

# Conforto ambiental e eficiência energética na reciclagem de edifícios para habitação de interesse social

## *Environmental comfort and energy efficiency in adaptive reuse of buildings for social dwelling*

Eliana Costa Lima

Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa-PB, Brasil.  
Contato: eliana\_fcl@msn.com

Solange Maria Leder

Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa-PB, Brasil.  
Contato:solangeleder@pq.cnpq.br

### Abstract

The current Brazilian scenario of social dwelling features a large-scale production of new housing units for low-income families, constructions have been encouraged by the Federal Government in partnership with states and municipalities. However, this large-scale production has some constraints, especially with regard to regional specificities that impacts environmental comfort and energy performance of these buildings. In João Pessoa, similar to what is happening nationally, there is a significant increase of new buildings for social dwelling. In this scenario, adaptive reuse of historic buildings for social dwelling is one alternative, including modernist buildings such as the old IPASE/PB Building located in João Pessoa downtown, which adaptation into social dwelling is under discussion. The main of this paper is setting a methodology to analyze the environmental comfort, specially daylighting and natural ventilation, as also energy efficiency, having an adaptive reuse purpose of the IPASE Building as object of study.

Daylighting and natural ventilation performance were simulated using Daysim and DesignBuilder softwares. The Brazilian Technical Regulation for energy efficiency of dwelling buildings was used to analyze the energy efficiency. The method used in this work can be used aiding adaptive reuse projects decision.

Keywords: Social dwelling, Adaptive reuse, Environmental comfort

### Resumo

Ao observarmos o atual cenário brasileiro que apresenta uma produção em larga escala de novas unidades habitacionais destinadas a famílias de baixa renda, incentivada pelo Governo Federal em parceria com os Estados e os Municípios, constata-se que os programas designados a construção de habitações de interesse social (HIS) tem desconsiderado especificidades regionais, principalmente no que diz respeito ao conforto ambiental e o desempenho energético. Em João Pessoa, não diferente do que vem acontecendo no âmbito nacional, há um aumento expressivo na construção de HIS, como também na reabilitação e reutilização de imóveis de interesse cultural para uso de HIS, entre os quais edifícios modernistas, como é o caso do antigo Edifício do IPASE-PB, cuja adaptação para HIS está sendo, neste momento, estudada pela Secretaria Municipal de Habitação (SEM HAB). Neste panorama, o objetivo geral do presente trabalho é configurar uma estratégia metodológica de análise das condições de conforto ambiental, relativas à iluminação e à ventilação natural e à eficiência energética, tendo como objeto de estudo uma das alternativas de unidade habitacional estudadas pela SEM HAB dentro do referido projeto de reciclagem do edifício IPASE-PB para fins de HIS. A metodologia adotada para a verificação do desempenho da iluminação e ventilação natural foi a de simulação computacional com os softwares Daysim e DesignBuilder, respectivamente. Para a análise da eficiência da envoltória foi utilizado o método prescritivo do Regulamento Técnico da

Qualidade para o nível de Eficiência de Edificações Residenciais. A estratégia metodológica de análise adotada neste trabalho apresentou-se adequada, podendo ser utilizada complementarmente como apoio à decisão no desenvolvimento do projeto de reciclagem de edifícios.

Palavras-chave: Habitação Social, Reciclagem de edifícios, Conforto Ambiental

## Introdução

Nas últimas décadas do século XX, a humanidade despertou para a necessidade de repensar sua postura em relação à natureza. A preservação do ambiente natural não tem apenas o objetivo de garantir a sobrevivência, mas também de garantir que as gerações futuras não sejam prejudicadas pelas ações atuais. A arquitetura desempenha um papel fundamental nesse contexto. Para Bittencourt (1989) sendo a arquitetura produzida pelo homem e para o homem, esta ficará compartimentada toda vez que não houver uma abordagem do ser humano de forma integrada. Na visão de Gonzalo (2003) a arquitetura deve integrar tecnologia e natureza, o clima e suas variações devem ser priorizados no projeto das edificações. A edificação pode atuar como um mecanismo de controle das variáveis do meio, através de sua envoltória - paredes, piso e cobertura, do seu entorno - água, vegetação, sombra, solo, etc e, ainda, através do aproveitamento dos recursos naturais. Com isso, além do incremento do conforto aos usuários, a necessidade de uso dos recursos energéticos é também reduzida (RIVERO, 1986; HERTZ, 1998; FLORENSA e ROURA, 1995; KOENIGSBERGER et al, 1977).

No setor habitacional de Interesse Social (HIS)<sup>1</sup> o aproveitamento dos recursos naturais é ainda mais relevante, dadas as restrições econômicas de seus usuários. Para Correia (2010) em habitações de interesse social é essencial que se tenha muito cuidado na relação com o clima. O conforto ambiental na HIS é de fundamental importância quando se pretende intervir de maneira sustentável no meio. O aumento da quantidade de habitações sociais não pode ocorrer em detrimento de variáveis como qualidade construtiva, inserção climática, eficiência energética e desenvolvimento sustentável, entre outros. Tomando como exemplo a inobservância das peculiaridades climáticas, além da redução da qualidade de vida dos usuários, resulta no aumento do consumo de energia com os sistemas

artificiais de condicionamento ambiental, no aumento do consumo de energia elétrica nos períodos de ponta, e na possível inadimplência dos consumidores de baixa renda (PEDRINI, 2009). O benefício, com a adoção de soluções de baixo consumo energético nas HIS, não se restringe apenas aos moradores, considerando que o setor residencial é responsável por aproximadamente 25% do consumo da energia elétrica do país (Empresa de Pesquisa Energética, 2011), o volume de energia consumida pode aumentar consideravelmente, com soluções de baixa eficiência energética.

