



# XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

## INFLUÊNCIA DAS ESQUADRIAS NA CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE HABITAÇÕES NO RJ

**BRASILEIRO, Alice (1); MORGADO, Claudio Oliveira (2); TORRES, Thiago Coutinho (3)**

(1) AMBEE-FAU-UFRJ, [alicebrasileiro@ufrj.br](mailto:alicebrasileiro@ufrj.br); (2) AMBEE-FAU-UFRJ, [claudiom@centroin.com.br](mailto:claudiom@centroin.com.br);  
(3) AMBEE-FAU-UFRJ, [thiago.torres@hotmail.com](mailto:thiago.torres@hotmail.com)

### RESUMO

No âmbito da Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) se constitui no instrumento legal para a obtenção da classificação da eficiência energética das habitações, de acordo com a zona bioclimática. O projeto de pesquisa de iniciação científica que deu origem a este trabalho concentra-se especificamente na ZB8, visando a cidade do Rio de Janeiro, e tem como objetivo geral verificar em que medida determinados parâmetros arquitetônicos, utilizados no processo de avaliação, podem impactar na classificação de habitações. Foi investigada especificamente a influência das esquadrias, por serem elementos de arquitetura facilmente substituíveis na busca por uma melhor classificação da unidade habitacional, ao contrário dos materiais constituintes das paredes, por exemplo. Tendo um fim exploratório, os procedimentos da investigação foram experimentais, testando em planilhas eletrônicas o desempenho das esquadrias, inicialmente de forma empírica, em um compartimento-padrão hipotético e posteriormente, em unidades habitacionais de edifícios residenciais multifamiliares no Rio de Janeiro. Os parâmetros definidos para a investigação das esquadrias foram seu percentual de abertura (FVent) e seu nível de sombreamento (Somb), em diferentes orientações, sendo esses elementos cruzados entre si em combinações diversas. Os resultados indicam o sombreamento como o parâmetro de influência mais significativa, podendo proporcionar ganhos em um nível de eficiência para a mesma orientação ou dois, dependendo das diferentes orientações. O percentual de abertura também proporciona ganhos ao ser alterado, embora estes sejam mais discretos. O produto desta análise poderá ser adotado como ferramenta para tomadas de decisão em reformas de habitações, de modo limitado nas multifamiliares e de forma mais ampla nas unifamiliares. Além disso, também poderá ser utilizado como insumo para projetos de novas residências.

**Palavras-chave:** RTQ-R, Esquadrias, Eficiência

### ABSTRACT

*Within the Brazilian National Policy for Saving and Rational Use of Energy, the Brazilian Regulation of Technical Quality Level Energy Efficiency of Residential Buildings (RTQ-R), is a legal instrument for obtaining the rating the energy efficiency of dwellings. This paper focuses on Rio de Janeiro city, one of the hottest in Brazil, and aims to verify to what extent some architectural variables (such as openings) used in the evaluation process can be more decisive than others for classification of dwellings about their efficiency in terms of electric energy consumption. The research took place first in a virtual model, and then in the design of recent built dwellings at the city; the parameters examined were how much opening was possible in different kinds of windows; if there was shading on them; orientation of facades and orientation of openings. These elements were crossed each other in various combinations, using appropriate spreadsheets for its calculation. Results show that the shading of openings is the most significant parameter influencing the energy efficiency of envelope. This result is significant for those existing building who intend to increase their energy efficiency, but don't have many possibilities in the*

*matter of changing walls and another more complex modifications. By a simple change of windows, adopting shading on them, it is possible to improve the dwelling energy efficiency to the best rating, depending on orientation. So, the product of this analysis can be adopted as a tool for decision making on housing reforms, or, additionally, it may also be used as input for new projects.*

**Key words:** *energyefficiency, openings, Housing, Brazilian Labeling*

## 1 INTRODUÇÃO

A esquadria atua como ponto de ligação entre exterior e interior de uma edificação. Além de cumprir funções estéticas, exerce principalmente funções de proteção e conforto, e essas funções serão atendidas em função do material utilizado e do sistema de abertura. Serão esses dois itens que regularão a entrada de ar e luz para dentro da edificação, através da abertura. Caso haja um desequilíbrio no cumprimento dessas funções, seja por inadequação da esquadria ou por outra razão, o usuário tenderá a restabelecê-lo, o que geralmente é feito por meio da utilização de um sistema ativo, consumidor de energia. Dados do Ministério das Minas e Energia indicam que, no Brasil, o setor de edificações consome 42% da energia elétrica do país (BRASIL, 2011). Assim, em tempos onde cada vez mais a redução do consumo energético se faz necessária, as edificações não devem representar um meio de alto consumo energético, pelo contrário, sua forma física e constituição deveriam ser concebidas para suprir as necessidades humanas sem um gasto energético desnecessário. Nesse sentido, entendemos que as esquadrias, ao permitirem a ligação do exterior com o interior, podem representar, literalmente, um canal através do qual a energia pode ser desperdiçada, como Bannister et al (1998) demonstram, ao analisar a troca térmica ocorrida nas edificações.

