<sub>vent</sub> (adimensional): fator das aberturas para ventilação;

P<sub>ambL</sub>, P<sub>ambN</sub>, P<sub>ambO</sub>, P<sub>ambS</sub>: variável binária que indica se há parede externa, sendo Leste (L), Norte (N), Oeste (O) Sul (S).

PD (m): pé-direito do ambiente analisado;

pil: variável binária. Se o ambiente estiver sobre *pilotis* o valor deve ser 1 (um), se não estiver, o valor deve ser 0 (zero);

solo: variável binária. Se o piso estiver em contato com o solo o valor deve ser 1 (um), se não estiver, o valor deve ser 0 (zero);

SomApar: somatório das áreas de parede externa do ambiente (AP<sub>ambN</sub> + AP<sub>ambS</sub> + AP<sub>ambL</sub> + AP<sub>ambO</sub>);

somb: variável binária. Se não houver proteção solar o valor é 0 (zero), se houver é 1 (um).

U<sub>cob</sub> [W/(m²K)]: transmitância térmica da cobertura;

U<sub>par</sub> [W/(m²K)]: transmitância térmica das paredes externas;

As constantes da equação (a, b, c ... an) estão disponíveis em Inmetro (2010).

Após o cálculo do GRH é necessário obter o *equivalente numérico de cada ambiente*. Esses valores são mostrados na tabela 4 e estão disponíveis em INMETRO (2010).

Tabela 4 – Limites para equivalente numérico dos ambientes – ZB8

Equivalente Numérico.	Limite inferior	Limite superior
5	0	5209
4	5209	8365
3	8365	11520
2	11520	14676
1	14676	

Em seguida deve-se prosseguir para obtenção do *equivalente numérico da unidade*. Isso é feito pela ponderação dos equivalentes numéricos dos ambientes pelas suas respectivas áreas. Por fim, o *equivalente numérico da envoltória* é obtido pela ponderação do equivalente numérico de cada unidade por sua área.

### 3.2.2 NBR 15.575:2008

O método simplificado normativo consiste na verificação do desempenho térmico mínimo requerido para a edificação. Ele é composto de três etapas principais. Na primeira, as propriedades termo-físicas dos componentes da vedação externa e da cobertura são avaliadas. A tabela 5 mostra as exigências para a ZB8.

Tabela 5 – Critérios NBR 15.575:2008 - ZB8

Componente	Absortância	Transmitância térmica [W/(m².K)]	Capacidade térmica [kJ/(m².K)]
Parede	$a \leq 0,6$	$U \leq 3,7$	Se $CT \geq 150 \text{kJm}^{-2}\text{K}^{-1}$ deve haver isolamento térmico ou sombreamento
Parede	$a > 0,6$	$U \leq 2,5$	
Cobertura	$a \leq 0,4$	$U \leq 2,3\text{FV}$	
Cobertura	$a > 0,4$	$U \leq 1,5\text{FV}$	

Num segundo passo, deve-se verificar se as aberturas atendem aos requisitos exigidos para as áreas de ventilação. A equação utilizada para a verificação é a mesma do RTQ-R, descrita na linha 1 da tabela 3. Porém o limite mínimo para a ZB8 é  $A \geq 15$  (valor adimensional), ou seja, superior ao do RTQ-R.

A última etapa é referente à existência de proteção solar, especificamente nas aberturas dos dormitórios. Essa verificação é feita por análise de projeto, de acordo com a norma.

## 4. RESULTADOS E ANÁLISES

A seguir são apresentados os resultados obtidos na classificação do caso de estudo em relação às exigências do RTQ-R e da NBR 15.575:2008.

### 4.1. Resultados do RTQ-R

O primeiro passo na avaliação do RTQ-R é a verificação dos pré-requisitos. O não cumprimento ou o cumprimento parcial dos pré-requisitos limita o nível máximo de classificação da envoltória pelo método prescritivo. A tabela 6 apresenta as informações relacionadas aos pré-requisitos para envoltória. Pode-se observar que todos eles foram cumpridos, o que torna a edificação apta a etiquetagem em qualquer nível de desempenho.

