



QUALIDADE DO HABITAR

DESIGN DE ESQUADRIAS PARA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA DA HABITAÇÃO SOCIAL BRASILEIRA

**SILVA, L. M. O. (1); COSTA, S. M. M. (2) ENGLER, R. C. (3) LOURA, R. M. (4);
ASSIS, E.S. (5)**

1. Universidade do Estado de Minas Gerais. Escola de Design.
Av. Antônio Carlos, 7545, São Luiz Belo Horizonte, Minas Gerais.
laurenemarques@hotmail.com

2. Universidade do Estado de Minas Gerais. Escola de Design.
Av. Antônio Carlos, 7545, São Luiz Belo Horizonte, Minas Gerais
suellen.costa@uemg.br

3. Universidade do Estado de Minas Gerais. Escola de Design.
Av. Antônio Carlos, 7545, São Luiz Belo Horizonte, Minas Gerais.
rita.engler@uemg.br

4. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura.
Rua Paraíba, 697, Funcionários, Belo Horizonte, Minas Gerais.
rejaneml@gmail.com

5. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura.
Rua Paraíba, 697, Funcionários, Belo Horizonte, Minas Gerais.
eleonorasad@yahoo.com.br

RESUMO

Segundo a Fundação João Pinheiro (2018), em 2015 o déficit habitacional brasileiro consistia em 6.355.743 residências, sendo que no estado de Minas Gerais o valor correspondia a 575.498 unidades. Nota-se, portanto, que a carência de moradias ainda não foi solucionada no país. No intuito de reduzir o déficit em prazos relativamente curtos, diversas iniciativas de produção em massa foram implantadas no Brasil ao longo dos anos. Como resultado, pode-se ver nos tecidos urbanos das cidades brasileiras, de norte a sul do país, diversos conjuntos habitacionais homogêneos e monótonos, destinados, principalmente, à população de baixa renda. No entanto, soluções padronizadas não tem respondido às necessidades dos usuários, haja vista a diversidade climática e cultural de um país com dimensões continentais. Portanto, faz-se necessário buscar novos métodos de projeto capazes de garantir uma razoável velocidade de construção, sem perder de vista as necessidades dos futuros moradores. Nesse contexto, Azuma *et al.* (2017) apresentaram a customização de massa para habitação social por meio da elaboração de um protótipo físico paramétrico em escala reduzida. A proposta permite oferecer ao usuário certo grau de customização da habitação, possibilitando a escolha de alguns componentes construtivos dentro de opções pré-estabelecidas. Ademais, também são viáveis algumas alterações na posição dos componentes. Todavia, a aplicação do método requer a criação de um banco de dados de componentes construtivos que considere, dentre outras questões, o conforto térmico dos moradores. Por considerar as esquadrias um dos pontos frágeis da habitação social em termos de desempenho térmico, este

trabalho destina-se a elaborar um banco de dados de portas e janelas que melhor atenderiam unidades habitacionais de interesse social no município de Belo Horizonte, Minas Gerais. A metodologia consiste em levantar os modelos disponíveis no mercado para o segmento popular e analisar o design das esquadrias sob o ponto de vista do conforto térmico, bem como avaliar o potencial dos componentes em promover ventilação natural, sem perder de vista as limitações de custo que a habitação de interesse social impõe. Como resultado, espera-se obter uma listagem das esquadrias mais adequadas para o clima do município, considerando também a necessidade de adaptação às mudanças climáticas. Tal catálogo consiste na primeira etapa para a aplicação da customização de massa proposta por Azuma *et al.* (2017) no município, com vistas a contribuir para a melhoria da qualidade da habitação social no Brasil.

Palavras-chave: Habitação de Interesse Social, customização de massa, design de esquadrias.

Introdução

Segundo Melchior e Almeida (2015), a habitação tem sido amplamente discutida, em função da relevância social do tema, em especial para os países da América Latina, com significativos problemas sociais. Na primeira década do século 21 nota-se que no Brasil mais de 85% da população vive em cidades. Sabe-se também que no meio urbano é elevado o déficit habitacional. As autoras estudaram diversos programas habitacionais do Brasil, incluindo um dos mais recentes, o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Por fim, afirmam que o caso por elas estudado aponta para uma tendência de periferização dos empreendimentos do programa destinados às menores faixas de renda.

Corroborando a tendência detectada por Melchior e Almeida (2015), Azuma *et al.* (2017) afirmam que o sistema de produção em massa de habitações desencadeou uma série de problemas posteriores à entrega das unidades, dentre os quais pode-se destacar os enormes conjuntos habitacionais na periferia das cidades, gerando concentração de pobreza, bem como moradias que não atendem às necessidades dos usuários. Essas demandas não atendidas podem gerar nas unidades habitacionais ampliações, adaptações, custos adicionais, dentre outros impactos, consequências essas que foram estudadas anteriormente por Marroquim e Barbirato (2007). Tais ajustes muitas vezes são feitos pelos próprios moradores, sem qualquer assistência técnica, e conseqüentemente, podem comprometer a qualidade das habitações como um todo.