No Brasil, há poucos anos foi criada a ENCE<sup>1</sup> para edificações, primeiramente comerciais, de serviços e públicas, e posteriormente, residenciais. Tomando como parâmetro metodológico os procedimentos de cálculo adotados no método prescritivo da atribuição da etiqueta às unidades habitacionais, formalizados no RTQ-R (BRASIL, 2012), o presente trabalho investiga como as esquadrias influenciam nessa classificação, analisando seu sistema de abertura, sombreamento e orientação, procurando responder a questões para tomadas de decisões nas reformas de habitações localizadas no Rio de Janeiro (ZB8).

É sabido que nem sempre uma reforma tem o poder de modificar em grandes proporções uma edificação. Cada caso merece ser avaliado individualmente, e cada um apresentará suas próprias dificuldades, sejam elas de ordem física e/ou econômica. Dessa forma, o resultado idealmente pretendido pode não ser o possível de ser alcançado, havendo situações em que será necessária uma escolha em detrimento de outra. Sendo um elemento arquitetônico de fácil substituição, as esquadrias podem ser decisivas nesse processo, e nisso reside o objetivo do trabalho, o conhecimento de o quanto a sua troca por outro modelo poderá melhorar, por orientação, o desempenho energético da habitação.

A investigação foi feita em duas etapas; primeiramente, em um compartimento hipotético, criado especialmente para a pesquisa, que gerou resultados preliminares. Posteriormente, as mesmas combinações de cálculos foram aplicadas a unidades habitacionais (UHs) reais, localizadas na cidade do Rio de Janeiro. Cabe mencionar que reside aqui uma das limitações do trabalho. Ao se proceder a investigação somente sobre as esquadrias, as demais características construtivas das edificações analisadas precisaram ser igualadas, especialmente as que se referem a paredes e coberturas e suas propriedades termofísicas. Os resultados da investigação no compartimento hipotético e nas UHs reais foram similares, apontando os modelos de esquadrias mais indicados, em termos de eficiência energética, para a sua substituição, em função da orientação.

---

<sup>1</sup>Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO

O uso do RTQ-C (BRASIL, 2013) e do RTQ-R (BRASIL, 2012) como instrumentos de investigação do desempenho energético de edificações é um exercício que vem sendo adotado praticamente desde os seus lançamentos. Mesmo com todas as revisões já efetivadas e outras tantas que ainda se fazem necessárias, diversas são as publicações que trazem essa abordagem. Especificamente sobre o RTQ-R, em nossa investigação sobre a influência das esquadrias no desempenho energético das habitações, encontramos boas referências nos trabalhos de Matos (2012), Queiroz et al (2011) e Ziebell (2013), e de fato, há um aprendizado intrínseco na aplicação do Regulamento, e seu uso pode ir muito além da solicitação da ENCE. Embora os resultados de suas aplicações forneçam uma classificação segundo parâmetros determinados, que enquadram os edifícios em variáveis com considerações eventualmente limitadas, há uma relação direta entre a classificação obtida e a eficiência energética da edificação.

Em uma visão mais ampla, para além dos preceitos do RTQ-R, a influência das esquadrias é algo que vem sendo estudado como elemento arquitetônico, que não só define a relação entre exterior e interior da edificação, como também participa de sua composição estética, sendo um importante item para a caracterização das construções. Na literatura de conforto ambiental, a relação entre o tipo de esquadria/sistema de abertura e sua permeabilidade ao ar também é bastante estudada, como podemos ver em Corbella; Corner (2011), Bittencourt; Cândido (2005) e Krause et al, 2005.

Lambert et al (1997) ratificam essa relação das esquadrias com o comportamento térmico da edificação, lembrando que os itens que mais interferem no aporte de calor por um vão são a orientação e o tamanho da abertura; o tipo de vidro e o uso de proteções solares internas e externas. Do mesmo modo, Bittencourt e Cândido (2005) mencionam que os principais fatores na configuração do fluxo de ar no interior das edificações são o tamanho, a forma e a localização das aberturas.

Ainda a respeito do tamanho das aberturas, Bannister et al (1998) fazem uma relação direta entre o seu aumento e o conseqüente aumento na troca térmica entre interior e exterior, o que teria como uma de suas conseqüências o aumento da energia necessária para a climatização dos ambientes. O estudo demonstrou que uma taxa acima de 50% na relação aberturas/fachadas induz ao maior consumo de energia para climatização, para todas as tipologias estudadas. Uma relação semelhante a respeito da comparação entre o tamanho da abertura e da fachada, mas comparando os resultados à absorvância, Santana e Ghisi (2007) perceberam que, para uma mesma absorvância, a alteração do percentual de janelas na fachada, levado ao extremo, de 10% a 90%, provocou um aumento no consumo de energia que chegou a 41,6%. Considerando-se que é um aumento de quase 50% provocado simplesmente pela existência de mais janelas na edificação, esse fato nos ajuda a ter a dimensão da importância desses elementos arquitetônicos no seu desempenho energético.

