

CONJUNTO DO PMCMV NO RJ: RAZÕES DA (INEFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO DECORRER DE SUA VIDA ÚTIL

Alice Brasileiro (1); Claudio Morgado (2); Carolina Luz (3)

(1) D.Sc., Prof^a do Dep. de Tecnologia da Construção da FAU/UFRJ, alicebrasileiro@ufrj.br, UFRJ/FAU/AMBEE

(2) M.Sc., Prof. do Dep. De Tecnologia da Construção da FAU/UFRJ, claudi.morgado@gmail.com,
UFRJ/FAU/AMBEE e UFRJ/COPPE/LABFUZZY

(3) Arquiteta, luzbcarol@gmail.com, UFRJ/FAU/AMBEE

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, DTC/AMBEE. Av. Pedro Calmon, nº 550 - Prédio da Reitoria/FAU - Sala 422, Ilha do Fundão - Rio de Janeiro - RJ, 21941-901, Tel.: (21) 3938-1629

RESUMO

O custo da energia elétrica demanda maior eficiência energética nas edificações. No Brasil, a indústria apresenta um consumo energético maior do que as residências, mas no estado do Rio de Janeiro essa situação se inverte. Esse fato, somado à produção em massa de habitações pelo Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), serve de alerta para levantar a questão de como estão sendo resolvidos aspectos de eficiência energética nas edificações entregues pelo programa no Rio de Janeiro. Utilizando um conjunto do PMCMV como estudo de caso, apenas a título de investigação, o objetivo do presente trabalho é verificar e discutir o nível de eficiência energética das habitações em um contexto de atendimento predominantemente quantitativo de unidades. Para a avaliação, foi utilizado o Método Prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, calculando-se a eficiência da envoltória de todas as unidades habitacionais do conjunto. Os resultados mostraram um desempenho aquém do que deveria, com a maior parte das unidades classificadas como “D” e nenhuma delas com “A” ou “B”, ou seja, são habitações que tendem a um consumo de energia elétrica mais elevado. Entre os principais fatores que contribuíram para esse quadro estão a insuficiência de ventilação natural, a grande exposição da envoltória, a orientação e as cores das fachadas. O presente estudo não é um caso isolado e, considerando que edificações têm décadas de vida útil, conclui-se que deveria haver uma mudança no paradigma que faz com que a política habitacional tenha um caráter predominantemente quantitativo, com um custo inferior de produção, porém mais elevado de manutenção, não somente monetário e ambiental, mas também um custo social imposto aos moradores, frente a vários relatos dos que cogitavam sair do conjunto devido aos gastos elevados com energia elétrica.

Palavras-chave: eficiência energética, RTQ-R, PMCMV

ABSTRACT

In Brazil, the industry sector has higher energy consumption than the residential sector; however, in the state of Rio de Janeiro the situation is reversed. This fact, added to the mass production of housing by the Minha Casa Minha Vida Program (PMCMV), raises the question of how the aspects of energy efficiency are being addressed in the buildings delivered by the program in Rio de Janeiro. Using one of the PMCMV social housing projects as a case study, for research purposes only, the objective of this paper is to verify and discuss the level of energy efficiency of the dwellings in a context which prioritizes the quantitative of units. For the evaluation, the Prescriptive Method of the Technical Regulation of the Quality of the Energy Efficiency Level of Residential Buildings was used to calculate the efficiency of the envelope of all the housing units of the selected housing project. The results showed a poor performance on a scale from ‘A’ to ‘E’. The majority of units are classified with a ‘D’ and none with an ‘A’ or ‘B’ classification, which shows that these units have high energy consumption. The natural ventilation insufficiency, the wide exposure of the envelope, the orientation and the facade colors are among the main factors that contribute to this scenario. Although this is a single example, it is not an isolated scenario. Therefore, when considering that buildings have a useful life that extends for decades, it is argued that there should be a shift in paradigm that

perpetuates housing policies that are predominantly quantitative. Housing projects prioritize 'low' production cost, which is accompanied by high maintenance costs, both monetary and environmental costs. In addition, there is also a financial burden imposed on the dwellers as observed through personal statements revealing that they consider moving out of this housing project due to the high electricity cost.

Keywords: energy efficiency, RTQ-R, PMCMV

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve origem em um Trabalho Final de Graduação¹, iniciado com uma avaliação pós-ocupação de um conjunto residencial de interesse social do Programa Minha Casa Minha Vida, localizado no município do Rio de Janeiro. Foram realizadas entrevistas com moradores e avaliações *in loco* com registros fotográficos. Nessa etapa embrionária do trabalho, chamou a atenção o fato de que vários moradores mencionaram a vontade de sair do conjunto, pela dificuldade em manter em dia o pagamento da conta de energia elétrica.

Esse fato, também percebido no contexto geral da habitação de interesse social carioca por Bodach e Hamhaber (2010), evidenciou como a etapa de manutenção e operação de uma edificação pode apresentar custos que venham a se tornar um problema, além dos dispêndios já supostamente contornados com a sua construção. Aliás, no setor específico de habitações de interesse social (HIS), o problema é mais grave, pois devido ao extremo controle dos custos de produção, criam-se situações nas quais o custo de manutenção das edificações acaba tornando-se maior (AMORE; SHIMBO; RUFINO, 2015). Segundo Ceotto (2006), 80% dos custos relativos à vida útil de uma edificação estão concentrados na fase de sua operação, tendo extrema predominância o custo relativo à energia consumida pela edificação. Portanto, em termos de eficiência energética, seus benefícios devem ser avaliados para todo o ciclo de vida do edifício (PACHECO *et alli*, 2012). Considerando o tempo de vida útil de uma edificação em torno de 50 anos, é justificável que um projeto residencial, mesmo de interesse social, seja contemplado com conformação projetual e especificação de materiais cujos parâmetros resultem em melhores condições de conforto ambiental e eficiência energética, ainda que a aquisição destes materiais e menores densidades por conjunto resultem em acréscimo do custo inicial geral. Estima-se, de modo empírico, que esse valor possa ser compensado em um período de até 10 anos de uso do imóvel, com a economia monetária obtida através da redução do consumo de energia elétrica usada para manutenção do conforto ambiental.