Segundo dados da Fundação João Pinheiro (BRASIL – 2007), o déficit habitacional no Brasil em 2007 era de 6,273 milhões de domicílios. Em termos de distribuição de renda é confirmada a concentração do déficit na faixa que vai até três salários mínimos, essa tendência se repete em todas as regiões geográficas do país, sendo mais acentuado no nordeste, chegando a 95,9% dos domicílios na faixa até três salários mínimos. Para suprir essa demanda o governo tem investido no setor habitacional. Observa-se no atual cenário brasileiro a produção, em larga escala, de novas unidades habitacionais destinadas a famílias de baixa renda, incentivada pelo Governo Federal em parceria com os Estados e os Municípios. A cidade de João Pessoa, que apresenta déficit habitacional de 25 mil residências (PMJP, 2011), em consonância com o cenário nacional, também atravessa um período de crescimento da oferta de novas unidades de HIS. Nesse contexto, uma possibilidade em discussão é a reciclagem de imóveis, uma das diretrizes da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano, que tem como objetivo a reocupação dos centros de cidades com a preservação do patrimônio histórico e cultural e priorizando a HIS.

A reciclagem ou retrofit é uma prática bastante difundida nos Estados Unidos e nos países europeus para a preservação de edifícios históricos, bem como na solução de problemas urbanos. Nacionalmente, o retrofit de edificações

tem sido uma opção de reforma incentivada por políticas fiscais e pela iniciativa privada. Um cenário bastante promissor já que os nossos edifícios históricos das áreas centrais urbanas estão “envelhecendo” (ESTEVEES e LOMARDO, 2009). De acordo com Bonates (2009), segundo dados da Caixa Econômica Federal até abril de 2008, no âmbito da reabilitação de áreas centrais, foram financiadas 1.425 unidades habitacionais em 26 edifícios. Estes edifícios estão localizados nas principais capitais brasileiras – São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Porto Alegre, etc. A reforma desses edifícios foi realizada com subsídios do Programa de Arrendamento Residencial (PAR), associado ao governo local, estadual ou municipal.

Em João Pessoa o antigo Edifício do IPASE-PB<sup>2</sup> é um edifício de interesse histórico cuja adaptação para HIS está sendo estudada pela Secretaria Municipal de Habitação (SEM HAB). O edifício está sob posse do Patrimônio da União e, o Ministério das Cidades em parceria com a Prefeitura Municipal de João Pessoa, está estudando a sua requalificação para destinação ao uso de famílias de baixa renda e enquadráveis no programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal. Atualmente, o edifício encontra-se ocupado por integrantes do movimento Sem-teto que residem nos andares do pavimento tipo e no térreo realizam atividades de comércio informal.

O objetivo deste trabalho foi a configuração de uma estratégia metodológica de análise das condições de conforto ambiental, relativas à iluminação e à ventilação natural e à eficiência energética, tendo como objeto de estudo uma das alternativas de unidade habitacional estudadas pela SEM HAB, considerando, assim, a possibilidade de reciclagem do edifício IPASE-PB para fins de HIS.

## Método

O trabalho compreende três principais etapas, que delimitaram a

metodologia utilizada: pesquisa de campo, simulações computacionais e aplicação do RTQ-R. O procedimento de pesquisa de campo consistiu na coleta de informações sobre o edifício estudado, no levantamento fotográfico e na obtenção dos desenhos técnicos do edifício e da proposta de habitação desenvolvida pela SEM HAB. Essa etapa compreendeu ainda análise sobre o edifício e desenvolvimento de propostas complementares àquela desenvolvida pela SEM HAB, utilizadas nas etapas subsequentes do trabalho.

Com a pesquisa de campo, iniciou-se a modelagem e as simulações da iluminação e ventilação natural com os softwares Daysim e DesignBuilder, respectivamente. As simulações foram realizadas tendo os seguintes modelos de edificação em análise: a) projeto original do edifício, b) proposta cedida pela SEM HAB e; c) propostas adicionais, desenvolvidas no âmbito deste trabalho.

A última etapa da pesquisa consistiu na verificação da eficiência energética da envoltória do pavimento tipo do edifício, tendo como base o método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para nível de eficiência energética de edificações residenciais - RTQ-R.

As simulações de iluminação natural foram realizadas com o software Daysim. A análise do comportamento da luz natural foi realizada através do parâmetro Autonomia da Luz Natural (Daylight Autonomy - DA) que indica o percentual das horas, no ano, em que um determinado nível de iluminância é mantido apenas com o aproveitamento da luz natural. Para as habitações foi adotado como limite a iluminância de 90 lux, para a circulação (área de uso comum do pavimento) a iluminância limite adotada foi de 30 lux (Quadro 1). A definição dos níveis de iluminância teve como base as recomendações do Projeto de Norma NBR 02:136.01 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos (ABNT, 2004). O horário considerado, para as simulação do aproveitamento da luz natural, foi das 6:00 às 17:00h. As portas

internas foram consideradas abertas. Os modelos tridimensionais foram construídos no SketchUp 7. O modelo incluiu, além da edificação em análise, o entorno imediato ao edifício. O programa trabalha com dados anuais através de arquivos climáticos completos no formato TRY (Test Reference Year). Na ocasião deste trabalho, João Pessoa não possuía arquivo climático no formato TRY, tendo sido utilizado o TRY da cidade de Recife-PE, localizada a 120 Km de João Pessoa. A malha de pontos de sensores para verificação dos níveis de iluminação nos ambientes foi disposta de acordo com a NBR 15215 – parte 4 (2005). A altura média do plano de trabalho considerada foi de 0,75m. O coeficiente de reflexão adotado para o teto, as paredes e o piso, foi, respectivamente: 0,75; 0,60 e 0,45.