Segundo a Fundação João Pinheiro (2018), em 2015 o déficit habitacional brasileiro consistia em 6.355.743 residências, sendo que no estado de Minas Gerais o valor correspondia a 575.498 unidades. Dado a carência de moradias, de modo geral, os programas habitacionais favorecem a produção de unidades em larga escala, de modo a atender com celeridade a demanda por habitação. Contudo, Siqueira e Araújo (2014) reforçam a necessidade da atenção à qualidade das moradias.

Apesar da celeridade proporcionada pelo uso de tipologias padronizadas para a habitação social, em um país de dimensões continentais como o Brasil, tipologias habitacionais adequadas a um determinado clima e cultura podem ser ineficientes quando aplicadas em outro local. Por outro lado, o projeto customizado das residências, embora possam atender necessidades específicas dos usuários, dilatam os prazos para a entrega das unidades. Uma alternativa para equacionar tais variáveis é a customização de massa, a qual será descrita mais adiante neste trabalho.

No âmbito da construção civil, Azuma *et al.* (2017) aplicaram a customização de massa por meio do desenvolvimento de um protótipo físico paramétrico em escala reduzida. Tal processo requer a criação de *kits* de componentes para escolha dos usuários. Tal procedimento levanta alguns questionamentos sobre os tipos de componentes disponíveis no mercado para a habitação de interesse social, bem como o desempenho térmico dos mesmos. Com o intuito de responder a essas questões, desenvolveu-se esta pesquisa, que tem por objetivo analisar uma das modalidades de componentes, as esquadrias.

Considerando o contexto do município de Belo Horizonte, esse trabalho destina-se a investigar e a analisar os modelos de portas e janelas para a habitação popular disponíveis no mercado, bem como propor diretrizes para melhoria do design das esquadrias existentes. Tais diretrizes consideram, além das características climáticas atuais, as previsões de mudança climática para os núcleos urbanos divulgados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.

Customização de Massa

Segundo Azuma *et al.* (2017), nos últimos anos, os programas governamentais brasileiros, como o Programa Minha Casa Minha Vida, normalmente enfrentam a questão da falta de moradias por meio da produção em série de unidades padronizadas, não possibilitando aos usuários a definição de sua própria residência. Por outro lado, constitui desafio considerável a provisão rápida em grande escala de habitações personalizadas. Como alternativa para a solução desse impasse, os autores apresentam o conceito de customização em massa (CM).

A CM tem como essência o fornecimento de bens e serviços que estejam de acordo com as necessidades ou desejos dos clientes/usuários e para que isso ocorra, insere o usuário no processo de design do produto adquirido (Azuma *et al.*, 2017, p.1).

Os autores explicam que a CM consiste na associação da produção em massa com a customização individual de bens e serviços e que esse método pode ser recentemente viabilizado em diversos setores devido, entre outros fatores, aos avanços na tecnologia da informação. Convém notar que os produtos gerados por meio da customização de massa apresentam custos semelhantes aos padronizados produzidos em série (Azuma *et al.*, 2017).

Nesse sentido, os autores apresentam um protótipo físico paramétrico em escala reduzida (Figura 1) capaz de permitir a participação dos usuários no processo decisório para customização de sua habitação.

Aos usuários são apresentadas opções de componentes (mobiliário, louças sanitárias, esquadrias, etc.) para que seleção do futuro morador. Além disso, cabe a ele definir também a posição dos componentes nos ambientes. Logo, os clientes configuram os espaços internos da residência com base em opções apresentadas. Cada componente possui um código de barras e código QR (Figura 2), de modo que, após a definição dos ambientes, é possível escanear cada item e alimentar uma planilha de inventário. Tal planilha por sua vez, demonstra o custo da habitação. Tal procedimento pode, portanto, orientar os usuários na escolha de suas prioridades (Azuma *et al.*, 2017).