Detalhadamente tem-se que:

- a ausência de esquadria na abertura da cozinha/área de serviço levou a um alto valor para A (25,38);
- nos demais ambientes, devido a utilização de esquadrias com duas folhas de correr uma sobre a outra, os valores de A ficaram perto do mínimo exigido;
- em função da forma da edificação e do número de unidades por pavimento, a relação que verifica a ventilação cruzada apresentou valor duas vezes maior que o mínimo exigido. Importante lembrar que esse valor não está relacionado à orientação dos ventos ou à sua velocidade, refere-se apenas à relação entre o somatório das áreas de aberturas efetivas para ventilação localizadas nas demais fachadas e o somatório das áreas de aberturas efetivas para ventilação localizadas na fachada com maior área de abertura;
- o mecanismo que permite a existência de ventilação controlável nos dormitórios com proteção contra chuva e segurança é a veneziana externa, que também desempenha a função de proteção

solar total desta abertura. A veneziana possui pequenas aberturas que permitem a ventilação higiênica quando ela está fechada e a esquadria aberta;

- (e) na sala é a varanda coberta que permite o controle da ventilação. Ela também é responsável pela proteção solar desta abertura. A verificação de “somb” foi feita com base no método apresentado no anexo 1 do RTQ-R. O valor encontrado foi 0,95;
- (f) o critério referente à iluminação natural está relacionado à razão entre área de abertura e de piso. A tabela mostra que esse pré-requisito foi atendido com tranquilidade na maioria dos ambientes.

Tabela 6 – Valores dos pré-requisitos

Aspectos	Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala	Cozinha/A S	ISI	IS2
Área de piso (m <sup>2</sup> )	8,6	8,6	12,8	20,7	10,4	3,4	3,4
Área de janela (m <sup>2</sup> )	2,40	2,40	3,36	5,25	2,64	0,40	0,40
Área de ventilação (%)	40	40	40	40	100	80	80
Percentual de caixilho (%)	15	15	15	15	0	15	15
1 Percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação	11,16	11,16	10,50	10,15	25,38	-	-
2 Ventilação cruzada	0,57						
3 Ventilação controlável	ok	ok	ok	ok	-	-	-
4 Iluminação natural (m <sup>2</sup> )	2,04	2,04	2,86	4,46	2,64	0,36	0,36

Após a verificação dos pré-requisitos é necessário aplicar a equação para cálculo do GHR. A tabela 7 mostra os resultados obtidos com a aplicação da equação 1 para cada ambiente de permanência prolongada dos quatro apartamentos do pavimento sobre o *pilotis* (1), do pavimento intermediário (4) e do pavimento de cobertura (8).

Tabela 7 – Resultado GHR para ZB8

Pav.	Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala	Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
Apart.	1				2			
1	2454,56	5731,84	4661,89	3016,37	2441,17	4611,03	3194,75	1641,38
4	2984,90	6262,18	5256,50	3731,88	2971,50	5141,37	3789,96	2356,98
8	5953,87	9231,15	8370,47	7117,58	5940,47	8110,34	6903,33	5743,59
Apart.	3				4			
1	4119,89	3966,71	4811,20	1641,38	4119,89	3087,52	6216,86	3007,84
4	4650,22	4497,04	5405,81	2356,89	4650,22	5617,85	6811,47	3723,38
8	7619,20	7466,01	8519,78	5743,59	7619,20	8586,83	9925,44	7110,08

Observa-se o comportamento esperado dos ambientes, qual seja: ambientes voltados a norte (sala e quarto 2 dos apartamentos 3 e 4) e oeste (quarto 1 dos apartamentos 3 e 4) têm valores de GHR mais elevados. Os apartamentos sobre *pilotis* apresentaram os valores de GHR mais baixos e os de cobertura os mais elevados. Em média as diferenças entre os mesmos ambientes de pavimentos diferentes são da ordem de 30%. Esse valor se eleva a 45% no caso da sala. As diferenças de GHR entre o primeiro e o último pavimento em média são da ordem de 50%, mas superam 70% na sala. Praticamente todos os ambientes do primeiro pavimento, exceto o quarto 3 do apartamento 4, obtiveram o nível máximo de classificação. No pavimento intermediário, 31% dos ambientes obtiveram nota 4, ou seja, nível B. Os demais mantiveram o nível A. No pavimento de cobertura a situação se inverte, a maioria dos ambientes está no nível B e 31% dos ambientes está no nível C. De acordo com o GHR, o pior caso é o apartamento 4 do pavimento de cobertura. Pelos equivalentes numéricos, o apartamento 1 deste mesmo pavimento tem desempenho semelhante. Em seguida, a tabela 8 mostra os equivalentes numéricos.