Dependência	Iluminamento geral (Lux) para os níveis de desempenho		
	M	I	S
Sala de estar; Dormitório; Copa / cozinha; Banheiro; Área de serviço	>60	>90	>120
Corredor ou escada interna à unidade; Corredor de uso comum (prédios); Escadaria de uso comum (prédios); Garagens / estacionamentos	Não exigido	>30	>45

QUADRO 1: Níveis de iluminamento geral para iluminação natural. Fonte: NBR 02:136.01 – parte 1 (ABNT, 2004)

Para a simulação da ventilação natural adotou-se o Software DesignBuilder 3. A modelagem da geometria foi diretamente no programa, o entorno imediato também foi modelado e o arquivo climático (TRY) utilizado foi o de Recife. As simulações foram realizadas para o período de um ano (8760 horas). Foram realizadas simulações para as propostas de habitação (uma unidade no pavimento tipo), além do corredor e do projeto original do edifício. Os dados de saída, pertinentes a este trabalho, estão relacionados com a troca de ar por hora, no ambiente em análise. O parâmetro de

referência considerado para a análise foi extraído da NBR 6401 e da Portaria 3523/98 do Ministério da Saúde, que trata sobre padrões mínimos de renovação do ar em ambientes climatizados. Adotou-se o limite mínimo de 27m<sup>3</sup>/h/pessoa.

Para a análise da eficiência energética, foi adotada a metodologia do Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R, que objetiva a etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares. O Regulamento segue dois procedimentos metodológicos para avaliação da eficiência: método prescritivo e método de simulação computacional. Adotou-se o método prescritivo, tendo sido avaliada apenas a unidade habitacional autônoma. No método prescritivo a classificação da envoltória é realizada através do cálculo do indicador de graus hora, obtido através de uma equação linear de acordo com a Zona Bioclimática em que o edifício está inserido. Para obter a classificação final da edificação foi necessário realizar a avaliação da envoltória individualmente para cada um dos ambientes de permanência prolongada da unidade habitacional (UH) que, para a proposta analisada (B) trata-se dos quartos 1 e 2 e da área de serviço; e ainda avaliar os pré-requisitos de cada ambiente. Estes pré-requisitos são referentes às características térmicas de absorvância, transmitância e capacidade térmica das superfícies e as características físicas relativas à iluminação e ventilação natural. Outro item verificado foi referente às bonificações que podem contribuir em até um (01) ponto na classificação final da unidade habitacional.

## O edifício IPASE de João Pessoa

O edifício, antiga sede do Instituto da Previdência e Assistência aos Servidores do Estado (IPASE), está localizado no centro da cidade de João Pessoa-PB, no entorno da Praça Vidal de

Negreiros. O edifício IPASE é considerado precursor da verticalização na cidade e exemplar representativo da produção da Arquitetura Moderna em João Pessoa, foi projetado por Benedicto de Barros e construído entre os anos de 1949 e 1951. O prédio se configura basicamente como um prisma de linhas retas com formato irregular, constituído de um corpo principal de cinco pavimentos-tipo apoiado sobre uma base onde se encontram mezaninos que se distribuem seguindo o desnível do terreno (FIG. 1, 2 e 3). O lote tem aproximadamente 981 m<sup>2</sup>, sendo 18,80 m de frente, 43 m na lateral direita, 41,5 m na lateral esquerda e 28 m de fundo.



FIGURA 1: Planta de localização do edifício IPASE

O gabarito das edificações no entorno do IPASE é relativamente baixo, variando entre dois e quatro pavimentos, com exceção do Edifício Regis, construído em 1964 e que possui 17 pavimentos. O uso predominante das edificações desta área é comercial e de serviço.



FIGURA 2: Edifício IPASE – Volumetria e Fachada leste.



FIGURA 3: Edifício IPASE – Volumetria e Fachada norte.

Sobrepondo a planta da edificação com a carta solar (FIG. 4) pode-se observar que as fachadas com predominância de aberturas - orientações norte e leste (inclinação de 30° em direção ao leste) são favorecidas pela insolação direta no período da manhã, estando a fachada norte

especialmente protegida da insolação no período da tarde, no verão. As fachadas orientadas para o sul e leste são favorecidas pelo vento predominante sudeste, embora as aberturas à sul sejam reduzidas.

A fachada norte possui proteção solar em forma de grelha, com elementos verticais e horizontais em concreto armado, que contribuem para o sombreamento. Na fachada leste as janelas são recuadas do plano da fachada. A fachada sul é constituída de elementos vazados de concreto, aberturas altas (banheiros) e aberturas similares à fachada norte. A fachada oeste é uma empena cega.