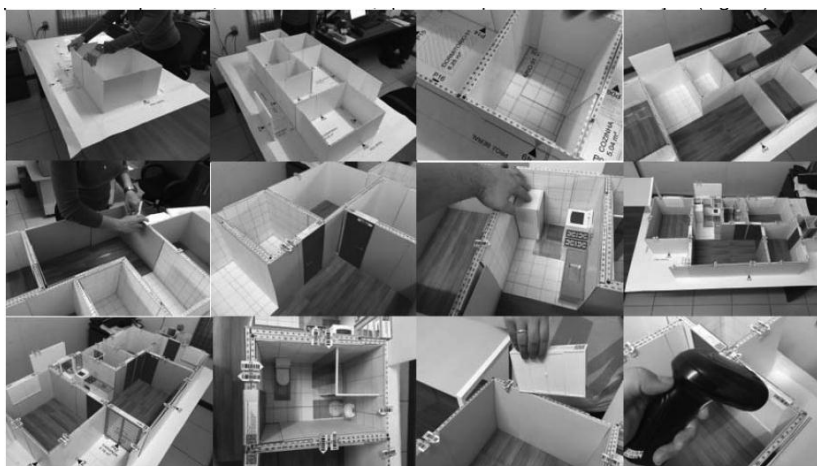


Figura 1: protótipo físico paramétrico em escala reduzida.

Fonte: Azuma *et al.*, 2017.



Figura 2: Componentes com código de barras e código QR.

Fonte: Azuma *et al.*, 2017.

Embora ainda distante do ideal de habitação social personalizada, o modelo proposto pelos autores constitui avanço no tocante à qualidade da habitação social. Uma vez que considera a vivência do usuário no processo de projeto das habitações, o método proposto por Azuma *et al.* (2017) aproxima-se do atendimento das necessidades reais dos futuros moradores, visando uma contribuição eficiente para a melhoria da qualidade de vida dos usuários. O procedimento pode, inclusive, ser aplicado em diferentes locais do Brasil. Contudo, a eficiência do método depende, dentre outros fatores, da criação de um banco de dados de componentes compatível com as especificidades locais, como, por exemplo, as características climáticas, os materiais disponíveis e os processos construtivos típicos de cada região.

Conforto Ambiental e Mudanças Climáticas

Uma das definições estabelece que conforto ambiental é um conjunto de condições ambientais que possibilitam às pessoas sensações de bem-estar térmico, acústico, visual e antropométrico, sem prescindir do conforto olfativo e da qualidade do ar (Lamberts *et al.*, 2014).

Por sua vez, a NBR 15575:2013 estabelece critérios e requisitos para as edificações habitacionais brasileiras de até cinco pavimentos, considerando, dentre outras questões, o conforto térmico dos usuários. Para a definição de limites para a temperatura interna dos ambientes tal normativa considera a divisão do país em zonas bioclimáticas, conforme estabelecido anteriormente pela NBR 15220:2005. Tal classificação possibilita o estabelecimento de estratégias construtivas diferenciadas, de modo a considerar a diversidade climática do país, em detrimento de solução única. Segundo as normas brasileiras, para o clima de Belo Horizonte, convém promover a ventilação dos ambientes para garantia do conforto térmico no verão. Porém, para o inverno, deve-se permitir a incidência solar para aquecimento da edificação, bem como uso de paredes com inércia térmica (ABNT, 2005).

Embora as normas brasileiras sejam importante referência para o projeto de edificações com vistas ao atendimento das necessidades de conforto térmico dos usuários, é necessário considerar também as previsões de mudança climática para os próximos anos.

Em publicação recente, INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2018) aborda os impactos do aquecimento global. Segundo este relatório, está previsto um acréscimo de 1,5°C na temperatura do planeta nas décadas entre 2030 e 2052 em relação ao período pré-industrial, caso as taxas de aumento atuais sejam mantidas.

Consequentemente, modelos climáticos sinalizam significativas diferenças em climas regionais: aumento da temperatura média na maioria das regiões continentais e oceânicas; calor extremo na maioria das regiões habitadas; precipitações intensas em algumas áreas e probabilidade de seca e precipitação deficiente em outras. O relatório considera o contexto do fortalecimento das responsabilidades na abordagem das mudanças climáticas.

Sobre as mudanças climáticas, Pereira (2018) afirma que a questão é mais grave em países em desenvolvimento, uma vez que, aos desafios colocados pelas mudanças climáticas, somam-se problemas crônicos de desigualdade social, pobreza e baixa capacidade técnico-institucional dos governos locais.

Portanto, as previsões sinalizam para a significativa alteração no clima das cidades (regiões habitadas), logo espera-se que o calor seja ainda mais intenso nas áreas com maior densidade populacional (metrópoles). Nesse contexto, convém incluir mais essa variável na equação de construção de modelo(s) de habitação social com vistas à garantia da qualidade de vida das populações.