Berardi (2015) analisa que os países do BRIC² apresentam um consumo total de energia ascendente, e a expansão dos seus parques imobiliários levanta urgentemente a necessidade de eficiência energética nos edifícios. E apesar de haver diferenças entre países com diferentes realidades socioeconômicas e disponibilidade energética, Omrany *et alli* (2016), analisando os sistemas passivos para aumento da eficiência energética nas edificações, sugerem que entre 30-40% da energia global é utilizada para manter o clima confortável no interior dos edifícios.

Frente a esses dados, e voltando os olhos para as habitações, cabe ressaltar que há algumas diferenças nas características do consumo de energia elétrica no Brasil (Figura 1) e no Estado do Rio de Janeiro (Figura 2). Ambas as figuras representam os anos de 2010 a 2014 e a Figura 1 mostra que, no Brasil, o consumo energético industrial é decrescente e relativamente maior do que o consumo residencial. Mostra ainda que o consumo industrial decaiu 2,7% entre os anos de 2013 e 2014 devido à crise econômica que tem sido verificada no país. O consumo residencial brasileiro, entretanto, teve um acréscimo de 6,0% no mesmo período. Analisando, separadamente, o Estado do Rio de Janeiro, verifica-se que **o consumo residencial é superior ao consumo industrial** e mantém as características de crescimento anual (Figura 2). Entre os anos de 2013 e 2014 esse crescimento foi de 8,8%.

A análise desses dados de consumo energético do Brasil e do Rio de Janeiro leva à constatação de que o Rio de Janeiro tem uma matriz industrial de consumo inferior à média nacional, se comparada ao consumo residencial de energia elétrica. Esses dados levaram os autores a questionarem a relevância que é dada, na política habitacional, à redução de custos de obras de interesse social, sem uma análise cuidadosa e objetiva da operação subsequente, gerada pela elevação do consumo energético que estas envoltórias necessitarão para manutenção do conforto ambiental. Há que se considerar, também, que as crises econômicas, políticas e ambientais que vêm se abatendo sobre o Brasil têm levado a um encarecimento relevante da energia elétrica,

¹ A partir de pesquisas desenvolvidas pelos dois primeiros autores, o Trabalho Final de Graduação foi elaborado pela terceira autora, orientada pelo segundo.

² Brasil, Rússia, Índia e China.

o que faz retornar ao ponto já mencionado, da dificuldade da população em pagar pela energia elétrica, principalmente em habitações ditas de interesse social.

Segundo Mirrahimi *et alli* (2016), as escolhas de concepção e projetuais para uma edificação afetam diretamente os recursos energéticos necessários para prover aquecimento, arrefecimento, ventilação e iluminação dessa edificação. Sang *et alli* (2014), em pesquisa desenvolvida em clima quente-úmido (semelhante ao clima do Rio de Janeiro), mostraram a importância da envoltória no consumo energético de uma edificação, indicando, inclusive, a existência de uma significativa potencial redução no consumo de energia dedicado ao arrefecimento, no que diz respeito ao projeto e escolha de materiais. Ou seja, na medida em que a envoltória da edificação não provê conforto (especialmente térmico) suficiente, o usuário irá buscá-lo usando os meios que dispõe, geralmente consumidores de energia.

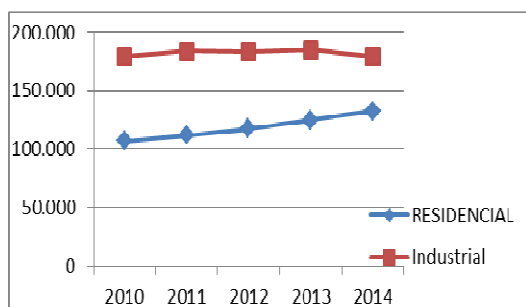


Figura 1 – Brasil – Consumo (GWh) anual. Fonte: elaborado a partir de Brasil, 2015.

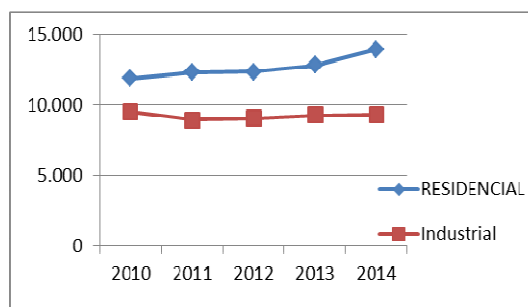


Figura 2 – Rio de Janeiro – Consumo (GWh) anual. Fonte: elaborado a partir de Brasil, 2015.

A esse respeito, Misni (2015), comentando sobre o consumo de energia na Malásia, aponta um quadro muito semelhante ao descrito acima, com o crescente uso de aparelhos de ar condicionado nos modelos *split* e de janela (os mais baratos). Esse uso tem contribuído sobremaneira para o aumento no consumo de energia, apesar da disponibilidade desta estar diminuindo, daí o aumento da importância da eficiência energética da envoltória das edificações. É por razão semelhante que os autores levantam o questionamento de avaliar o nível de eficiência energética do empreendimento do PMCMV, frente à anunciada evasão de moradores com dificuldade de arcar com os custos de energia elétrica em um conjunto que, supostamente, deveria atender a pessoas com baixo poder aquisitivo. O desempenho energético de uma habitação pode por em xeque o seu caráter de “interesse social”. Se o raciocínio for ampliado para todo o alcance do PMCMV, vislumbra-se um horizonte de más perspectivas para o consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro.