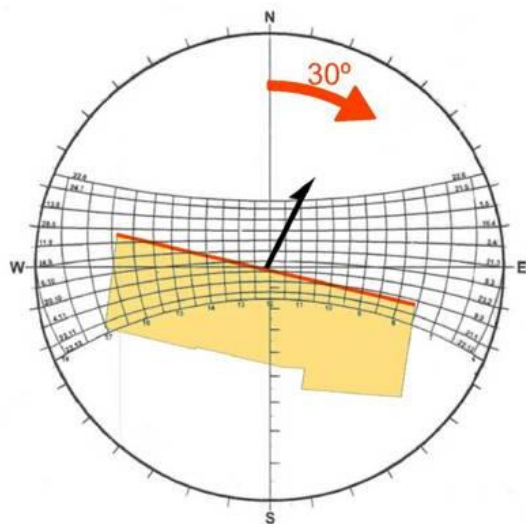


FIGURA 4: Carta Solar x planta baixa esquemática.

A lâmina do edifício apresenta formato irregular, aproximadamente 981 m<sup>2</sup>. A edificação é composta por sete pavimentos, nos quais se distribuem o térreo, o mezanino, os pavimentos-tipo e a circulação vertical. O projeto original da edificação possuía a seguinte distribuição: a) O térreo e o mezanino compreendiam áreas de atendimento ao público, administração e ambientes de serviço, FIG. 5; b) Na cobertura encontrava-se a casa de máquinas, o apartamento do zelador e a caixa d’água; c) O pavimento tipo, repetido em cinco andares, distribuía-se em: conjunto de sanitários, circulação horizontal e vertical e salas comerciais, distribuídas ao longo da circulação central, FIG.6.



FIGURA 5: Planta Baixa térrea do Edifício do IPASE – Projeto original.



FIGURA 6: Planta Baixa do pavimento tipo do Edifício IPASE – Projeto original.

As aberturas são em estrutura de madeira com fechamento de vidro incolor, peitoril de 1,00 m e altura de 1,80 m. Na fachada norte a janela é do tipo deslizante com duas folhas fixas e duas corrediças, além de bandeira fixa na parte superior. O conjunto possui modulação de aproximadamente 3,80 metros de largura. Na fachada leste as aberturas são do tipo maxim-ar, os módulos possuem 6 folhas e bandeira fixa, com cerca de 4,40 m. As salas possuem modulação de 3,8 m x 7,90 metros. O sistema estrutural é composto de uma malha regular de pilares com secção circular. Nas duas empenas cegas do edifício há pilares de secção retangular embutidos. As lajes que dividem os pavimentos tem espessura de aproximadamente 30 cm. Trata-se de um sistema de laje nervurada invertida, formando caixões entre as nervuras. A alvenaria de vedação externa é em tijolo

cerâmico, provavelmente maciço ou de seis furos. O material que reveste as fachadas é o cirex, uma espécie de massa raspada com mica, com aspecto de alvenaria de pedra aparelhada. Os pilares voltados para o exterior são revestidos com pastilhas brancas. A proposta de habitação para o antigo edifício do IPASE consiste na adequação do pavimento tipo do edifício em unidades habitacionais, que devem atender aos pré-requisitos estabelecidos pelo Programa de financiamento “Minha Casa, Minha Vida I”. Nesse contexto, cada unidade habitacional deve possuir: dois quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço, totalizando área de aproximadamente 45,50m<sup>2</sup>. O custo médio da unidade deve ser de até R\$ 55,188 mil. Com a exigência, ainda, de atendimento às normas de acessibilidade.

### Proposta de reutilização

Para a realização deste trabalho foi cedido, pelos técnicos da SEMHAB, uma das soluções que estavam em discussão. A hipótese de unidade habitacional cedida apresenta área total de 46,50m<sup>2</sup>, que corresponde a 1 módulo e meio da modulação original do edifício (FIG. 7). Essa dimensão será acomodada em todo pavimento tipo, respeitando as particularidades e limitações do edifício.



FIGURA 7: Indicação do módulo da unidade habitacional.

Nas FIGs. 8 e 9 pode-se visualizar a planta baixa e o modelo tridimensional

da proposta de unidade habitacional fornecida pela SEMHAB. Nesta, os dormitórios e a área de serviço estão dispostos ao longo da fachada, conectados diretamente com o exterior, enquanto a sala e a cozinha possuem ligação com o exterior através de janelas altas dispostas nos quartos e no corredor, e uma ligação com o corredor e área de serviço. A unidade tem aproximadamente 5,90 x 7,90 metros, os quartos com dimensão de 1,90 x 4,20 metros, a sala com 4,00 x 3,70 metros, cozinha com largura de 1,86 x 3,20, e banheiro com área de 3,15m<sup>2</sup>.



FIGURA 8: Planta baixa proposta SEMHAB

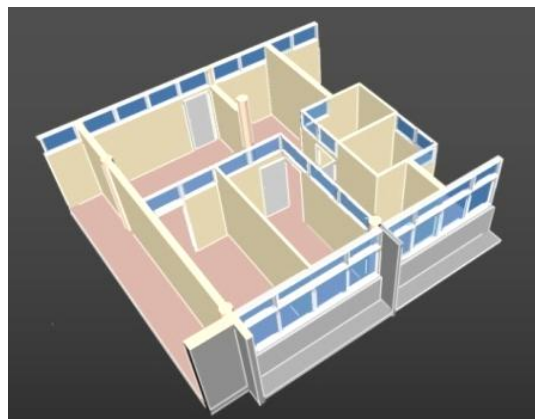


FIGURA 9: Modelo tridimensional da proposta SEMHAB.