Porém, mesmo no cenário atual, estudos revelam desconforto térmico nas moradias de baixa renda no Brasil. Pinto *et al.* (2016), estudaram o residencial Jardins do Obelisco, vinculado ao Programa Minha Casa Minha Vida no município de Pelotas, no estado do Rio Grande do Sul. O empreendimento é composto por 240 apartamentos, dispostos em 12 blocos com cinco pavimentos cada (Pinto *et al.*, 2016). Nota-se portanto, que, seguindo a tendência nacional, o empreendimento é caracterizado pela alta densidade populacional.

Construtivamente, o Residencial Jardins do Obelisco possui materiais que geralmente são aplicados em outras habitações da Faixa 1 do PMCMV – tijolo furado nas paredes e janelas sem dispositivos de sombreamento. Apresenta paredes simples (internas e externas), constituídas de tijolos furados posicionados em pé, com reboco em todas as suas faces, janelas de alumínio e vidro simples (quatro milímetros de espessura), sendo essas de correr, duas folhas, para salas de estar, dormitórios e cozinhas, e maximar, também de alumínio e vidro simples, para os banheiros e escadas de acesso. A telha utilizada na cobertura é de fibrocimento (quatro milímetros de espessura) (Pinto *et al.* 2016, p. 6).

Após entrevistas com os moradores, os autores notam que, com relação ao conforto térmico no verão, 84% dos entrevistados classificou a moradia como muito desagradável, 13% como desagradável e apenas 3% como agradável (Pinto *et al.*, 2016). Logo, é possível inferir que,

em um cenário de aumento da temperatura urbana, é provável o aumento do desconforto térmico dos usuários dessa tipologia habitacional.

Segundo Lamberts *et al.* (2014), as principais trocas térmicas em uma edificação ocorrem em fechamentos transparentes, como janelas e claraboias. Nesses componentes construtivos a principal dificuldade consiste em controlar a parcela de radiação solar transmitidas diretamente para o interior da edificação, bem como a parcela absorvida e reemitida para o interior. Pode-se inferir, portanto, que, em termos de isolamento térmico, as janelas de vidro são regiões fráguas das envoltórias. Logo, atuar sobre esses componentes, dificultando a entrada da radiação térmica proveniente da incidência solar pode contribuir para a redução da temperatura no interior dos ambientes.

Outra estratégia que pode melhorar o conforto térmico no verão em algumas zonas bioclimáticas, consiste em favorecer a ventilação cruzada nos ambientes. Nesse caso, a circulação do ar proporciona a troca de calor do ambiente com o usuário por meio do processo de convecção, podendo tornar os ambientes mais agradáveis. Porém, em outras situações, ventilação em excesso pode provocar desconforto e até prejudicar o desenvolvimento de certas atividades. Portanto, possibilitar aos usuários esquadrias que permitam o controle da ventilação natural consiste em um ponto importante para garantia do conforto no interior da edificação. Gurgel (2012) explica de modo gráfico como a forma de abertura de uma janela pode alterar a circulação de ar em um ambiente (Figuras 3 e 4).

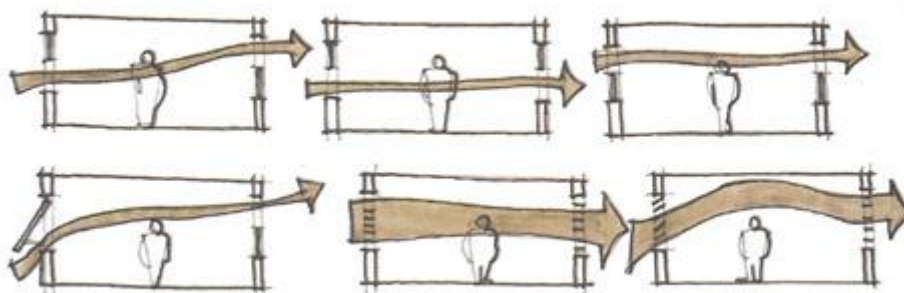


Figura 3: alteração do fluxo de ar em ambientes em virtude do tipo de janela empregado.

Fonte: Gurgel (2012).

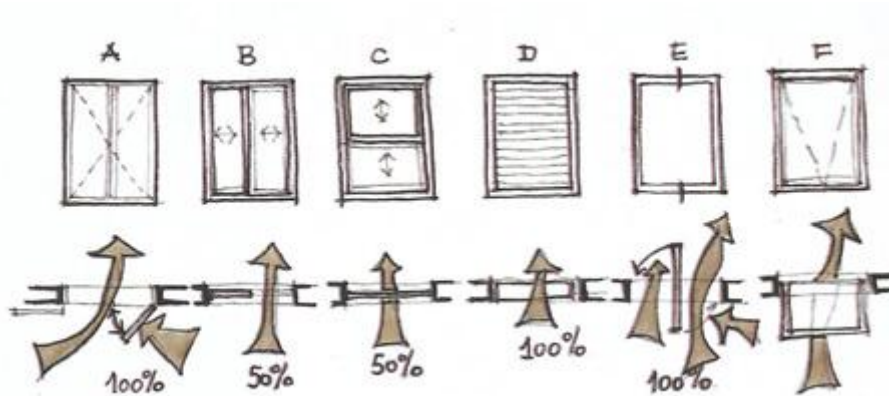


Figura 4: relação entre a forma de uma janela e a ventilação proporcionada por ela.