Em uma linha semelhante, Sorgato, Versage e Lamberts (2011a) demonstraram resultados com algumas outras nuances, considerando edificações ventiladas naturalmente em ZB3 e ZB8. Os autores constataram que a área da ventilação influencia diretamente no desempenho térmico, e a influência será positiva em uma faixa de 8% a 15% da área útil do ambiente, sendo tanto melhor quanto mais se aproximar do teto da faixa. Assim, vemos que não se trata simplesmente de reduzir o tanto quanto possível o tamanho da abertura, mas perceber que até certo limite, o seu aumento tem efeitos positivos.

Ziebell (2013) analisou, em Porto Alegre, como a orientação, o tamanho e o sombreamento das aberturas influenciam no comportamento térmico dos ambientes

(considerando a energia consumida no condicionamento de ar para atingir as condições de conforto). Não só concluiu que o tamanho maior das aberturas produz um pior comportamento térmico, como também constatou que, independentemente do tamanho e da orientação, sempre há uma melhora no desempenho térmico ao ser acrescentado um elemento de sombreamento nas aberturas<sup>2</sup>, fato também constatado por Sorgato, Versage e Lamberts (2011b), ao analisar o efeito que o dispositivo de sombreamento exerce nas edificações situadas nas ZB3 e ZB8.

A respeito da importância do sombreamento, não somente nas edificações residenciais, mas também nas comerciais/institucionais, Dias et al (2012) verificaram que os ângulos de sombreamento nas aberturas, quando analisados à luz do RTQ-C, podem ser subestimados, posto que dependendo da edificação, eles podem ser determinantes na obtenção da ENCE, fazendo, assim, diferença na consideração sobre o desempenho energético da edificação.

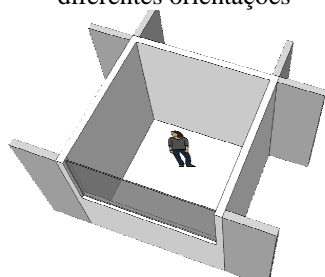
Vemos, portanto, que há relações diretas, já estabelecidas, entre o tamanho da abertura, seu sombreamento e o desempenho térmico da edificação. Em nossa pesquisa, ao seguir este raciocínio, a busca foi no sentido de verificar, para edificações já existentes, onde exista a intenção de melhorar sua eficiência energética, se há vantagem em se investir na substituição de esquadrias ou de seu posicionamento, para a obtenção do efeito desejado.

### 3 MÉTODO

Com um fim exploratório, a análise da influência das esquadrias na classificação do nível de eficiência energética foi feita de modo experimental, utilizando as equações integrantes do Método Prescritivo do RTQ-R para a cidade do Rio de Janeiro (ZB-8), considerando a classificação obtida para a envoltória, em seu comportamento no verão ( $EqNumEnv_{Resf}$ ). Foram considerados atendidos os pré-requisitos gerais, dos ambientes e da unidade habitacional.

Para isolar o componente “esquadrias” na equação 3.21 do RTQ-R (BRASIL, 2012), foram admitidas como variáveis a orientação (área de paredes externas –  $A_{pamb}$  – e área de abertura –  $A_{ab}$ ), o percentual de ventilação das esquadrias ( $F_{vent}$ ) e se estas possuíam sombreamento ( $Somb$ ). As demais componentes foram consideradas como padrão, dentro dos limites aceitos para a ZB-8, para todos os testes realizados<sup>3</sup>.

Figura 1 - Modelo virtual: uma face externa e três internas, testado em diferentes orientações



Fonte: elaboração própria


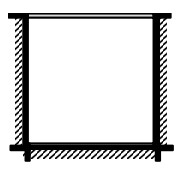
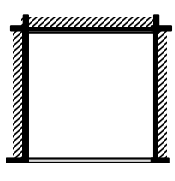
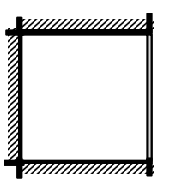
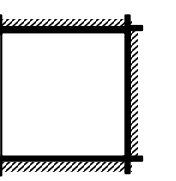
A aplicação foi feita inicialmente em um compartimento hipotético, um modelo utilizado como APP, com dimensões em metros de 3x3x3 (Figura 1), em diferentes orientações, com três paredes confinadas e uma janela que ocupa metade da única parede voltada para o exterior (Quadro 1). Posteriormente, a mesma análise foi feita em unidades habitacionais (UHs) de prédios residenciais multifamiliares, como será detalhado mais adiante.