Para melhorar a ventilação e iluminação natural nas áreas de uso se o prolongamento da circulação horizontal de uma extremidade à outra (eixo leste-oeste), na extremidade oeste foi inserido um painel de elemento vazado (cobogó) e a circulação foi conectada à aberturas

da fachada oeste. A circulação vertical foi adequada às normas atuais de segurança (NBR 09077). O pavimento tipo foi

reorganizado conforme a configuração da FIG. 12, com doze unidades habitacionais.



FIGURA 12: Configuração proposta para o pavimento tipo.

## Análise e discussão dos resultados

Os resultados obtidos com a simulação da iluminação natural podem ser visualizados nas FIGs. 13, 14 e 15. Na proposta A, FIG.13, os dormitórios, a área de serviço e a área de circulação possuem níveis de iluminância que atendem ao mínimo exigido (90 lux) em praticamente todo o ano. Na sala, em grande parte, a iluminância encontrada é 30% e 50% do tempo superior ao mínimo exigido. Na cozinha, os níveis mínimos são atingidos em 50% da área em apenas 25% do tempo. Como nessa proposta os banheiros estão agrupados no eixo longitudinal apenas um deles é iluminado naturalmente.

Na proposta B, os níveis de iluminância adequados foram observados praticamente em todo o ano no quarto 1, na área de serviço, na área de circulação e no banheiro. Na sala, a iluminação mínima é atingida de 50 a 95% do tempo em mais de 50% da área. O quarto 2, contudo, não é iluminado naturalmente.

A proposta “C” parece ser a melhor das alternativas, visto que a luz

natural atinge níveis satisfatórios na maior parte do tempo em todos os ambientes, exceto no banheiro. Isso se deve à maior possibilidade de permeabilidade da luz, decorrente da transferência do banheiro para a parte posterior da unidade habitacional.



FIGURA 13: Isolinhas da Autonomia da Luz Natural na proposta A (proposta base da SEMHAB).



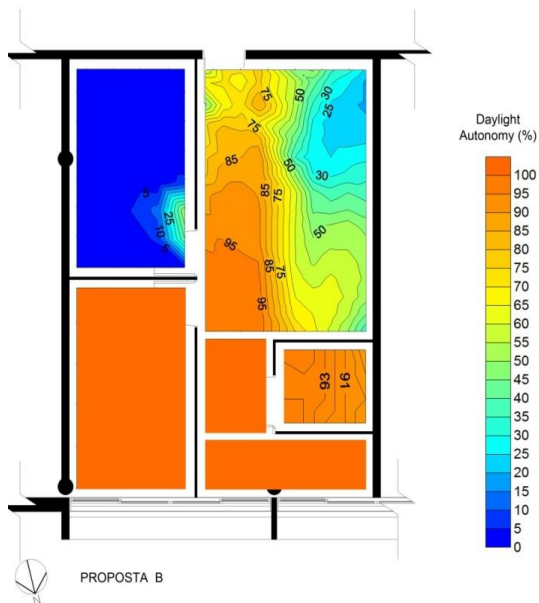


FIGURA 14: Isolines da Autonomia da Luz Natural na proposta B.

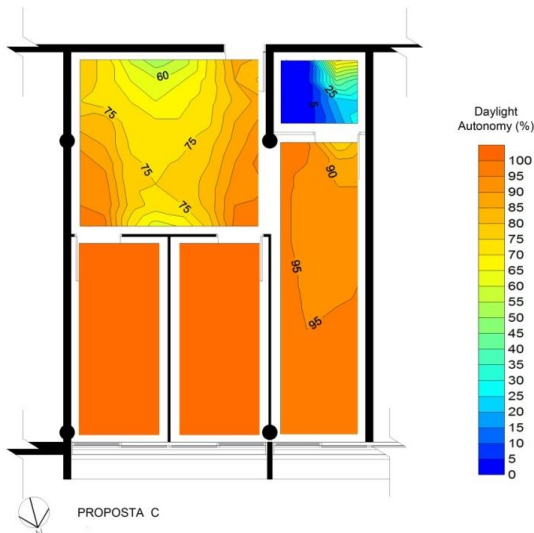


FIGURA 15: Isolines da Autonomia da luz natural na proposta C.

Praticamente 50% da área da circulação horizontal no pavimento tipo, FIG. 16, apresenta níveis de iluminação natural acima do mínimo exigido, excetuando-se as partes centrais da mesma, que necessitam de iluminação artificial complementar.

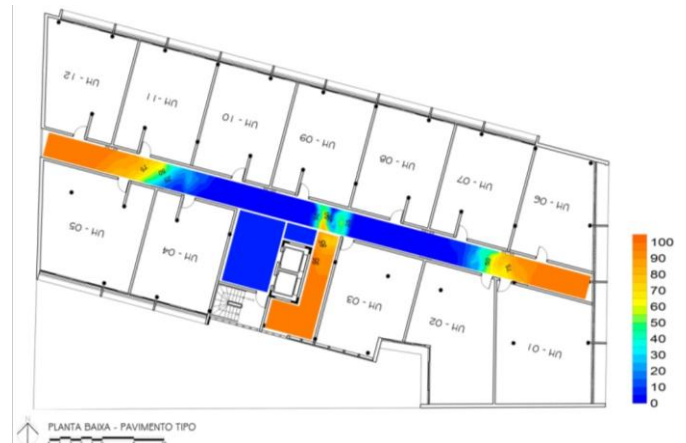


FIGURA 16: Isolines da Autonomia da luz natural na circulação horizontal do pavimento tipo.