Fonte: Gurgel (2012).

Conclui-se que, atualmente, a habitação social brasileira ainda apresenta grandes desafios para a garantia do conforto térmico dos usuários, notadamente no verão. A questão agrava-se com a previsão de elevação da temperatura nas cidades, em função das mudanças climáticas. Por ser um componente com elevada troca térmica com o exterior, a implementação de um adequado design de esquadrias pode contribuir para a melhoria do conforto térmico em habitações de interesse social, contribuindo, desse modo, para a melhoria da qualidade de vida dos moradores, no presente e no futuro.

Banco de Dados de Esquadrias para Habitação Social

Com o intuito de iniciar a criação de um banco de dados para aplicação do processo de customização de massa proposto por Azuma *et al.* (2017) em Belo Horizonte, procedeu-se ao levantamento das opções de portas e janelas disponíveis. As esquadrias foram classificadas por aplicação (porta ou janela), materiais, dimensões, tipo de abertura, marca, preço e cômodo mais provável de instalação (quarto, sala, banheiro, etc.). Para tanto, considerou-se um apartamento (sem área externa) com dois quartos, um banheiro, uma sala de estar conjugada com jantar e uma cozinha integrada à área de serviços, dentro dos padrões do Programa Minha Casa Minha Vida.

Para a seleção dos modelos de portas e janelas adotaram-se os seguintes critérios: dimensões próximas dos vãos do apartamento, aberturas efetivas de iluminação e ventilação e custo estimado. Em função da oscilação de preços devida a fatores como negociação, valor do frete, etc., não foi possível analisar os custos com precisão. Contudo,

priorizaram-se as esquadrias com valores mais baixos, sem perder de vista a necessidade de garantia do conforto térmico.

O banco de dados contempla 113 modelos de esquadrias. No tocante às portas, registraram-se 9 portas de alumínio, 11 modelos em policloreto de vinila (PVC) e 21 exemplares de porta de madeira. Com relação às janelas foram catalogados 16 tipos em alumínio, 11 modelos em PVC e 47 exemplares em madeira.

Portas para Moradia Popular

Com relação às portas de alumínio, foram catalogados modelos com preços de 600 a 2300 reais. Registraram-se modelos de abrir, pivotante, de correr e camarão. Ademais, foram encontrados modelos com uma ou duas folhas. Considerando os modelos de folha única, há folha lisa, folha em veneziana, folha em veneziana com visor de vidro móvel ou folha com caixilho de alumínio e vidro. Para as portas de folhas duplas, há tanto o modelo com duas folhas de vidro, quanto a opção de uma folha em vidro e uma folha em veneziana. Apesar da grande variedade de modelos, nenhuma porta de alumínio foi selecionada. Embora as portas com veneziana e visor de vidro possam incrementar a ventilação natural dos ambientes, entende-se que o material alumínio não teria boa aceitação dos moradores de apartamentos de habitação popular, haja vista que para essa tipologia geralmente usa-se porta de madeira. Ademais, a inexistência de áreas externas não requer uso de materiais resistentes à incidência de chuvas. Contudo, a utilização de visor de vidro móvel na(s) porta(s) de acesso (principal e/ou secundário) de uma possível residência unifamiliar térrea pode contribuir para a ventilação natural, sem perda significativa da privacidade e da segurança.

A seu turno, as portas de PVC situavam-se na faixa de preço de 1400 a 5000 reais. Foram encontrados apenas dois modelos com preço de cerca de 100 reais, sendo essas portas sanfonadas. Por sua baixa durabilidade, tais portas foram julgadas inadequadas para uso em moradia de habitação social. Contudo, dentre os modelos de porta com custo mais alto, foram encontrados modelos de giro, balcão, pivotante, de correr e até oscilo batente. Há opções com caixilho de PVC e folha de vidro, folha em PVC ou ambos os materiais na mesma folha. Um tipo chamou a atenção das pesquisadoras, a porta integrada, por apresentar um sistema de proteção solar acoplado à esquadria. Tal modelo poderia contribuir para redução da temperatura interna da edificação, uma vez que dificulta a entrada da radiação solar. Ademais, tal modelo de porta, permite controle do usuário no tanto no que concerne à incidência solar, quanto no que se refere à privacidade.