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho é verificar e discutir a eficiência energética da envoltória de edificações residenciais diante da necessidade de atendimento quantitativo da produção de habitações, por meio da avaliação do desempenho energético de um conjunto habitacional do Programa Minha Casa Minha Vida no Rio de Janeiro.

3. MÉTODO

Para avaliação do desempenho energético do conjunto habitacional no Rio de Janeiro, utilizou-se o Método Prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (BRASIL, 2012). A cidade faz parte da zona bioclimática 8 – ZB8 (ABNT, 2005), para a qual a avaliação da envoltória é feita somente para as condições de verão. Assim, foram calculados os $EqNumEnv_{Resfr}$ (Equivalente Numérico da Envoltória para Resfriamento) para todas unidades habitacionais (UH), de modo que fosse possível compreender como um exemplar da política habitacional brasileira se comporta frente ao desempenho energético, considerando seus elementos projetuais e construtivos. Embora a avaliação da eficiência energética considere também o sistema de aquecimento de água (BRASIL, 2012), este não será discutido no presente trabalho, pela sua “simplicidade” em termos de verificação, que pode ser quase resumida à existência ou não de um sistema eficiente, como gás ou aquecimento solar, versus um sistema não eficiente, como chuveiro elétrico. Como este trabalho pretende aprofundar a discussão em termos de razões para o desempenho energético, optou-se por focar o estudo no desempenho da envoltória, constituído por maior complexidade de variáveis envolvidas e conseqüentemente, mais difícil de ser bem atendido. Como informação adicional, cabe o registro de que no conjunto estudado o aquecimento da água é feito por meio de chuveiro elétrico.

Neste trabalho, o conjunto do PMCMV em questão será denominado, simplesmente, Conjunto³ (Figura 3). Ele faz parte da Faixa 1 do programa, de 0 a 3 salários mínimos e está localizado em um bairro da zona norte da cidade do Rio de Janeiro, com cerca de 700 unidades distribuídas em 31 blocos projetados. Seu sistema construtivo utiliza estrutura em concreto armado pré-fabricado e alvenaria de blocos cerâmicos, com cobertura em laje de concreto sob telhas de fibrocimento. Os dados projetuais e construtivos foram tabelados na sua totalidade, para inserção nas equações do RTQ-R (BRASIL, 2012). A classificação envolveu a análise individual de cada ambiente de permanência prolongada (APP)⁴ em cada UH e posteriormente, o resultado da UH é obtido pela média ponderada do resultado de cada APP por suas áreas úteis (além da verificação dos pré-requisitos de cada APP e UH). Assim, em cada APP, de cada UH, foram calculados previamente dados como área das fachadas voltadas para Norte/Sul/Leste/Oeste; área de paredes internas; área e orientação de aberturas considerando iluminação/ventilação naturais. Além desses elementos, também foram verificados os valores⁵ de transmitância térmica e capacidade térmica da envoltória; absorvância das diferentes cores empregadas nas fachadas e na cor da cobertura.

Para efetivação do cálculo, as UH foram distribuídas, inicialmente, pelas cores das fachadas dos blocos, visto que o valor de sua absorvância teria influência no mesmo. Em seguida, nos grupos de blocos de cores iguais, as UH foram novamente subdivididas, pela conformação do projeto; por sua orientação em relação ao norte; por posição no pavimento (extremidade ou centro) e finalmente, pela posição do andar (térreo, tipo ou cobertura). O partido adotado para todos os blocos do conjunto é a disposição linear, com as unidades colocadas lado a lado (Figura 4), com circulações vertical e horizontal sem vedações piso-teto (sendo, portanto, consideradas como ambientes abertos). Na implantação, ora foi utilizado o bloco inteiro, ora apenas uma parte deste.



Figura 3 – Um dos blocos do Conjunto.
Fonte: autores.

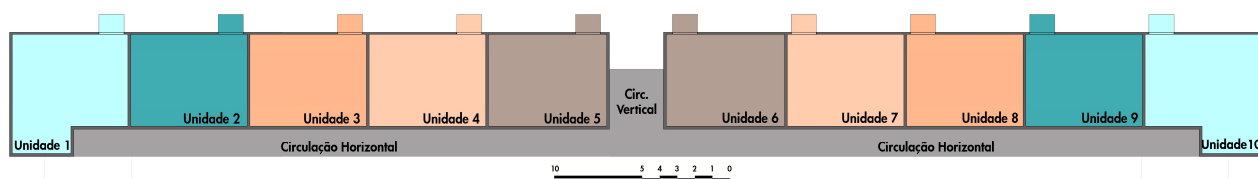


Figura 4– Pavimento-tipo de um dos blocos, com 10 unidades por pavimento. As cores empregadas são meramente ilustrativas, utilizadas apenas para melhor visualização das diferentes unidades (Fonte: edição gráfica sobre material de divulgação do PMCMV).

Após o processamento de todos os dados, as planilhas correspondentes foram calculadas e os resultados de cada unidade foram tabelados segundo sua classificação no RTQ-R (BRASIL, 2012) para a ZB8, como mostrado na Tabela 1, onde é possível ver também a cor atribuída a cada nível de classificação (expresso pelas letras A, B, C, D e E, do melhor para o pior nível). As letras da coluna esquerda representam faixas de classificação definidas segundo limites numéricos na coluna da direita, estabelecidos para a equação de $EqNumEnv_{Resfr}$ na ZB8, cujos resultados são produzidos em GHR⁶.