O critério utilizado para a análise da ventilação natural foi a renovação mínima do ar de 27 m<sup>3</sup> por hora, por pessoa, em cada ambiente. Os resultados das simulações de todas as propostas de unidade habitacional, de forma geral, apresentam grande semelhança no comportamento da renovação do ar ao longo do ano, atribui-se essa ocorrência à mesma orientação (nordeste) dos modelos simulados. Os resultados de alguns ambientes como os banheiros, de todas as propostas, e o quarto 2 da proposta “B” não foram apresentados, pois se tratam de ambientes que não estão conectados diretamente com a fachada do edifício. Apesar de apresentarem aberturas internas e estas, em alguns casos, estão próximas de aberturas externas, o programa utilizado não realizou os cálculos necessários para a obtenção de previsão da renovação do ar.

Os resultados podem ser visualizados nos Gráficos 1 a 4, construídos a partir da média mensal da troca de ar, por hora, nos ambientes analisados.

O quarto 1 apresentou desempenho similar nas diferentes propostas. A quantidade de renovações do ar é superior a 700 m<sup>3</sup>/h/pessoa no mês de janeiro, quando a ventilação nordeste é predominante. A quantidade de renovação do ar mínima ocorre no mês de julho, quando esse valor cai para 25 m<sup>3</sup>/h/pessoa, inferior à recomendação, que é de 27 m<sup>3</sup>/h/pessoa.

Na proposta B, o quarto 1 atinge  $900\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$  em janeiro, em julho esse valor cai para  $27\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ . O quarto 2, exceto na proposta B, apresentou desempenho semelhante ao quarto 1. Em janeiro a quantidade de renovações gira em torno de  $800\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ . Em julho este valor cai para  $26\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ , pouco abaixo do recomendado.

O desempenho dos ambientes conjugados: sala/cozinha/área de serviço nas propostas “A” e “C”, é similar. O ponto máximo da renovação do ar é atingido em janeiro com cerca de  $400\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ . Entre maio e julho a renovação é de  $25\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$  e  $21\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ , a situação crítica ocorre no mês de julho, de apenas  $17\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ , valor muito abaixo da recomendação. Na proposta “B” a renovação do ar neste ambiente se apresenta acima do mínimo em todo o ano, chegando a pouco mais de  $700\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$  em janeiro e em julho atinge  $29\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ .

Para verificar se a circulação do pavimento tipo proposto atende a quantidade mínima de renovação do ar por pessoa foi estabelecido um número de 18 pessoas circulando simultaneamente. Esse valor é baseado na capacidade dos elevadores, de nove pessoas para cada elevador. A circulação do pavimento tipo apresenta desempenho satisfatório, a renovação do ar é de 100 a 250 ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ ), no decorrer do ano (Gráfico 4).

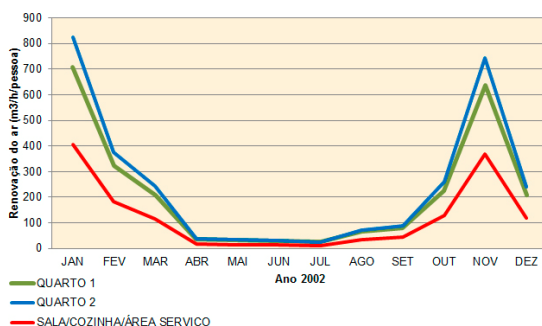


GRÁFICO 1: Renovação do ar ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ ) na proposta de unidade Habitacional A.

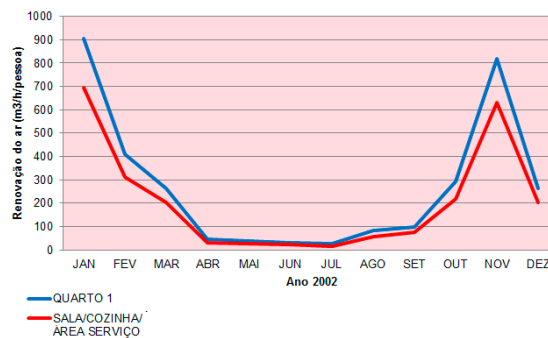


GRÁFICO 2: Renovação do ar ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ ) na proposta de unidade Habitacional B.

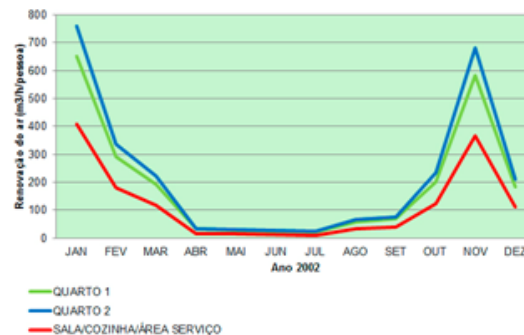


GRÁFICO 3: Renovação do ar ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ ) na proposta de unidade Habitacional C.

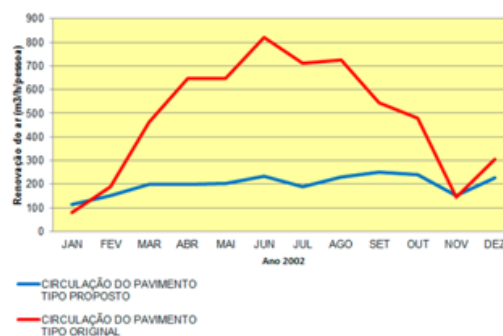


GRÁFICO 4: Renovação do ar ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ ) na circulação do pavimento tipo.