A consideração dos valores de  $F_{vent}$  em 0,45 e 0,90 foi tomada dos tipos 1 (janela de abrir 90°) e 3 (janela de correr) de esquadrias disponibilizados no Anexo II do RTQ-R (BRASIL, 2012). Em ambas as esquadrias, foi considerada a possibilidade de existir ou não venezianas, o que produziu a utilização de quatro modelos de esquadrias (Figura 2).

<sup>2</sup>No presente trabalho, foi verificada a mesma constatação, para o clima do Rio de Janeiro.

<sup>3</sup>  $U = 2,43$  [W/(m<sup>2</sup>.K)];  $CT = 152$  [kJ/m<sup>2</sup>.K]; Absortância = 0,40; COB=0; PIL=0; SOLO=0; PD= 3,00m. Esquadrias testadas: Tipos 1 e 3 do Anexo II do RTQ-R (BRASIL, 2012).

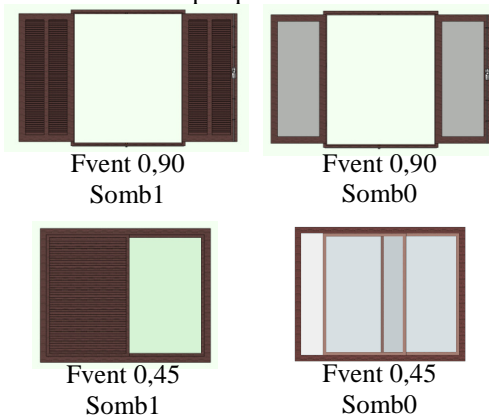
Quadro 1 – Plantas esquemáticas do modelo virtual, suas características e as combinações de análise adotadas.

	AabN	AabS	AabL	AabO
				
Características	Uma face externa e três internas, testado em diferentes orientações. Compartimento medindo 3x3x3m. A abertura ocupa metade da parede. APamb: 4,5m <sup>2</sup> ; Aparint: 3x9 = 27m <sup>2</sup> ; AAb: 4,5m <sup>2</sup>			
Combinações de análise	Fvent 0,45 x Somb 0 / Fvent 0,45 x Somb 1 / Fvent 0,90 x Somb 0 / Fvent 0,90 x Somb 1			

Fonte: elaboração própria

O questionamento a respeito de o quanto uma troca de esquadria poderia ser vantajosa, do ponto de vista da classificação energética, foi feito por APP; inicialmente, no modelo virtual, e posteriormente, em UHs reais, e buscou respostas para três perguntas:

Figura 2 – Modelos de esquadrias pesquisados



Fonte: elaboração própria

a) O quanto melhora a classificação do ambiente, por orientação, se for feito um investimento em venezianas?

b) O quanto melhora a classificação do ambiente, por orientação, se uma esquadria Fvent 0,45 for substituída por outra Fvent 0,90?

c) O que exerce maior influência? Fvent ou Somb? O quanto cada um pode melhorar a classificação do ambiente, por orientação?

As UH's reais adotadas no estudo foram selecionadas a partir dos 'Habite-se' concedidos na cidade do Rio de Janeiro no ano de 2012, e dentro deste universo, foram selecionadas aleatoriamente três unidades na Área de

Planejamento 4 (AP4), região que relativamente à sua área concentrou o maior número de 'Habite-se' da cidade – 57,3 'Habite-se'/Km<sup>2</sup> (PRJ, 2013). São UHs que pertencem a prédios de classe média, com três quartos e área útil total variando de 72,25m<sup>2</sup> a 76,90m<sup>2</sup>.

### 3.1 Os procedimentos de cálculo

Não é demais ressaltar que os cálculos foram feitos **por APP**, utilizando-se como resultado apenas seu EqNumEnv<sub>Resf</sub>, ou seja, o comportamento da envoltória do ambiente no verão.

Para a análise das esquadrias foram promovidas diferentes combinações entre orientação/Fvent/Somb e estas inseridas em planilha eletrônica, gerando dezesseis respostas (Quadro 2) que foram recombina-

das em função da variável a ser estudada em cada caso (orientação, Fvent ou Somb).

Para os cálculos feitos a partir das UHs reais, as combinações foram as mesmas, porém, como não havia apenas um APP em estudo, testado em distintas situações, mas vários deles, testados nas mesmas distintas situações (orientação/Fvent/Somb), foi produzido um volume bem maior de cálculos, o que ensejou a demanda de uma etapa adicional, ponderando os

Quadro 2 – Combinações para os cálculos no modelo virtual

Valores de GHR				
	0,45/0	0,45/1	0,90/0	0,90/1
Oeste				
Norte				
Leste				
Sul				

Fonte: Elaboração própria

resultados pelas áreas úteis das UHs e obtendo, assim, apenas um resultado para cada UH, concentrando as informações de suas três APPs e fornecendo parâmetros para a análise da influência da esquadrias, por orientação, na classificação da eficiência energética.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos em GHR<sup>4</sup>, expressos em células nas cores que refletem suas classificações (A, B, C, D ou E). A primeira etapa de análise foi com o modelo virtual e a segunda, com as UHs reais, que como já explicado anteriormente, tiveram os GHRs de suas diferentes APPs ponderados pelas áreas úteis, de modo a obter um GHR/UH, e em seguida, os GHRs de todas as UHs, juntos, produziram uma média, um valor representativo único de cada combinação para o grupo das UHs reais. O