4. RESULTADOS

Foram realizadas as avaliações de classificação de eficiência energética de todas as UH do Conjunto com base nos níveis definidos para ZB 8 (Tabela 1). A Figura 5 apresenta um gráfico com os percentuais das unidades e suas respectivas classificações, representadas pelas cores constantes da Tabela 1. Analisando-se os resultados obtidos, pode ser dito que a avaliação da eficiência energética das envoltórias das UH do

³ Optou-se por omitir o nome real do conjunto pelo fato de que não faz parte das intenções dos autores constituir uma crítica aos projetos desenvolvidos por outros profissionais (mesmo porque, há diretrizes do PMCMV que antecedem e interferem sobremaneira nos projetos), mas tão somente, ilustrar como um dos exemplares da produção governamental de moradias se comporta em relação ao desempenho energético no atual panorama brasileiro.

⁴ Normalmente, em uma unidade habitacional, são considerados ambientes de permanência prolongada (APP), os dormitórios e as salas. Estas, quando têm a cozinha integrada, a incorporam formando um único APP para efeito de cálculo (BRASIL, 2012).

⁵ Dados utilizados a partir do Anexo Geral V (BRASIL, 2013) do RTQ-R (BRASIL, 2012).

⁶ GHR: Graus-hora de resfriamento, unidade na qual são produzidas as respostas na equação de $EqNumEnv_{Resfr}$, significando 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° C (BRASIL, 2012).

Conjunto indicou um desempenho muito aquém do que deveria ser esperado. A seguir, serão descritas as principais razões para este baixo desempenho.

Tabela 1 – Níveis de classificação segundo o RTQ-R (BRASIL, 2012)

Classificação	Resultado em GHR
A	GHR =< 5209
B	5209<GHR=<8365
C	8365<GHR=<11520
D	11520<GHR=<14676
E	GHR>14676

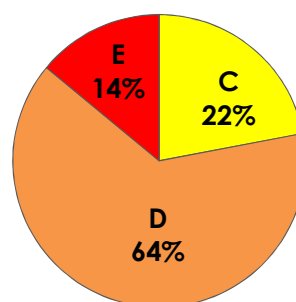


Figura 5 – Resultados da classificação das envoltórias de todas UH no Conjunto

4.1. Insuficiência de ventilação natural

A mais evidente leitura que pode ser feita dos resultados apresentados na Figura 5 é o fato de que não há nenhuma UH cuja classificação da envoltória tenha atingido níveis A ou B. Há mais de uma razão para esse fato, mas a comum a todas as unidades é o não atendimento ao pré-requisito da ventilação natural por APP (a área de ventilação deve corresponder a 10% da área do piso – BRASIL, 2012). Contando sempre com três APPs, **todas** as unidades deixaram de atender este pré-requisito nos três ou em dois ambientes, o que provocou, como consequência, um nível máximo possível de classificação da unidade em C, após a ponderação por área útil do APP. O não atendimento ocorre pelo modelo de esquadria adotado (Figura 6), uma janela de correr de duas folhas, que deslizam uma sobre a outra, além de uma pequena bandeira na parte superior. Nessa configuração, a área destinada à efetiva passagem de ar, mesmo com a esquadria totalmente aberta, não chega a 50% da área do vão na parede destinado à colocação da esquadria.

Antes da verificação do pré-requisito, em alguns casos isolados, verificou-se que alguns dormitórios de algumas unidades em blocos de cores mais claras obtiveram nível B, mediante contato com solo e/ou uma orientação mais favorável. Porém, ao se fazer a média ponderada da unidade, as classificações gerais não mantiveram o nível B, sendo a média final mais baixa que este (além, claro, do momento da verificação do pré-requisito de ventilação natural, caso em que a classificação cairia, forçosamente, para C).

Uma maneira de reverter esse quadro seria a substituição da esquadria por outro modelo que, quando fosse totalmente aberta, proporcionasse uma área maior de ventilação efetiva (pelo menos 10% da área do piso do ambiente). Com isso, de fato, o pré-requisito estaria atendido, mas além desse ponto de verificação, o próprio aumento na área de ventilação do APP também contribuiria para uma melhoria no seu nível de classificação, como pode ser visto nas células contornadas em azul na Tabela 2, sendo estas as únicas diferenças entre as duas colunas de APP. Elas representam o E_{vent} (fator de ventilação), ou o quanto a esquadria abre, relativamente ao vão na parede (0,90 significa que há ventilação efetiva em 90% do vão; 0,45 significa que há ventilação efetiva em 45% do vão). Notar na última linha a classificação dos APPs das citadas colunas, sendo C no APP com 90% e D no APP com 45%. Como colocado por Brasileiro, Morgado e Torres (2014), no Rio de Janeiro, a troca de uma esquadria que proporcione cerca de 45% do seu vão em área de ventilação efetiva (como o modelo utilizado no Conjunto) por outra que proporcione cerca de 90% (como as janelas “de abrir” ou as de correr que possuam trilhos mais extensos do que o vão) podem proporcionar um ganho, na classificação do ambiente ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$ – BRASIL, 2012), de até 27% do intervalo de classificação entre um nível e outro. Dependendo do resultado numérico obtido, isso pode significar a passagem para um outro nível (Figura 7), o que apenas confirma, em termos classificatórios, como a ação do vento e da temperatura, aliados aos mecanismos de aberturas das esquadrias, podem influenciar no desempenho térmico (e consequentemente, energético) das edificações (RODRIGUES, 2008).