Embora existam modelos com design favorável ao controle da temperatura interna, nenhuma porta de PVC foi selecionada, pois, ora não possuem a durabilidade desejada, ora são de custo elevado considerando o segmento da habitação popular. Ademais, infelizmente, os modelos citados pelos fabricantes como acústico ou resistente à maresia situavam-se na faixa de 5000 reais, valor considerado elevado para habitação de interesse social.

Por sua vez, as portas de madeira de folha única situam-se na faixa de 200 a 1000 reais, o que explica em parte, o amplo uso desse tipo de esquadria na habitação popular em Belo Horizonte. Foram encontrados modelos de giro (maioria), pivotante, camarão e de correr. Portanto, para de acesso ao apartamento (sala de estar/jantar) foram escolhidas três opções de porta, conforme mostra a Figura 5. O design das portas mostradas na Figura 5 facilitam a ventilação cruzada pelos ambientes, contribuindo para a redução da temperatura interna no verão, conforme recomendam as normas brasileiras.



Figura 5: Modelos de porta selecionados para acesso ao apartamento.

Fonte: (a) COPA VERDE MADEIRAS, 201-; (b) MADEIREIRA SÃO CAETANO, 2016; MADEIRAMADEIRA, 201-.

A análise da Figura 5(a), revela que, embora as folhas em veneziana favoreçam a ventilação permanente sem perda da privacidade, os usuários podem controlar o fluxo de ar no inverno, por meio do fechamento das folhas de vidro. Tal esquadria apresenta largura de 100 centímetros, isto é, dimensão próxima dos vãos de portas de acesso utilizadas em habitações populares. Outra vantagem do modelo consiste na manutenção da privacidade, sem prejuízo da ventilação cruzada.

Por sua vez, a esquadria mostrada na Figura 5(b), permite ventilação permanente, porém espera-se que as dimensões reduzidas da veneziana em relação ao tamanho da folha da porta não comprometam o conforto térmico no inverno.

A seu turno a porta da Figura 5(c) apresenta como vantagem o controle da ventilação cruzada bem como visibilidade do hall de acesso, o que favorece a segurança. Em locais de reduzido medo do crime esse modelo também pode ser empregado, favorecendo a socialização entre vizinhos e melhoria da vigilância natural. Em conjuntos habitacionais com grande quantidade de idosos morando sozinhos ou em pares, tais estratégias podem trazer vantagens significativas para a melhoria da qualidade de vida dos habitantes. Contudo, caso seja necessário aumento da privacidade, podem ser usados vidros foscos ou mesmo cortina na parte interna da esquadria.

Para as portas internas dos quartos e da cozinha, recomenda-se também o modelo indicado na Figura 5(b). Porém, para o banheiro recomenda-se porta de madeira de folha lisa, para controle dos odores.

Janelas para Habitação Social

Com relação às janelas de alumínio, foram catalogados modelos com preços de 100 a 900 reais. Registraram-se modelos maxim-ar, basculante e de correr. Dentre os modelos maxim-ar e basculante, existem opções com ou sem bandeira inferior fixa. Ademais, as janelas de correr apresentam 2, 3 ou 4 folhas. Apenas 1 tipo apresenta 2 folhas em veneziana e 1 folha em vidro, sendo que os demais modelos apresentam folhas com caixilho de alumínio e vidro, com ou sem bandeira superior móvel basculante. Notou-se que a maioria dos modelos de correr, implica em redução da área efetiva de ventilação, uma vez, que uma folha corre sobre a outra, obstruindo a entrada de ar nesse local. A redução é de, aproximadamente, 50% da área da janela. As janelas de alumínio apresentam como principais vantagens o baixo custo, a leveza e a facilidade de instalação e manutenção, considerando o município de Belo Horizonte.

A seu turno, as janelas de PVC situavam-se na faixa de preço de 700 a 4000 reais. Registraram-se modelos maxim-ar, de correr e abre-tomba. Dentre os modelos maxim-ar, existem opções com ou sem bandeira inferior fixa. Ademais, as janelas de correr apresentam 2, 3 ou 4 folhas. Os modelos de correr possuem folhas em caixilho de PVC e vidro, podendo apresentar folha adicional para proteção solar. De modo similar às janelas de alumínio, as janelas de correr em PVC também reduzem a área efetiva de ventilação. Dentre as janelas do tipo abre-tomba, convém destacar um modelo de sobrepor com folha de vidro duplo. Embora apresentem custo elevado para aplicação em habitações populares, há janelas de PVC cujo design pode favorecer o conforto térmico e acústico no interior da edificação.