Quadro 3 – Combinações pesquisadas e resultados diretos

Combinação pesquisada		Resultado (GHR)	
		Mod.Virtual	UHs reais
1.	Oeste / Fvent 0,45 / Somb0	12167	12145
2.	Oeste / Fvent 0,45 / Somb1	6604	7235
3.	Oeste / Fvent 0,90 / Somb0	11301	11280
4.	Oeste / Fvent 0,90 / Somb1	5739	6370
5.	Norte / Fvent 0,45 / Somb0	10360	11282
6.	Norte / Fvent 0,45 / Somb1	5859	6827
7.	Norte / Fvent 0,90 / Somb0	9693	10516
8.	Norte / Fvent 0,90 / Somb1	5152	6066
9.	Leste / Fvent 0,45 / Somb0	9759	10145
10.	Leste / Fvent 0,45 / Somb1	5102	5649
11.	Leste / Fvent 0,90 / Somb0	9082	9366
12.	Leste / Fvent 0,90 / Somb1	4425	4870
13.	Sul / Fvent 0,45 / Somb0	8348	9618
14.	Sul / Fvent 0,45 / Somb1	4599	5579
15.	Sul / Fvent 0,90 / Somb0	7710	8872
16.	Sul / Fvent 0,90 / Somb1	3962	4841

Fonte: Elaboração própria

objetivo desse procedimento (separar o modelo das UHs reais) foi não influenciar o resultado de unidades existentes com os resultados do modelo criado para a pesquisa. Por outro lado, como pode ser visto no Quadro 3, os resultados de um e de outro acabaram sendo bastante semelhantes, alguns até idênticos ao se verificar as faixas de classificação.

Estes resultados foram combinados entre si para responder às três perguntas sobre a influência das esquadrias. Para a comparação (sempre analisando em grupos distintos o modelo e as UHs reais) foi feita uma relação entre eles. Na pergunta [a], foi estabelecida uma relação percentual da melhor situação (Somb1) sobre a pior situação (Somb 0), por Fvent e orientação, considerando o valor do intervalo em GHR que separa os níveis de classificação (3.156 GHR, para a ZB-8). O Quadro 4 exibe os resultados das UHs reais.

**a) O quanto melhora a classificação do ambiente, por orientação, se for feito um investimento em venezianas?**

Quadro 4 – Resultados da investigação por orientação e por Fvent, alterando-se o Somb0 por Somb 1

Fvent 90	GHR			
	Oeste	Leste	Sul	Norte
Somb0	11280	9366	8872	10516
Somb1	6370	4870	4841	6066

Fvent 45	GHR			
	Oeste	Leste	Sul	Norte
Somb0	12145	10145	9618	11282
Somb1	7235	5649	5579	6827

Fvent 90	Variação em relação o intervalo			
	Oeste	Leste	Sul	Norte
Somb0	Pior sit	Pior sit	Pior sit	Pior sit
Somb1	156%	142%	128%	141%

Fvent 45	Variação em relação o intervalo			
	Oeste	Leste	Sul	Norte
Somb0	Pior sit	Pior sit	Pior sit	Pior sit
Somb1	156%	142%	128%	141%

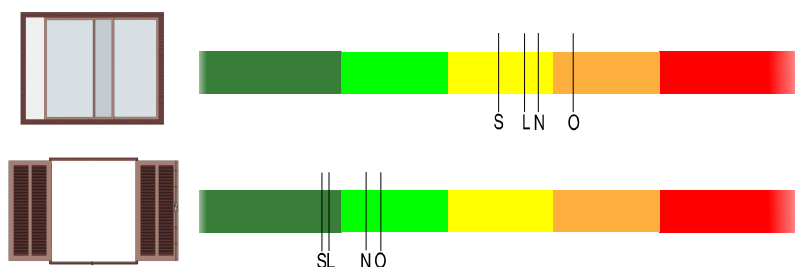
Fonte: Elaboração própria

<sup>4</sup> Graus-hora de resfriamento: o somatório da diferença entre a temperatura operativa horária e a temperatura de base, quando a primeira está acima da temperatura de base, no caso de esfriamento, adotando a temperatura de base como 26° (BRASIL, 2012).

Apesar de em valores absolutos os GHRs serem diferentes, podemos constatar que, para uma mesma orientação, a adoção de uma janela com venezianas produzirá relativamente a mesma melhora, seja no Fvent 0,45 ou no Fvent 0,90. Porém, a veneziana produzirá um melhor resultado na medida em que for pior a orientação, na sequência da pior para a melhor, Oeste-Leste-Norte-Sul. A mesma tendência de comportamento foi constatada nos cálculos do modelo virtual. Em termos mais visuais, podemos ver essa análise com seus resultados (absolutos em GHR) dispostos graficamente sobre uma barra que expressa a faixa de classificação (Figura 3), com as cores devidas de cada intervalo.