Outra maneira de atender ao pré-requisito da ventilação natural por APP seria o aumento da área do vão destinado à esquadria. Esta opção, embora possa parecer mais simples a princípio (por manter o mesmo modelo de esquadria e apenas alterar o seu tamanho) pode se revelar, na verdade, mais problemática. O aumento do vão da esquadria utilizada faria com que fosse aumentada também a área da envoltória constituída por materiais



Figura 6 – Janela de um dos dormitórios no Conjunto.
Fonte: Autores

transparentes, o que traria um aumento direto na carga térmica recebida pela edificação, especialmente porque, uma eventual utilização de vidros especiais, que reduziriam, em parte, a incidência de calor, se apresenta fora dos padrões orçamentários do PMCMV. Além disso, como o tamanho dos APPs é relativamente pequeno, com dormitórios de área útil em torno de 7,5m² e uma extensão da parede na fachada com cerca de 3,20m, a esquadria, que atualmente possui 1,40m de largura, “libera” 1,80m de parede para que nela sejam encostados móveis e outros objetos. Com o aumento do vão e a consequente redução da área cega de parede, a ocupação do APP pode se tornar mais problemática.

Extrapolando o item ventilação, mas ainda no que diz respeito às esquadrias, a ausência de sombreamento nas aberturas é outro fator de extrema influência na classificação. Pode-se dizer que, caso o pré-requisito da ventilação natural tivesse sido atendido, haveria várias unidades que chegariam ao nível B de classificação caso suas esquadrias possuíssem venezianas incorporadas, leitura que também pode ser feita a partir da Figura 7. Do mesmo modo, se o problema do fraco desempenho energético fosse devido somente ao não atendimento do pré-requisito, sendo por isto limitado à classificação C, a existência das venezianas impulsionaria as demais unidades, que obtiveram D e E, para a classificação C também, como pode ser visto nas células contornadas em lilás na Tabela 2.

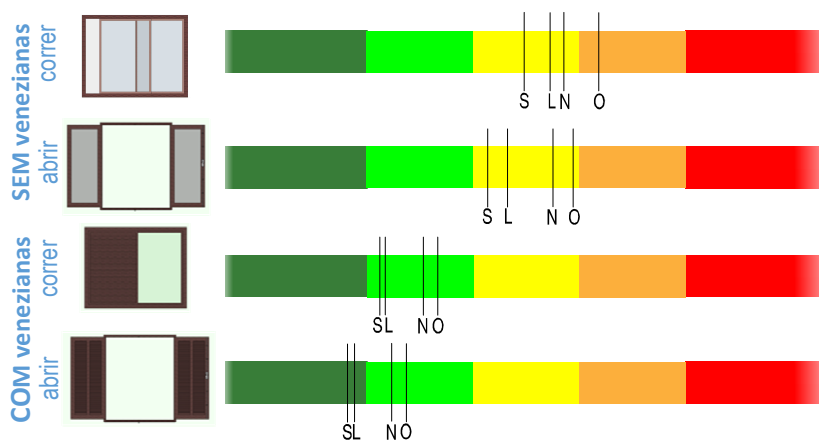


Figura 7 - Diferenças de classificação pelo uso de diferentes esquadrias, em cada orientação (N/S/L/O). Notar que nos modelos sem venezianas (caso do Conjunto), a substituição da janela de correr pela janela de abrir faz com que um APP voltado para a orientação Oeste deixe de ser classificado como **D** e entre na faixa de classificação **C**.

Fonte: Brasileiro, Morgado e Torres (2014)

4.2. Posição da UH no pavimento – área de envoltória – tamanho do APP

Também contribuiu para o fraco desempenho energético da envoltória do Conjunto a relação entre a posição da UH no pavimento e a sua maior ou menor área de envoltória, conjugado ao tamanho do APP. Por se apresentarem linearmente (Figura 4) em cada bloco, pelo menos duas UH em cada pavimento possuem três de suas quatro faces voltadas para o ambiente externo, isso quando o bloco adota menos unidades, com a circulação vertical (aberta) em uma das suas extremidades. Quando o bloco possui mais unidades, a circulação vertical (também aberta), colocada no centro do pavimento, faz com que haja quatro UH mais expostas. Em contrapartida, todas as unidades intermediárias do pavimento possuem suas faces laterais sendo compartilhadas por outras unidades, e duas faces (que se tornam fachadas) voltadas para a frente e para os fundos do bloco. Essa configuração faz com que nas unidades intermediárias haja ventilação cruzada – outro pré-requisito que deve ser atendido, mas não haja exposição excessiva da UH ao ambiente externo. As unidades das extremidades, por sua vez, por mais que pudessem aproveitar melhor o benefício da ventilação cruzada, pelas múltiplas possibilidades de fachadas disponíveis para colocação de aberturas, não o fazem assim devido à padronização projetual, e por outro lado, estão sempre mais expostas às trocas térmicas através da envoltória, o que contribui para o rebaixamento de sua classificação, o que, de fato, se confirmou na avaliação do desempenho energético do Conjunto. Na Tabela 2 pode ser visto o mesmo APP com uma ou duas paredes externas e suas respectivas classificações. Matos (2012), em pesquisa desenvolvida na cidade de Maceió (também ZB8), igualmente verificou a relação entre maior área de envoltória e pior desempenho, e Brasileiro, Morgado e Almeida (2016) constataram a existência do mesmo problema em outros empreendimentos do PMCMV no Rio de Janeiro.

Não somente a maior área de envoltória, mas a sua relação com o volume do APP também influencia no desempenho energético. Segundo Brown e Dekay (2004), para um mesmo volume, envoltórias maiores podem significar uma vantagem se a estratégia bioclimática for o aquecimento e a fachada for orientada a

Norte. Porém, se a estratégia objetivar o resfriamento, como no Rio de Janeiro, e a fachada for orientada a Leste ou Oeste⁷, a maior área de envoltória pode representar uma desvantagem a ser enfrentada. Esse fato pôde ser verificado no Conjunto, onde dormitórios de mesmo pé-direito e área de fachada, mas com profundidades diferentes, apresentaram resultados numéricos (GHR) diferentes nas suas avaliações, sendo piores os de menor profundidade, ou seja, menor volume de APP por área de envoltória. Santana, Guimarães e Carlo (2015), em um estudo de parametrização no desempenho energético de edificações na ZB3, também chegaram a resultados que indicam que, na situação de verão, a eficiência da envoltória piora com a diminuição da área (volume) dos APPs.