Sobre os resultados obtidos com a simulação da ventilação natural: observa-se forte relação com o comportamento do vento dominante e a área de abertura. Destaca-se que o programa é limitado na sensibilidade à existência de aberturas internas, que podem contribuir favorecendo a ventilação cruzada, mas que, aparentemente, não são consideradas no cálculo. Como a orientação e a área de aberturas das propostas é similar, em todos os modelos simulados, os resultados são, também, similares.

A metodologia do RTQ-R foi aplicada somente à proposta de unidade habitacional C. A classificação do nível

de eficiência do pavimento tipo foi realizada a partir da ponderação dos resultados da avaliação dos requisitos de todas as unidades habitacionais autônomas, como também das áreas de

uso comum da edificação. Considerando os pré-requisitos da envoltória previstos no RTQ-R, as classificações máximas possíveis para a unidade habitacional são mostradas na FIG. 17.

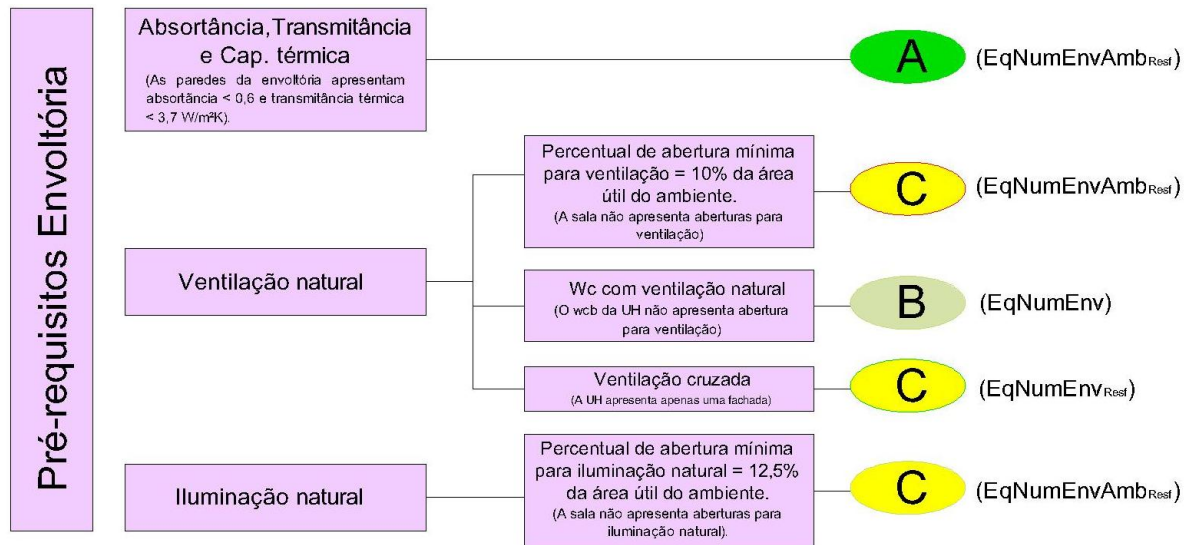


FIGURA 17: RTQ-R - Diagrama das classificações máximas.

Para a determinação da eficiência da envoltória, através do método prescritivo do RTQ-R, foi utilizado o equivalente numérico de eficiência quando naturalmente ventilado - Zona Bioclimática 8. Os indicadores de grau-hora para resfriamento e a classificação do nível de eficiência de cada ambiente foram calculados a partir de uma planilha eletrônica disponível no site [www.labeee.ufsc.br/projetos/etiquetagem/residencial/downloads](http://www.labeee.ufsc.br/projetos/etiquetagem/residencial/downloads). O nível de classificação da eficiência obtido para os ambientes de permanência prolongada (quartos e sala) foi B. Porém, a sala não atende às exigências relativas ao pré-requisito de iluminação e ventilação natural, obtendo-se assim, classificação C.

Com a ponderação das áreas destes ambientes, de permanência prolongada, obteve-se nível de eficiência B para a unidade habitacional. Entretanto, a unidade não atende ao pré-requisito de ventilação cruzada, pois não promove condições de escoamento de ar entre as aberturas ao possuir apenas uma fachada. Conduzindo assim, à classificação C, ou seja, Equivalente Numérico da Envoltória (EqNumEnv) igual a 3. Quanto à pontuação obtida

com as bonificações, a unidade habitacional só pontua no item referente à iluminação natural. Para isso, a maioria dos ambientes deve obedecer a uma relação entre profundidade do ambiente e a altura máxima da abertura de iluminação. O resultado das bonificações é de 0,30 pontos. A pontuação total obtida para a unidade habitacional é de 3,0 pontos, assim, de acordo com o RTQ-R, sua classificação de eficiência energética é C.

## Conclusões

O objetivo deste trabalho foi a configuração de uma estratégia metodológica para análise do desempenho ambiental de propostas de reutilização de um edifício de interesse cultural para uso de Habitação de Interesse Social.

Destaca-se, primeiramente, a complexidade da reciclagem para uso habitacional de edifícios originalmente propostos para outros usos. Complexidade que se amplia quando o edifício é de interesse histórico, como no caso em estudo. Além disto, soma-se às restrições decorrentes da necessidade de

adequação do projeto aos programas de financiamento, como o programa Minha Casa Minha Vida do governo federal, utilizado como referência no desenvolvimento deste trabalho. As exigências do referido programa condicionaram à divisão interna do edifício em pequenas unidades habitacionais (da ordem de 45 m<sup>2</sup> de área), quando o projeto original do mesmo consiste em ambientes amplos e profundos (8 metros).