Pela análise gráfica, é mais facilmente perceptível que um modelo de esquadrias com duas folhas de correr que deslizam sobre si mesmas, sem venezianas, nem alcança a

Figura 3: Comparação dos resultados das quatro orientações para Fvent 0,45/Somb0 e Fvent 0,90/Somb1



Fonte: elaboração própria

classificação “B”, mesmo se for situada no Sul, ficando a orientação Oeste na classificação “D”. Já um modelo de abrir, com venezianas, tem duas orientações classificadas como “A” e duas como “B”.

Nas perguntas [b] e [c], foi feita uma relação percentual sobre a redução do valor absoluto do GHR, das melhores situações em relação às piores e em seguida essa mesma análise novamente, tendo como referência o valor do intervalo entre as classificações (como na pergunta [a]). O uso do intervalo foi necessário para ser possível analisar as diferenças de resultados entre uma situação e outra que apresentassem a mesma classificação em letras, mas com valores de GHR diferentes entre si. Ao se manter a análise somente pela faixa de classificação, nuances mais sutis teriam sido perdidas na análise. Assim, na sequência, são apresentadas as respostas às perguntas sobre as UHs reais (Quadros 5 e 6) e suas análises resultantes.

**b) O quanto melhora a classificação do ambiente, por orientação, se uma esquadria Fvent 0,45 for substituída por outra Fvent 0,90?**

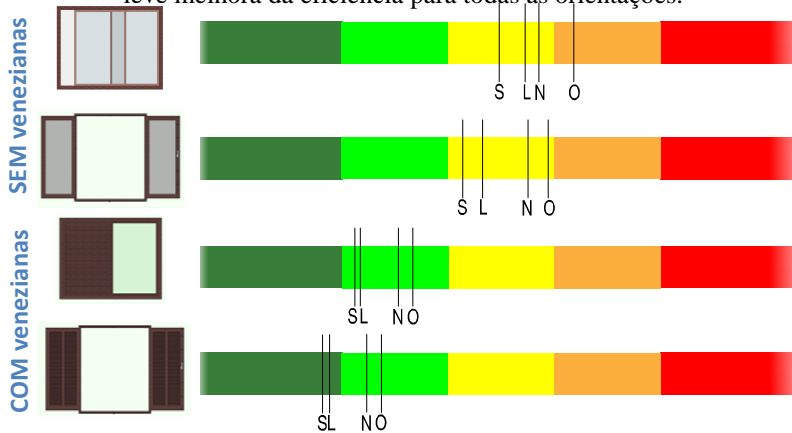
Quadro 5 – Resultados da investigação por orientação e por Somb, alterando-se o Fvent 0,45 por Fvent 0,90

Análise: Redução do GHR mudando o Fvent de 0,45 para 0,90					Análise: Redução do GHR mudando o Fvent de 0,45 para 0,90				
Somb0	Fvent 0,45	Fvent 0,90	Redução % do GHR	Redução em relação ao intervalo	Somb1	Fvent 0,45	Fvent 0,90	Redução % do GHR	Redução em relação ao intervalo
Oeste	12145	11280	7%	27%	Oeste	7235	6370	12%	27%
Norte	11282	10516	7%	24%	Norte	6827	6066	11%	24%
Leste	10145	9366	8%	25%	Leste	5649	4870	14%	25%
Sul	9618	8872	8%	24%	Sul	5579	4841	13%	23%

Fonte: Elaboração própria

Há uma melhora de no mínimo 23% (em relação ao intervalo), em cada orientação, ao se substituir uma esquadria Fvent 0,45 por uma esquadria Fvent 0,90. Pela análise gráfica (Figura 4), vemos que se não houver venezianas, no modelo de correr, a orientação oeste ainda recebe a classificação “D”. No modelo de abrir, isso não ocorre. De modo análogo, é possível constatar aproximadamente a mesma melhora na substituição das esquadrias de correr pelas de abrir, se houver venezianas, com as orientações sul e leste passando a se

Figura 4- Comparação dos resultados das orientações, combinando o par de janelas sem venezianas (Somb0), nas duas situações de abertura (correr – Fvent0,45 e abrir – Fvent 0,90) e o par com venezianas (Somb 1), nas mesmas situações de abertura. Notar que em cada par, há uma leve melhora da eficiência para todas as orientações.



Fonte: elaboração própria

classificar como “A”. Este resultado nos remete a Rodrigues (2008), que ao realizarsimulações computacionais combinando a ação do vento e da temperatura, também constatou que os formatos das aberturas de janelas podem influenciar significativamente no desempenho térmico dos edifícios.