Tabela 8 – Equivalentes numéricos dos ambientes

Pavimento	1				4				8			
Apartamento	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Quarto 1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Quarto 2	4,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	4,00	3,00	4,00	4,00	3,00
Quarto 3	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	5,00	4,00	4,00	3,00	4,00	3,00	3,00
Sala	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00

A média ponderada pela área desses resultados levou a classificação geral das unidades habitacionais, como pode ser observado na tabela 9. Essa tabela enfatiza a diferença entre o pavimento sobre *pilotis* e o pavimento de cobertura. A ponderação final pela área chegou ao equivalente numérico de 4,45. Esse valor indica que, de acordo com o método prescritivo do RTQ-R, a envoltória desta edificação tem nível B de desempenho. Para obtenção do nível A seria necessário que o equivalente numérico fosse superior ou igual a 4,50. Neste caso, pode-se dizer que o desempenho da cobertura contribuiu significativamente para que a edificação não tenha obtido nível A. Evidentemente a intervenção na cobertura poderia melhorar a classificação geral, mas também a classificação das unidades daquele pavimento.

Tabela 9 – Equivalentes numéricos dos apartamentos.

Pavimento	1				4				8			
Apartamento	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	4,83	5,00	5,00	4,75	4,58	5,00	4,75	4,58	3,58	4,00	3,75	3,58

#### 4.2. Resultados da NBR 15.575:2008

De acordo com as características termo-físicas da envoltória (tabela 1) e os critérios apresentados na tabela 5, verificou-se que as paredes atendem ao desempenho mínimo estabelecido pelo método simplificado normativo. Entretanto a avaliação da cobertura não pode ser feita por completo, pois não foi possível determinar com certeza o que é o fator FV que deve ser multiplicado pelo limite da transmitância. Esse aspecto será discutido com mais detalhes no item seguinte. Independentemente da transmitância, a cobertura proposta não atende ao critério de capacidade térmica (CT). De acordo com a NBR 15.575:2008, é necessário isolar ou sombrear as coberturas com CT superior a  $150 \text{ kJm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . A edificação em estudo não possui tecnicamente nenhum desses recursos. A condutibilidade térmica dos materiais utilizados não é baixa o suficiente para que esses sejam considerados isolantes. Optou-se pela criação de uma barreira contra a radiação solar feita com a instalação de uma manta com filme de alumínio polido entre o telhado e a laje. Contudo, o texto da norma não cita esse tipo de solução como uma opção para redução de ganhos de carga térmica nas coberturas.

No que se refere às aberturas para a ventilação, a edificação analisada não atende ao desempenho mínimo, pois apenas a abertura da cozinha tem valor de  $A \geq 15$ . As demais apresentam valores próximos a 11. Em função da exigência da NBR 15.575:2008, seria necessário substituir a tipologia de abertura das esquadrias na ZB8, pois as aberturas usadas frequentemente têm área de ventilação efetiva inferior a 50% do vão total. Diante disso, entende-se que o mais adequado seria a utilização de esquadrias que permitem aberturas efetivas de ventilação próximas a 100% da área do vão, pois não é recomendado dobrar a área envidraçada nesta zona bioclimática. Tendo como base outra norma brasileira, a NBR 12.721:2006 (ABNT,2006) usada para calcular os custos básicos de construção, acredita-se que, se essa exigência for mantida após a revisão da norma, provocará um impacto significativo sobre os custos das esquadrias em alguns padrões construtivos de mercado, principalmente nos mais baixos.

O terceiro requisito está relacionado ao sombreamento das janelas dos dormitórios. Como o estudo de caso adota uma veneziana externa considera-se que esse critério foi atendido.

Fazendo uma avaliação geral, a edificação em questão não teria atingido o desempenho térmico mínimo exigido pela NBR 15.757/2008.

#### 4.3. Análise dos instrumentos de avaliação

A aplicação dos dois métodos apresentados nestes instrumentos de avaliação possibilitou a identificação de pontos que precisam ser aprimorados ou detalhados nos documentos de referência. Inicialmente serão comentados os pontos observados no RTQ-R e em seguida aqueles na NBR 15.575:2008.