Por sua vez, as janelas de madeira apresentaram preços de 200 a 3000 reais. Há grande diversidade de modelos, existindo, inclusive, janelas com bandeiras curvas. As folhas podem ser do tipo maxim-ar, de correr, de abrir, pivotante, guilhotina e até sanfonada. As janelas maxim-ar podem apresentar bandeira fixa superior ou inferior. Dentre os modelos de abrir e de correr, também pode existir bandeira fixa superior. Há janelas de 1, 2, 3 e 4 folhas, as quais são, normalmente em caixilho de madeira e vidro. Porém, nos modelos de correr e abrir 1 ou 2 folhas pode apresentar veneziana, o que favorece a ventilação natural. A grande variedade de modelos em madeira favorece a escolha de janelas mais adequadas a cada situação, podendo favorecer o desempenho térmico das edificações. Convém notar que os únicos modelos pivotantes e sanfonados encontrados para as janelas foram as de madeira.

Embora as janelas de madeira e PVC apresentem aspectos positivos, optou-se por modelos em alumínio, em função do baixo custo. Contudo, as janelas feitas neste material, de modo geral, não apresentam design capaz de provocar grandes melhorias no conforto térmico. Para o ambiente da sala de estar/jantar, não foram encontrados modelos considerados adequados para garantir o conforto térmico.

Por sua vez, para os quartos o único modelo apropriado é o mostrado na Figura 6. Embora não possua ampla área de ventilação efetiva (cerca de 50% da área da janela), as folhas tipo veneziana desta esquadria podem funcionar como proteção solar para a abertura, reduzindo a radiação solar incidente e, conseqüentemente, a temperatura interna do ambiente. Ademais, a folha de vidro, que pode ser posicionada sobre uma das folhas em veneziana, permite controle parcial da entrada de ar no recinto. Logo, nos dias frios, a folha de vidro permite evitar (em parte) a entrada de ar em baixa temperatura.



Figura 6: Modelo de janela selecionado para quartos

Para o ambiente da cozinha/área de serviço, escolheu-se um modelo basculante de 8 folhas, para potencializar a ventilação natural nesses ambientes com alta umidade do ar. Ademais, o modelo basculante permite controle parcial da velocidade do ar no interior do recinto. Contudo, o usuário não possui adequado controle das básculas, haja vista que a abertura de cada folha está vinculada à abertura de outras, em igual ângulo.

Por sua vez, para o banheiro, optou-se por modelo basculante, para promoção da saída de ar úmido e com odores, bem como para favorecer a entrada de ar externo. As janelas maxim-ar, não favorecem a entrada de ar nos banheiros, principalmente para ventos de maior velocidade. Em tese, as janelas maxim-ar seriam as que possuem maior área de ventilação efetiva, pois podem possuir ângulo de abertura de 90°. Contudo, nesse tipo de janela, a folha raramente possui ângulo de abertura maior do que 45°, haja vista a dificuldade do usuário em alcançar a maçaneta na parte inferior da folha para fechá-la. Logo, nesse caso, a própria folha constitui uma barreira para a entrada do ar externo, sendo a mesma fechada pelo próprio vento quando o ar alcança velocidades mais altas.

Por um Melhor Design de Esquadrias

A pesquisa revelou que, no tocante às portas, existem no mercado modelos com design favorável à promoção do conforto térmico de habitações de interesse social em Belo Horizonte. Modelos com venezianas (fixas ou móveis) ou portas holandesas podem otimizar a ventilação natural no verão, reduzindo a temperatura interna dos ambientes. Por outro lado, esse tipo de porta requer cuidados especiais no tocante à privacidade visual e acústica. Estas seriam as duas principais oportunidades de melhoria no design de novas esquadrias.

Convém notar também que há portas de alumínio de baixo custo e com design favorável à garantia do conforto térmico. Contudo, esses modelos não possuem boa aceitação por parte dos público-alvo. Portanto, entender com maior profundidade as necessidades do usuário para adequação dos projetos, bem como desmistificar certas ideias pode viabilizar o uso de alguns modelos.

Contudo, é o design das janelas que requer maior atenção por parte dos projetistas. Janelas com design favorável estão disponível em madeira e em PVC, porém apresentam custos elevados. Logo, recomenda-se a investigação da possibilidade de fabricação em alumínio de elementos e componentes desses modelos, mantendo o baixo custo da esquadria como um todo.

A pesquisa revelou também a necessidade de estudos aprofundados sobre as folhas e os respectivos sistemas de abertura. Ampliar os mecanismos de controle do usuário tais como evitar uso de folhas fixas, bem como proporcionar manipulação de folhas de modo independente poderia aumentar o conforto térmico. Como exemplo, pode-se citar as folhas de janelas basculantes, que poderiam operar desvinculadas uma das outras, permitindo controlar, de forma mais precisa, a ventilação interna nos ambientes.