4.3. Orientação

Pacheco *et alli* (2012) indicam que os fatores com maior repercussão na demanda final de energia de uma edificação são a forma e a relação entre as superfícies exteriores e o volume do edifício e a **orientação** da construção. De fato, esse é um dos elementos que mais influenciaram nos fracos resultados generalizados do Conjunto (ver diferenças de orientação na Tabela 3, células contornadas em vermelho). Dos 31 blocos, 29 estão orientados no sentido Norte-Sul, expondo as maiores áreas de fachadas às direções Leste-Oeste. Apenas 2

Tabela 2 – Dados extraídos da Planilha de Cálculos do RTQ-R, exibindo cálculos do GHR para o mesmo APP Quarto 2, ressaltando as variáveis: uma ou duas paredes externas (contorno vermelho); Fvent 0,90 ou 0,45 (contorno azul) e Somb 0 ou 1 (contorno lilás). As duas primeiras colunas de APP tiveram modificadas somente as células em contorno, com o propósito de comparação com os resultados reais das outras duas colunas de APP. Nota: as linhas das variáveis ISOL, CA e CR foram omitidas por serem desnecessárias na presente análise. Fonte: Autores a partir de planilha eletrônica disponibilizada em www.pbeedifica.com.br.

Zona Bioclimática	ZB	ZB8	ZB8	ZB8	ZB8
Ambiente	Identificação	Qto 2	Qto 2	Qto 2	Qto 2
	Área útil do APP	7.15	7.15	7.15	7.15
Situação do piso e cobertura	Cobertura	0	0	0	0
	Contato com solo	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	0.00	0.00	0.00	0.00
	CTcob	1.00	1.00	1.00	1.00
	acob	0.00	0.00	0.00	0.00
Paredes Externas	Upar	2.46	2.46	2.46	2.46
	CTpar	150.00	150.00	150.00	150.00
	apar	0.40	0.40	0.40	0.40
Característica construtiva	CTbaixa	0	0	0	0
	CTalta	0	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	0.00	0.00	0.00	0.00
	SUL	6.06	6.06	6.06	0.00
	LESTE	0.00	0.00	0.00	0.00
	OESTE	6.71	6.71	6.71	6.71
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	0.00	0.00	0.00	0.00
	SUL	0.00	0.00	0.00	0.00
	LESTE	0.00	0.00	0.00	0.00
	OESTE	1.42	1.42	1.42	1.42
Características das Aberturas	Fvent	0.90	0.45	0.45	0.45
	Somb	0.00	1.00	0.00	0.00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	12.64	12.64	12.64	18.44
	Pé Direito	2.58	2.58	2.58	2.58
	C altura	0.361	0.361	0.361	0.361
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	C	B	D	C
		11224	7351	12090	11471

blocos foram posicionados na orientação oposta⁸. Como os blocos têm uma forma linear, alguns chegando a ter dez unidades por pavimento, umas ao lado das outras, a carga térmica recebida pelas unidades, todas com fachadas Leste/Oeste, é bem significativa e interfere de forma decisiva na classificação. Kannan, citado por Mirrahimi *et alli* (2016), afirma que, independentemente da forma da construção, edifícios orientados com seu maior eixo na direção Leste-Oeste consomem 10% menos energia do que os edifícios cujo maior eixo é orientado na direção Norte-Sul, caso de quase todos os blocos do Conjunto. A orientação adequada das edificações não é uma questão nova; ela antecede à própria sistemática da classificação de eficiência energética, podendo ser encontrada em referências clássicas como Olgyay (1998) e em autores que reafirmam, com o passar dos anos, sua importância, como Corbella e Yannas (2009), Keeler e Burke (2010) e Kwok e Grondzik (2013), entre muitos outros.

A escolha da orientação para as edificações em um conjunto habitacional passa, além das recomendações técnicas já mencionadas, pela contabilização de quantas unidades poderão ser erigidas naquelas edificações. A orientação terá consequências diretas na implantação e no afastamento entre os blocos, dentro dos limites das dimensões do terreno disponível. Infelizmente, no âmbito de um programa habitacional como o PMCMV, nem sempre é a recomendação técnica que prevalece,

⁷ Orientação será o próximo item a ser analisado.

⁸ Novamente, cabe a menção de que aqui não há nenhuma crítica ao projeto em si; as diretrizes e as ambiciosas metas quantitativas do PMCMV produzem situações nas quais, para atingir a densidade populacional estabelecida, vários aspectos qualitativos são abandonados; a orientação (e no caso, seus devidos mecanismos de proteção e sombreamento) é um deles.

sendo necessário lidar com diretrizes político-econômicas e até a disponibilidade de terrenos que possam ser utilizados para este fim. No entanto, ainda que todas as complexas variáveis envolvidas em um programa habitacional produzam uma solução projetual com uma orientação não recomendada do ponto de vista arquitetônico, de conforto ambiental e de eficiência energética, há mecanismos que podem reduzir o impacto de uma orientação inadequada. Especificamente no Rio de Janeiro, podem ser sombreadas fachadas e aberturas e podem ser construídas envoltórias com menores índices de transmitância térmica e absorvância, pensando apenas em meios de contornar a questão da orientação. Porém, com exceção da absorvância, os outros mecanismos citados implicam em um custo maior, que normalmente é um dos entraves na execução de um programa habitacional.