### 4.3.1 RTQ-R

A tabela apresentada no RTQ-R com os percentuais de áreas mínimas para ventilação em relação à área do piso (A) foi adaptada da NBR 15.575:2008 – parte 4. Entretanto existe uma diferença entre elas relativa ao valor mínimo de A na ZB8. O RTQ-R é mais permissivo que a norma, pois o limite mínimo é de  $A \leq 10$  e o da norma de  $A \leq 15$  (adimensional). Não foi encontrado na literatura disponível o método para a definição inicial desses valores e as razões das alterações posteriores.

O segundo ponto a ser comentado refere-se ao método para o cálculo dos dispositivos de proteção solar em edificações residenciais, apresentado no anexo 1 do Regulamento. Tratando inicialmente do procedimento de geração dos dispositivos de proteção, observou-se clareza e coerência em sua aplicação. Na segunda parte, que apresenta o cálculo da variável “somb” de uma determinada abertura, alguns aspectos geraram dúvidas e questionamentos durante sua aplicação. A primeira questão se refere à denominação dos ângulos das proteções. Na primeira parte são denominados *ângulos mínimos* de proteção e na segunda parte surgem como *ângulos recomendados* para proteção. Ao longo do texto da segunda parte inferiu-se que se trata dos mesmos ângulos. Seria interessante que o texto oferecesse uma explicação sobre a adoção final dos ângulos mínimos como recomendados.

Ao se avaliar os valores de ângulos recomendados para a cidade do Rio de Janeiro constatou-se que não há recomendação de proteção solar para aberturas pequenas (menores que 25% da área do piso) nas fachadas Norte e Leste. Esse fato, de acordo com o texto consultado, impede que se considere para o cálculo de “somb” proteções solares nestas aberturas. Desse modo, resta ao projetista recorrer à proteção por veneziana, como foi feito neste caso de estudo. A existência deste tipo de proteção em qualquer tipo de abertura voltada para qualquer orientação permite a utilização do valor máximo (1) para a variável em questão. Testes realizados nesta pesquisa mostraram o impacto que a exclusão das venezianas nos dormitórios tem sobre os equivalentes numéricos dos ambientes dos apartamentos e da edificação, como pode ser visto nas tabelas 10 e 11 seguir.

Tabela 10 – Equivalentes numéricos dos ambientes com “somb” = 0 nos dormitórios

Pavimento	1				4				8			
Apartamento	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Quarto 1	4,00	4,00	3,00	3,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00
Quarto 2	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Quarto 3	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	1,00
Sala	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00

Tabela 11 – Equivalentes numéricos dos apartamentos com “somb” = 0 nos dormitórios

Pavimento	1				4				8			
Apartamento	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	3,99	4,24	3,99	3,82	3,99	4,24	3,82	3,56	2,99	3,24	2,82	2,56

O valor do equivalente numérico final da edificação caiu para 3,60. Neste caso, constatou-se que isso não foi suficiente para alterar a classificação da edificação em estudo, mas revela-se expressiva a redução de 20% para a nota final.

Diante desse resultado, pode-se apontar uma inconsistência no texto do RTQ-R. Está demonstrado o peso do sombreamento na ZB8, portanto era de se esperar que fosse permitido utilizar ângulos superiores aos ângulos recomendados, ora também chamados de mínimos no mesmo documento. Porém, o RTQ-R não o permite.

Para finalizar os comentários relacionados com o RTQ-R, a tabela 12 apresenta um comparativo entre os agrupamentos das zonas bioclimáticas constantes no Regulamento e na NBR 15.575:2008, em relação à NBR 15.220:2005 – parte 3 (ABNT, 2005), norma esta que propõe o zoneamento bioclimático nacional para fins de construção civil<sup>1</sup>.

A NBR 15.220:2005 – parte 3 é usada como referência tanto pelo RTQ-R como pela NBR 15.575:2008 quando se trata do zoneamento bioclimático do país. Entretanto, não fica claro porque o RTQ-R propõe um agrupamento distinto daquele apresentado pela NBR 15.220:2005 – parte 3. Seria relevante

<sup>1</sup> A revisão desta norma em 2008 não alterou o zoneamento.



conhecer as razões que levaram a essa diferenciação, tendo em vista que, em última análise, há uma interferência no desempenho térmico das edificações.