Nota-se portanto que investir no design de esquadria consiste em uma oportunidade para o desenvolvimento da indústria da construção civil, contribuindo para a melhoria da qualidade da habitação social brasileira. A engenhosidade dos inúmeros designers formados no Brasil pode, portanto, contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população de baixa renda do país.

Agradecimentos

Agradecimentos à toda a equipe do Centro de Estudos em Design e Tecnologia (CEDTec) da Universidade do Estado de Minas Gerais pelas contribuições ao desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

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

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

AZUMA, M.H.; FABRICIO, M.M.; IMAI, C. Desenvolvimento de um Protótipo Físico Paramétrico em Escala Reduzida para Customização em Massa da Habitação Social. Resiliência na Construção. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA HABITAÇÃO NO ESPAÇO LUSÓFONO, A Cidade Habitada, 4., 2017, Covilhã. **Anais** [...]. Covilhã: Universidade da Beira Interior, 2017.

COPA VERDE MADEIRAS. **Porta Balcão de Abrir / Abrir de Madeira Padrão Cedro Esquadrias Longo**. São Paulo: [201-]. Website. Disponível em: https://www.copaverdemadeiras.com.br/porta-balcao-de-abrir-abrir-de-madeira-padrao-cedro-esquadrias-longo/p/7635/?gclid=CjwKCAjwnrjrBRAMEiwAXsCc46Aceg-vmsVxSTbFsWwPJTVh2ZXkSglhaf4Lz8P4dIFfiE-JbuvM9BoCZqAQAvD_BwE. Acessado em: 8 ago. 2019.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil 2015**. Belo Horizonte: FJP, 2018.

GURGEL, M. **Design Passivo – baixo consumo energético**: guia para conhecer entender e aplicar os princípios do design passivo em residências. São Paulo: Editora Senac, 2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Global Warming of 1.5°C**. Switzerland, October 2018. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_High_Res.pdf. Acessado em 4 jan.2019.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3 ed. São Paulo: ProLivros, 2014. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/publicacoes/livros>. Acesso em: 15 jan.2018.

MADEIRAMADEIRA. **Kit Porta Holandesa de Madeira Maciça 210cmx82cm Isabela Abertura para Direita**. Curitiba: [201-]. Website. Disponível em: <https://www.madeireirasaocetano.com.br/produtos/portas/>. Acessado em: 12 ago. 2019.

MADEIREIRA SÃO CAETANO. **Portas**. São Caetano do Sul: 2016. Website. Disponível em: <https://www.madeiramadeira.com.br/kit-porta-holandesa-de-madeira-macica-210cmx82cm-isabela-abertura-para-204071.html>. Acessado em: 9 ago. 2019.

MARROQUI, F., BARBIRATO, G. Flexibilidade Espacial em Projetos de Habitações de Interesse Social. In: COLÓQUIO DE PESQUISAS EM HABITAÇÃO COORDENAÇÃO MODULAR E MUTABILIDADE, 4, 2007, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. Disponível em:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/coloquiomom/comunicacoes/marroquim.pdf>. Acessado em 7 jan.2019.

MELCHIORS, L.C; ALMEIDA, M.S.de. Entre o Sonho e a Realidade: a habitação social no Brasil de uma perspectiva histórica. **Arquisur Revista**, ano 5, n.7. Disponível em: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/publicaciones/index.php/ARQUISUR/article/view/4938/7500>. Acessado em 3 jan.2019.

PEREIRA, A.M.C. A Aplicação do Modelo EPIC-N em Belo Horizonte: uma investigação participativa. *In*: SEMINÁRIO DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO, 2., 2018, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2018. Disponível em: <https://www.even3.com.br/Anais/PAPCSseminario/74991-A-APLICACAO-DO-MODELO-EPIC-N-EM-BELO-HORIZONTE--UMA-INVESTIGACAO-PARTICIPATIVA>. Acessado em 3 jan.2019.

PINTO, J. V.; SILVA, A. C. S. B.; CUMERLATO, V. B. F. Avaliação da sensação de conforto térmico do usuário de uma habitação Faixa 1 do Programa Minha Casa Minha Vida na cidade de Pelotas-RS: estudo de caso do Residencial Jardins do Obelisco. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2016, São Paulo-SP. **Anais** [...]. São Paulo: ANTAC, 2016.

SIQUEIRA, T.A.; ARAÚJO, R.de S. Programas de Habitação Social no Brasil. **Perspectivas Online Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, Campos dos Goitacazes, v.10, n.4, p. 45-54, 2014. Disponível em: http://seer.perspectivasonline.com.br/index.php/humanas_sociais_e_aplicadas/article/view/540/457. Acessado em 3 jan.2019.