Sobre os resultados obtidos na simulação da ventilação natural, concluiu-se que os espaços podem ser considerados ventilados naturalmente no período em que o vento dominante, nordeste, incide sobre as aberturas leste e norte, contudo, nos períodos onde o vento sudeste é dominante há situações de baixa renovação do ar, inferior ao critério de qualidade adotado neste trabalho. Destaca-se também que, segundo os resultados obtidos com o programa utilizado há ambientes com ausência de ventilação natural, apesar das propostas analisadas contemplarem soluções alternativas de ventilação natural. A proposta de inserção de aberturas em ambos os lados da unidade, estabelecendo um canal de ventilação cruzada através da circulação do pavimento tipo não é reconhecida pelo programa. O programa DesignBuilder considera, principalmente, o vento dominante e a área de abertura, não sendo sensível à presença de aberturas internas que podem incrementar a ventilação de espaços internos. Como a orientação e a área de abertura é similar nos modelos simulados, os resultados são parecidos.

Sobre os resultados obtidos com a simulação da iluminação natural destaca-se que a inserção de elementos vazados, nas extremidades da circulação horizontal do pavimento tipo, resultou na autonomia da luz natural na iluminação de 50% da área do corredor. Na unidade habitacional, os resultados são igualmente promissores, na proposta C, que apresentou melhor desempenho, os níveis mínimos são atingidos em todos os ambientes mais de 50% do ano, com exceção do banheiro.

Em relação à aplicação do método prescritivo do RTQ-R, as unidades habitacionais apresentaram nível de classificação “C”. Ainda que o método prescritivo seja simplificado, pode servir como indicativo das principais problemáticas do edifício em análise. A principal restrição observada, nas propostas analisadas, foi em relação à área mínima para ventilação natural nos ambientes de permanência prolongada e banheiro.

Finalmente, conclui-se que a estratégia metodológica adotada no desenvolvimento deste trabalho pode auxiliar na avaliação das condições de conforto ambiental em projetos similares e, principalmente, pode auxiliar na comparação de propostas, como ferramenta de apoio à decisão.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Desempenho Térmico de Edificações – parte 1: Definições, símbolos e unidades. NBR – 15220. Rio de Janeiro, 2005. 7 p.

\_\_\_\_\_. Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos gerais. PNBR – 02:136.01. Rio de Janeiro, 2004. 53 p.

\_\_\_\_\_. Instalações centrais de ar condicionado para conforto – parâmetros básicos de projeto. NBR – 6401. Rio de Janeiro, 1980. 17 p.

\_\_\_\_\_. Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. NBR – 15215. Rio de Janeiro, 2004. 13 p.

\_\_\_\_\_. Saídas de Emergência em edifícios. NBR – 09077. Rio de Janeiro, 2001. 35p.

\_\_\_\_\_. Iluminância de Interiores. NBR – 5413. Rio de Janeiro, 1992. 13 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMERCIO EXTERIOR - MDIC. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. Portaria no 449, de 25 de novembro de 2010. Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de

Eficiência Energética de Edifícios Residenciais. Rio de Janeiro, 2010.

BONATES, Mariana Fialho. Ideologia da Casa Própria... Sem Casa Própria: o Programa de Arrendamento Residencial na Cidade de João Pessoa. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2009.

Empresa de Pesquisa Energética. Projeção da demanda e energia elétrica. Série Estudos e Energia, Nota técnica 03/11, 2011.

ESTEVES, Ana P. C. LOMARDO, Louise L. B. O retrofit de edificações tombadas: Possíveis caminhos para a atualização tecnológica de fachadas modernistas e a reforma do edifício IRB. In: DOCOMOMO, 8, 2009, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro.

FLORENSA, R. S.; ROURA, H. C. Arquitectura y energia natural. Barcelona: Edicions de La Universitat Politecnica de Catalunya, 1995.

KOENIGSBERGER, O.H.; INGERSOLL, T.G.; MAYTHEW, A.; SZOKOLAY, S.A. Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Madrid: Paraninfo, 1977.

RIVERO, R.O. Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural. Porto Alegre: D. C. Luzzato, 1986.

CORREIA, Ludmila de. Conforto Ambiental e suas relações subjetivas: Análise ambiental integrada na habitação de interesse social. Brasília, 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília.

GONZALO, G. E. Manual de arquitectura bioclimática. Tucumán: Nobuko, 2004.

RANGEL, Pollyana de Faria. Interface entre arquitetura Bioclimática e decisões projetuais, 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2008.

PASSOS, Isabela Cristina da Silva. Clima e Arquitetura habitacional em Alagoas: estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar. Maceió, 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Alagoas.

PEDRINI, Aldomar; et al. Desempenho térmico de tipologias de habitações de interesse social para cidades brasileiras. Eletrobrás: Natal, 2009.

REINHART, C. F. Tutorial on the Use of Daysim Simulations for Sustainable Design. Institute for research in Construction National Research Council Canada, Canada. 2006.

VENÂNCIO, Raoni. Treinamento para o Programa DesignBuilder – versão 2. Laboratório de Conforto Ambiental, UFRN, 2010.

## Notas

<sup>1</sup>Habitação produzida e financiada por órgão estatal destinada à população de baixa renda, mas num sentido mais amplo, que inclui também a regulamentação estatal da locação habitacional e incorporação, como um problema do Estado, da falta de infraestrutura urbana gerada pelo loteamento privado” (BONDUKI, 1998, p. 14).

<sup>2</sup> Instituto de Previdência e Assistência aos Servidores do Estado.