Tabela 12 – Comparativo de agrupamento das zonas bioclimáticas

	NBR 15.220:2005 – Parte 3	RTQ-R	NBR 15.575:2008 (U)	NBR 15.575:2008 (CT)
Paredes	Grupo 1: ZB1 e ZB2	Grupo 1: ZB1 e ZB2	Grupo 1: ZB1 e ZB2	Grupo1: ZB1, ZB2, ZB3, ZB4, ZB5, ZB6 e ZB7
	Grupo2: ZB3, ZB4, ZB8	Grupo2: ZB3, ZB4, ZB5, ZB6	Grupo 2: ZB3, ZB4, ZB5, ZB6, ZB7 e ZB8	Grupo 2: ZB8
	Grupo 3: ZB4, ZB6, ZB7	Grupo 3: ZB7	-	-
	-	Grupo 4: ZB8	-	-
Cobertura	Grupo1: ZB1, ZB2, ZB3, ZB4, ZB5, ZB6	Grupo 1: ZB1 e ZB2	Grupo 1: ZB1 e ZB2	Grupo1: ZB1, ZB2, ZB3, ZB4, ZB5, ZB6 e ZB8
	Grupo 2: ZB7	Grupo2: ZB3, ZB4, ZB5, ZB6	Grupo2: ZB3, ZB4, ZB5, ZB6	Grupo 2: ZB7
	Grupo 3: ZB8	Grupo 3: ZB7	Grupo 3: ZB7 e ZB8	-
	-	Grupo 4 ZB8	-	-

#### 4.3.2 NBR 15.575:2008

Em algumas passagens que tratam do desempenho térmico das vedações e coberturas faltam clareza e objetividade às informações. A NBR 15.575:2008 cita, em sua Parte 5, o “fator de ventilação” (FV), que teria sido estabelecido pela NBR 15.220:2005, Parte 2. Tal fator, entretanto, não foi encontrado nesta norma, mas, em sua Parte 3, a NBR 15.220 define o “fator de correção da transmitância” (FT). De acordo com Roriz (2011), a equação para cálculo do FT foi proposta pelos autores do zoneamento bioclimático brasileiro, considerando os resultados de Lamberts (1988)

*“(...) e baseia-se no fato de que a ventilação do ático é benéfica para habitações em clima quente úmido. A alta umidade desses climas embolora rapidamente as telhas, elevando significativamente suas absorções solares e, por consequência, elevando também as temperaturas dos áticos. Por outro lado, nesses mesmos climas as temperaturas do ar exterior à sombra são sempre mais baixas do que as que ocorrem nos áticos não ventilados. Assim, a ventilação substitui o ar quente interior pelo exterior bem mais frio, reduzindo os ganhos térmicos das edificações. A equação é interessante, pois reduz a transmitância máxima aceitável para áticos que apresentem aberturas com  $h < 6\text{cm}$ . Além desse aspecto, por ser a curva assintótica, a elevação da transmitância máxima admissível nunca ultrapassa uns 15%.”*

Notam-se semelhanças entre a utilização do FV na NBR 15.575:2008 e a utilização do FT na NBR 15.220:2005: ambos se referem ao ático das coberturas na ZB8 e estão relacionados ao limite da transmitância térmica das coberturas. Pode-se supor, portanto, que: (i) a NBR 15.575:2008 faz referência equivocada a NBR 15.220:2005 e (ii) usou o nome e a sigla da variável de maneira distinta que a apresentada na NBR 15.220:2005.

A aplicação deste fator é, entretanto, diferente nos documentos analisados. No RTQ-R e na NBR 15.220:2005 – parte 3 pode-se optar pela multiplicação deste fator caso se esteja adotando áticos ventilados. Nesta situação específica, permite que se opte por limites de transmitância mais elevados que aqueles determinados nas tabelas de pré-requisitos do RTQ-R. Já na NBR 15.575:2008 é obrigatório que se multiplique a transmitância por esse fator para se obter a transmitância permitida. Considerando as explicações de Roriz (2011), parece que esta Norma tem limites mais restritivos para a transmitância térmica dos sistemas de cobertura na ZB8.