**c) O que exerce maior influência? Fvent ou Somb? O quanto cada um pode melhorar a classificação do ambiente, por orientação?**

Quadro 6 – Resultados por orientação e por combinação de Fvent x Somb. Notar as médias de reduções em relação ao intervalo de classificação do GHR, 25% alterando-se o Fvent e 142% alterando-se o Somb.

Somb 0	Fvent 45	Fvent 90	Redução % do GHR	Redução em relação ao intervalo
Oeste	12145	11280	7%	27%
Norte	11282	10516	7%	24%
Leste	10145	9366	8%	25%
Sul	9618	8872	8%	24%
<b>MÉDIA</b>			<b>7%</b>	<b>25%</b>

Somb1	Fvent 45	Fvent 90	Redução % do GHR	Redução em relação ao intervalo
Oeste	7235	6370	12%	27%
Norte	6827	6066	11%	24%
Leste	5649	4870	14%	25%
Sul	5579	4841	13%	23%
<b>MÉDIA</b>			<b>13%</b>	<b>25%</b>

Fvent 45	Somb0	Somb1	Redução % do GHR	Redução em relação ao intervalo
Oeste	12166	7254	40%	156%
Norte	11287	6833	39%	141%
Leste	10165	5669	44%	142%
Sul	9626	5587	42%	128%
<b>MÉDIA</b>			<b>42%</b>	<b>142%</b>

Fvent 90	Somb 0	Somb 1	Redução % do GHR	Redução em relação ao intervalo
Oeste	11301	6389	44%	156%
Norte	10521	6072	42%	141%
Leste	9387	4891	48%	142%
Sul	8880	4848	45%	128%
<b>MÉDIA</b>			<b>45%</b>	<b>142%</b>

Fonte: Elaboração própria

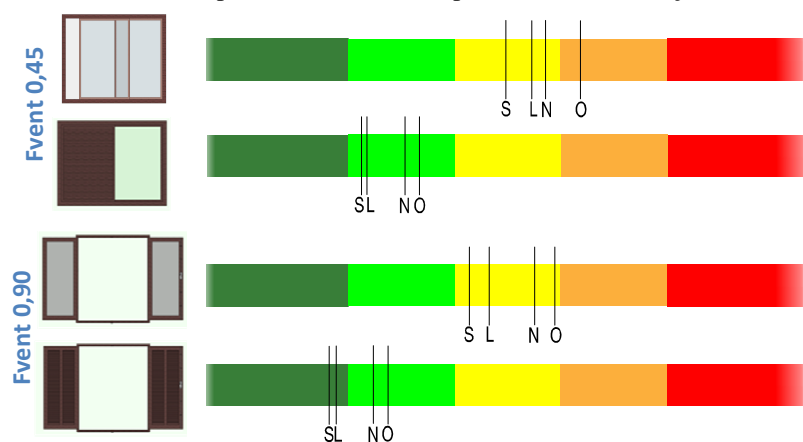
Em termos absolutos, a troca do Somb produz melhores resultados do que a troca do Fvent. Em relação ao intervalo, a troca do Somb pode produzir ganhos de 142%, contra 25% da troca do Fvent, na média das orientações. Ou seja, se a opção for única e/ou o orçamento for restrito, será mais vantajoso incorporar a veneziana na esquadria.

Na análise gráfica (Figura 5),ratificamos que o sombreamento da janela terá mais influência no desempenho energético da edificação do que a proporção da abertura, havendo um ganho de quase dois intervalos ao alterar o sombreamento, contra um ganho menor, de cerca de 1 intervalo, ao se aumentar a área de ventilação.

Após as respostas aos três questionamentos, vemos que uma simples substituição de esquadrias pode contribuir bastante para o aumento da eficiência energética da



Figura 5- Comparação dos resultados das orientações, combinando o par de janelas de correr (Fvent 0,45) nas duas situações de sombreamento (com e sem venezianas) e o par de janelas de abrir (Fvent 0,90), nas mesmas situações de sombreamento. Notar que em cada par, há uma melhora bastante expressiva da eficiência para todas as orientações.



Fonte: elaboração própria

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou o comportamento de diferentes modelos de esquadrias no desempenho energético de habitações no Rio de Janeiro, mediante os procedimentos adotados no método prescritivo do RTQ-R (BRASIL, 2012). A principal motivação do trabalho foi a fácil substituição deste elemento arquitetônico em reformas de habitações que busquem melhorar seu desempenho energético. Comparativamente, uma modificação nas propriedades termofísicas de paredes e coberturas ensejariam uma reforma de grande porte, que embora não seja impossível de ser feita, se torna mais improvável de ocorrer, pela complexidade de execução.

Para a investigação, foram utilizados quatro modelos de esquadrias, combinando-se o sistema de abertura (correr ou abrir) com o sombreamento (com ou sem venezianas), testados em diferentes orientações. Como resultados, pudemos verificar que a mudança no sistema de abertura da esquadria, do modelo de correr para o modelo de abrir, produz resultados positivos, na ordem de 24% do intervalo de classificação da eficiência energética, sendo que na sua pior orientação, a oeste, os ganhos podem chegar a 27%.