4.4. Outros elementos

Outros elementos merecem ser analisados. Há uma intrincada conexão entre as diferenças de áreas de envoltória voltadas para cada orientação em cada APP, o que além de provocar, por si só, diferenças nos resultados, quando combinada a outros fatores, faz com que seja alcançado apenas o nível E de classificação,

o mais baixo possível. Entre esses fatores, podem ser mencionados como decisivos:

Tabela 3 - Dados extraídos da Planilha de Cálculos do RTQ-R, exibindo cálculos do GHR para o mesmo APP Quarto 1. As duas primeiras colunas de APP evidenciam, em contorno vermelho, as diferentes orientações do mesmo APP em diferentes blocos e consequentes diferenças nas orientações de aberturas. As duas últimas colunas evidenciam, em contorno azul, a diferença no valor da absorvância em blocos com cores diferentes nas fachadas. Nota: as linhas das variáveis ISOL, CA e CR foram omitidas por serem desnecessárias na presente análise. Fonte: Autores a partir de planilha eletrônica disponibilizada em www.pbeedifica.com.br.

- Situação do andar: as unidades situadas no pavimento térreo apresentam um desempenho melhor do que as unidades situadas no pavimento tipo e na cobertura, pela possibilidade de resfriamento na troca térmica com o solo;

- Cores utilizadas nas fachadas dos blocos: todas as unidades que receberam classificação E se encontram nos blocos de cores mais escuras do que os demais, portanto, com valores maiores de absorvância solar. Os blocos de cores mais claras evitaram que as unidades das extremidades, nos pavimentos tipo e cobertura ficassem com a classificação E (ver Tabela 3, células contornadas em azul);

- Apesar de já mencionado em outro item (para mostrar a relação com as esquadrias) um dos fatores mais decisivos para o baixo desempenho geral é a ausência de sombreamento nas aberturas. Mesmo considerando que alguns APPs têm um sombreamento parcial pela presença da circulação horizontal de acesso aos blocos, ela promove, como dito, sombreamento apenas parcial, podendo ser considerado somente em APPs que não sejam dormitórios⁹. Nesse caso, seria o APP sala, cujo sombreamento parcial proporcionado pela circulação não é suficientemente capaz de interferir no sentido de obter uma melhor classificação.

Todas as razões aqui elencadas que contribuíram para o baixo desempenho na classificação de eficiência energética do

Zona Bioclimática	ZB	ZB8	ZB8	ZB8	ZB8
Ambiente	Identificação	Qto 1	Qto 1	Qto 1	Qto 1
	Área útil do APP	8.10	8.10	8.10	8.10
Situação do piso e cobertura	Cobertura	0	0	0	0
	Contato com solo	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	0.00	0.00	0.00	0.00
	CTcob	1.00	1.00	1.00	1.00
	acob	0.00	0.00	0.00	0.00
Paredes Externas	Upar	2.46	2.46	2.46	2.46
	CTpar	150.00	150.00	150.00	150.00
	apar	0.29	0.29	0.29	0.76
Característica construtiva	CTbaixa	0	0	0	0
	CTalta	0	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	6.84	0.00	6.84	6.84
	SUL	0.00	6.84	0.00	0.00
	LESTE	0.00	6.71	0.00	0.00
	OESTE	6.71	0.00	6.71	6.71
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	0.00	0.00	0.00	0.00
	SUL	0.00	0.00	0.00	0.00
	LESTE	0.00	1.42	0.00	0.00
	OESTE	1.42	0.00	1.42	1.42
Características das Aberturas	Fvent	0.45	0.45	0.45	0.45
	Somb	0.00	0.00	0.00	0.00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	13.41	13.41	13.41	13.41
	Pé Direito	2.58	2.58	2.58	2.58
	C altura	0.319	0.319	0.319	0.319
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	D	C	D	E
		13376	9420	13376	16405

⁹ Dormitórios em ZB8 não admitem, para efeito da classificação da eficiência energética, o sombreamento parcial, proporcionado por beirais e similares, devendo possuir a possibilidade de um sombreamento total de suas aberturas, promovido pelo uso de esquadrias com venezianas (BRASIL, 2012).

Conjunto nos mostram que há questões mais complexas de serem resolvidas, como a orientação, mas também há aquelas de solução mais simples, como o uso de esquadrias adequadas. Todas elas contribuem para que as edificações produzidas hoje consumam menos energia durante o seu uso e ocupação.

5. CONCLUSÕES

A classificação de um conjunto do PMCMV no Rio de Janeiro apenas tomou um exemplo, entre tantos outros, de como a questão habitacional parece seguir em desalinho com a questão ambiental e de eficiência energética. Dar condições satisfatórias de conforto ambiental ao ocupante de uma edificação é um caminho para que ele não procure esse conforto utilizando meios ativos, consumidores de energia. E mesmo que a NBR 15220 (ABNT, 2005) indique que na ZB8, onde está a cidade do Rio de Janeiro, o condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes, ainda assim, durante uma boa parte do ano, ele pode ser alcançado, por meio de uma envoltória que seja mais responsiva às condições climáticas do local de implantação. No hemisfério norte, por exemplo, onde o frio é mais problemático do que o calor, Berardi (2015) menciona o quão importantes para a economia de energia podem ser as envoltórias das edificações, indicando que envoltórias de alto desempenho podem obter uma redução global de 33% na demanda por energia dos edifícios, sendo elas prioridades nas zonas frias dos Estados Unidos, União Europeia e Rússia.