Observou-se, ainda, diferença na classificação dos ambientes em relação à permanência. Na NBR 15.575:2008 a cozinha é considerada como *ambiente de permanência prolongada*. A mesma classificação não se repete, todavia, para este ambiente no RTQ-R.

Outra diferença é a exigência de proteção solar obrigatória em todos os dormitórios, na NBR 15.575:2008 – parte 4. Ainda assim, a Norma não detalha o método de avaliação de sua eficácia, especialmente se não forem venezianas externas, única tipologia citada como opção de proteção solar. De acordo com esta Norma, o método de avaliação é a “análise de projeto” (pag. 22 - parte 4, ABNT, 2008) e o

nível de desempenho para aceitação é o mínimo, ou seja, atende ao projeto. O RTQ-R, por sua vez, não obriga a essa proteção, como já comentado.

Para finalizar esta análise, deve-se observar na tabela 12, apresentada anteriormente, que também existem diferenças entre o agrupamento das zonas bioclimáticas quando se compara a NBR 15.575:2008 e a NBR 15.220:2005. As diferenças persistem na comparação com o RTQ-R. É necessário reiterar o comentado sobre esse assunto no sub-item anterior, pois também as informações que levaram a esse outro agrupamento não estão definidas no referido documento e nem tão pouco disponíveis em outras fontes de acesso público.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nas abrangências de cada uma destas normas, já se esperava que apresentassem resultados distintos para a envoltória de uma mesma edificação. Por ser de adoção obrigatória, esperava-se que fosse alcançada a classificação mínima na NBR 15.575:2008, o que não ocorreu. Por outro lado, os resultados do RTQ-R apontaram que a envoltória analisada tem um desempenho nível B numa escala que vai de A (mais eficiente) a E (menos eficiente), ou seja, o desempenho alcançado é adequado. Assim, chegou-se a resultados contraditórios - e incoerentes, se consideradas as características e abrangência de cada documento.

É preciso ficar atento para que resultados contraditórios como os detectados neste estudo não causem dificuldades ao mercado da construção civil no desenvolvimento de produtos que atendam as exigências normativas e ao RTQ-R. Além disso, há que considerar os problemas legais decorrentes de uma etiquetagem incompatível com o resultado de uma norma técnica. Esses problemas podem suscitar no mercado uma maior resistência às avaliações de desempenho.

Considerando o trabalho de revisão em andamento da NBR 15.575:2008, é muito importante que este venha superar as limitações e questões apontadas. Este esforço é desejável porque, como identificado no texto, há incoerências entre uma norma de adoção obrigatória e um regulamento de adoção voluntária, como aconteceu nesta aplicação na ZB8. Sugere-se que o estudo seja criterioso, a fim de verificar objetivamente se a NBR 15.575:2008 é restritiva demais ou se o RTQ-R é muito permissivo.

Espera-se dar continuidade e ampliar esta análise crítica dos documentos citados, ao considerar todas as outras zonas bioclimáticas, como também os métodos de simulação computacional empregados nos instrumentos estudados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.575**: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Rio de Janeiro, 2008.
- \_\_\_\_\_. **NBR 12.721** – Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15.220** - Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- BRASIL. **Lei n. 8.078**, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 1990. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8078.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078.htm)>. Acesso em: 10/03/2011
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS; ERNST YOUNG. **Brasil sustentável: potencialidades do mercado habitacional**. São Paulo. FGV. 2008. Disponível em [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Brasil\\_Sustentavel\\_-\\_Mercado\\_Habitacional/\\$FILE/Brasil\\_Sustentavel\\_-\\_Mercado\\_Habitacional.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Brasil_Sustentavel_-_Mercado_Habitacional/$FILE/Brasil_Sustentavel_-_Mercado_Habitacional.pdf). Acessado em 17 de junho de 2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL-INMETRO. **Portaria n.º 449**: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Rio de Janeiro, 2010.
- LAMBERTS, R. **Heat transfer through roof of low cost Brazilian house**. Leeds: University of Leeds, 1988, 156p. Tese (Doutorado) – Department of Civil Engineering, University of Leeds, 1988.
- RORIZ, M. Correspondência eletrônica pessoal recebida no dia 13 de março de 2011.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela bolsa de doutorado concedida para desenvolvimento deste trabalho, ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa e à FAPEMIG que concedeu auxílio para participação neste evento.