Se a substituição envolver janelas que possuam venezianas, a adoção deste modelo, em relação a outro que não as tenha, poderá produzir ganhos bem mais expressivos, de mais de um intervalo de classificação (do nível “D” para o “B”, por exemplo, sendo tanto maior a diferença de resultado quanto pior for a orientação, na sequência da pior para a melhor, O-L-N-S. Ou seja, se no projeto a orientação não foi bem cuidada, tanto maior será a dependência de elementos como as esquadrias para corrigir a perda de eficiência.

Como resultados mais pronunciados sobre os modelos de esquadrias e sua relação com o desempenho energético da habitação, verificamos que o pior desempenho é da esquadria de correr (folhas deslizantes sobre si mesmas), sem venezianas, e o melhor desempenho, da esquadria de abrir, com venezianas.

Embora estes resultados possam orientar proprietários em processo de reforma de suas residências, inclusive nas UHs situadas em prédios multifamiliares (desde que haja a concordância do condomínio para a substituição das esquadrias da fachada), poderão ser bastante úteis também como insumos para um novo projeto de habitações.

habitação (ainda que a abrangência do presente trabalho tenha suas limitações). Em um caso de reforma da habitação, a substituição de esquadrias é um procedimento que pode ser feito em um dia apenas, com o mínimo de incômodo para o morador e um retorno bastante positivo em termos de eficiência, em qualquer orientação.

## REFERÊNCIAS

- BANNISTER, Paul et al. **Testing commercial building energy Standards**. IPENZ Transactions, V.25, Nº1/EMCh, 1998. Disponível em: [www.ipenz.org.nz/ipenz/publications/transactions/Transactions98/emch/4bannister.pdf](http://www.ipenz.org.nz/ipenz/publications/transactions/Transactions98/emch/4bannister.pdf). Acesso em 30 abr. 2014.
- BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. **Introdução à Ventilação Natural**, Maceió: EDUFAL, 2005
- BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Brasília, 2012.
- \_\_\_\_\_. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Brasília, 2013.
- \_\_\_\_\_. Ministério das Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas**. Brasília, DF, 2011.
- CORBELLA, Oscar, CORNER, Viviane. **Manual de Arquitetura Bioclimática Tropical para a redução do consumo energético** (Anexo 5, em cd-rom). Rio de Janeiro: Revan, 2011.
- DIAS, Alice, et al. Influência dos ângulos de sombreamento no resultado do indicador de consumo da envoltória através do método prescritivo do RTQ-C. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Juiz de Fora, 2012. In: **Anais...** Juiz de Fora, 2012.
- KRAUSE, Claudia et al. **Bioclimatismo no Projeto de Arquitetura: Dicas de Projeto**. Apostila da disciplina Conforto Ambiental da FAU/UFRJ. Rio de Janeiro, 2005
- LAMBERTS, R. et al. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.
- MATOS, Juliana M. **Qualificação de edifícios residenciais verticais à luz do Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais (RTQ-R)**. Natal: PPGAU/UFRN. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), 2012.
- PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO (PRJ). Licenças e Habite-se. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br/web/smu/exibeconteudo?article-id=137043>>. Acesso em 13 jan. 2013.
- QUEIROZ, Natália et al. Análises paramétricas da equação de Graus Hora de Resfriamento da Etiqueta Residencial do PROCEL para Zonas Bioclimáticas 5 e 8. XI ENCAC, VII ELACAC, Búzios, 2011. In: **Anais...** ANTAC:Porto Alegre, 2011.
- RODRIGUES, Luciano S. **Ventilação natural induzida pela ação combinada do vento e da temperatura em edificações**. Ouro Preto: PROPEC/UFOP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), 2008.
- SANTANA, Marina; GHISI, Enedir. Influência do percentual de área de janela na fachada e da absorvância de paredes externas no consumo de energia em edifícios de escritórios da cidade de Florianópolis-SC. IX ENCACE V ELACAC, Ouro Preto, 2007. In: **Anais...** Ouro Preto, 2007.
- SORGATO, M. J.; VERSAGE, R.; LAMBERTS, R. **A influência da área da ventilação no desempenho térmico de edificações residenciais**. Nota Técnica Nº 03/2011. Florianópolis, LabEEE, 2011a. Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br/node/281>>. Acesso em 08 ago. 2012.
- \_\_\_\_\_. **Sombrear ou não sombreador janelas**. Nota Técnica Nº 02/2011. Florianópolis, LabEEE, 2011b. Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br/node/273>>. Acesso em 18 ago. 2012.
- ZIEBELL, Clarissa S. **Desenho de Aberturas e Comportamento Térmico de Ambientes de Simulação – Qualificação e quantificação para a região climática de Porto Alegre**. Porto Alegre: PROPARG/UFRGS. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), 2013.