No Brasil, as edificações são responsáveis por cerca de 50% do consumo de energia elétrica (BRASIL, 2015). Falando em linhas gerais sobre o consumo de energia pelo setor das edificações, Wang, Yan e Xiao (2012) mencionam que uma grande parte desse consumo é desperdiçada devido a falhas que começam na concepção do projeto, passam pela construção e seguem até o estágio da operação dos edifícios. No caso do PMCMV, há diretrizes projetuais e construtivas estabelecidas pelo programa que visam o fornecimento do maior número possível de habitações, no menor espaço de tempo, nos terrenos disponíveis para esse fim. Sem retirar o mérito que o provimento de moradias possui, especialmente em um país com grande déficit habitacional, levanta-se a questão de que não somente a quantidade deva ser atendida (embora ainda esteja longe de ser alcançada), mas também, que a oferta seja feita por moradias com qualidade. Essa qualidade deve ser buscada em todos os complexos aspectos sócio-culturais-econômicos que envolvem uma habitação de interesse social, mas também, em seus aspectos técnicos, inclusive no sentido de prover conforto ao seu habitante e conseqüentemente, fazer com que seja necessário um menor consumo de energia para aquela edificação ser habitada confortavelmente.

Os dados já mencionados neste trabalho, de que o Estado do Rio de Janeiro apresenta, relativamente, um consumo residencial maior de energia do que o país como um todo, trazem mais intensidade ao alerta de que as edificações que são construídas hoje serão ocupadas por várias décadas, tempo durante o qual estarão consumindo energia. Como será a disponibilidade do parque energético durante esse tempo? E mesmo que haja franca disponibilidade, a que custo será fornecida?

Quando se fala em habitação de interesse social, o principal limitador que surge também é o seu custo, mas e o custo de erguer uma edificação “barata” de ser construída, porém muito mais cara de ser mantida? Sustenta-se que é necessária uma mudança de paradigma nos preceitos construtivos para o Brasil; pode ser pensado, por exemplo, que no século XIX as residências não possuíam banheiros em seu interior. Em algum momento, os banheiros passaram a fazer parte do interior das habitações e hoje em dia é impensável que a sua retirada seja uma opção para baratear o custo de uma edificação. Da mesma forma, é necessário que em algum momento, não distante dos dias atuais, passe a ser impensável continuar a produzir edificações que sejam grandes consumidoras de energia, quando na verdade, elas estão muito mais desperdiçando do que consumindo, por todos os aspectos técnicos ligados à envoltória, aqui levantados, entre diversos outros que existem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3** Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- AMORE, Caio; SHIMBO, Lúcia; RUFINO, Maria. **Minha casa... e a cidade? Avaliação do programa minha casa minha vida em seis estados brasileiros**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015, pp 11-27.
- BERARDI, Umberto. Building energy consumption in US, EU, and BRIC countries. **Procedia Engineering**. V.118, pp. 128 – 136, 2015.
- BODACH, Susanne; HAMHABER, Johannes. Energy efficiency in social housing: Opportunities and barriers from a case study in Brazil. **Energy Policy**. V.38, pp. 7898–7910, 2010.
- BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015 - Ano base 2014**. Rio de Janeiro, 2015
- BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Brasília, 2012.
- _____. **Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações**. Brasília, 2013 [Anexo Geral V].
- BRASILEIRO, Alice; MORGADO, Claudio; ALMEIDA, Tatiane. Elementos projetuais para elevação da classificação do nível de

- eficiência energética em conjuntos habitacionais do PMCMV no Rio de Janeiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.
- BRASILEIRO, Alice; MORGADO, Claudio; TORRES, Thiago. Influência das esquadrias na classificação do nível de eficiência energética de habitações no RJ. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, 2014, **Anais...** Maceió, ENTAC 2014.
- BROWN, G. Z.; DEKAY, Mark. **Sol, vento & luz: estratégias para o projeto de arquitetura**. São Paulo: Bookman, 2004.
- CEOTTO, Luiz Henrique. A Construção Civil e o Meio ambiente: 1ª parte. **Notícias da Construção**, Ed. 51, São Paulo: Sinduscon SP, 2006. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/secoes.asp?subcateg=74&categ=16>>. Acesso em 30 nov. 2011.
- CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan, 2009.
- KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- KWOK, Alison G.; GRONDZIK, Walter T. **Manual de Arquitetura Ecológica**. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- MATOS, Juliana M. **Qualificação de edifícios residenciais verticais em Natal/RN à luz do Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais (RTQ-R)**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). PPGAU/UFRN, 2012.
- MIRRAHIMI, Seyedehzahra *et alli*. The effect of building envelope on the thermal comfort and energy saving for high-rise buildings in hot-humid climate. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. V.53, pp. 1508–1519, 2016.
- MISNI, Alamah. The effect of building construction and human factors in cooling energy use. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**. V. 202, pp. 373 – 381, 2015.
- OLGYAY, Victor. **Arquitetura y Clima–Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.
- OMRANY, Hossein *et alli*. Application of passive wall systems for improving the energy efficiency in buildings: A comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. V.62, pp. 1252-1269, September 2016.
- PACHECO, R. *et alli*. Energy efficient design of building: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. V.16, pp. 3559– 3573, 2012.
- 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.
- SANG, Xiaoxia *et alli*. Informing Energy-efficient Building Envelope Design Decisions for Hong Kong. **Energy Procedia**. V. 62, pp. 123 – 131, 2014.
- SANTANA, L.O; GUIMARÃES, Í.B.B; CARLO, J.C., 2015. Parametrização aplicada ao desempenho energético de edificações. **V!RUS**, São Carlos, n. 11, 2015. [online] Disponível em:<<http://www.nomads.usp.br/virus/virus11/?sec=4&item=4&lang=pt>>. Acesso em: 09 fev. 2017.
- WANG, S.; YAN, C.; XIAO, F. Quantitative energy performance assessment methods for existing buildings. **Energy and Buildings**. V. 55, pp. 873–888, 2012.