

AValiação DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM PROJETO DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO DE CASO EM PROJETO ARQUITETÔNICO E URBANÍSTICO PARA A COMUNIDADE DO JACÓ, NATAL/RN

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL EN EL PROYECTO DE INTERÉS SOCIAL: UN ESTUDIO DE CASO EM EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y URBANO DE LA COMUNIDAD DEL JACÓ, NATAL/RN

ENVIRONMENTAL PERFORMANCE ASSESSMENT IN A SOCIAL HOUSING PROJECT: A CASE STUDY IN ARCHITECTURAL AND URBAN DESIGN FOR A COMMUNITY OF JACÓ, NATAL/RN

Eixo 3 - Interfaces entre universidade e sociedade através do projeto: ensino, pesquisa e extensão.

Giovani Hudson Silva Pacheco¹; Emmanuelle Séfora Cabral Silva²; Bartira Calado²; Marcelo Bezerra de Melo Tinôco³

(1) Mestrando em Arquitetura e Urbanismo - PPGAU/UFRN; (2) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo – DARQ/UFRN; (3) Doutor em Estruturas Ambientais Urbanas FAU/USP e Professor do DARQ/PPGAU/UFRN

Resumo: O Programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal está sendo aplicado em todo o país visando à redução do déficit habitacional. Alguns projetos arquitetônicos desse programa apresentam-se como modelos a serem replicados em diferentes contextos. Um desses projetos foi utilizado pela Prefeitura do Natal para a urbanização da Comunidade Jacó a ser implementado no Bairro das Rocas, em Natal/RN. Nele as unidades habitacionais estão dispostas em blocos com formato “H”, no qual quatro apartamentos situam-se ao redor de uma circulação central. Com isso, cada unidade tem suas fachadas voltadas para as diferentes orientações, resultando em desempenhos ambientais variados. Podem existir unidades com condições desfavoráveis sob os aspectos de conforto térmico, por estarem recebendo grande insolação e pouca ventilação. Diante do exposto o objetivo deste trabalho é analisar as condições de conforto ambiental das unidades em um dos blocos no projeto citado. Para isso, houve a verificação do sombreamento e insolação das aberturas do edifício, da ventilação natural e do desempenho térmico, além da análise de iluminação natural. Cada um desses aspectos foi realizado através de ferramentas computacionais específicas e, posteriormente, comparado com as normas vigentes. A partir das análises do projeto observou-se que unidades voltadas para noroeste apresentam as piores condições de conforto dentro do edifício, diferentemente das unidades voltadas para sudeste, devido à maior incidência dos ventos. A possibilidade de ampliar a permeabilidade dos ventos é uma característica que melhora as condições de conforto e que os projetistas devem privilegiar na concepção dos projetos.

Palavras-chave: Conforto ambiental, recomendações bioclimáticas, desempenho térmico.

Resumen: El programa *Minha Casa Minha Vida* del Gobierno Federal está siendo implementado en todo el país con el objetivo de reducir el déficit habitacional. Algunos de los proyectos arquitectónicos deste programa se presentan como modelos a serem replicados en diferentes contextos. Uno de estos proyectos fue aplicado por el Ayuntamiento de Natal para la urbanización de la Jacó Comunidad a ser aplicado en el Distrito de las Rocas, en Natal/RN. En él, las viviendas se organizan en bloques con formato “H”, en la que cuatro apartamentos están situados en torno a una circulación central. Por lo tanto, cada unidad tiene sus fachadas a diferentes direcciones, lo que resulta en unidades con distintos desempeños ambientales. Pueden existir unidades con condiciones desfavorables en virtud de los aspectos de confort térmico, ya que están recibiendo un gran sol y poca ventilación. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo deste trabajo es analizar el confort ambiental de las unidades en uno de los bloques en el proyecto. Este iba a ser la verificación de sombreado y la insolación de las aberturas del edificio, ventilación natural y el rendimiento térmico, así como el análisis de la iluminación natural. Cada uno de estos aspectos se logrará por medio de herramientas informáticas específicas y, posteriormente, en comparación con las normas vigentes. A partir del análisis del proyecto se ha revelado que las unidades que dan al norte tienen las peores condiciones de confort en el interior del edificio, a diferencia de las unidades de orientación sureste,

principalmente debido a una mayor disponibilidad de los vientos. La posibilidad de ampliar la permeabilidad de los vientos es una característica que mejoran las condiciones de confort y que los proyectistas deben centrarse en la concepción de los proyectos.

Palabras-clave: *Confort ambiental, recomendaciones ambientales, rendimiento térmico.*

Abstract: *The Federal Government's program called Minha Casa Minha Vida is being implemented throughout the country in order to reduce the housing deficit. Some architectural projects of this program works like models to be replicated in different contexts. One of these projects was been used by the Natal's city hall in the urbanization Jacó's community, that is being implemented in the Rocas's district in Natal / RN. In it the housing units are arranged in blocks with "H" format, in which four apartments are located around a central circulation. Thus, each unit has its facades facing different directions, resulting in units with variable environmental performance. It's possible that there are units with unfavorable conditions under the aspects of thermal comfort, because they are getting great sunshine and little ventilation. How was shown, the goal of this work is to analyze the environmental comfort of the units in one of the blocks of this project. To do this, there was the verification of shading and insolation of building openings, natural ventilation and thermal performance, and the analysis of daylighting. Each of these aspects will be accomplished through specific computational tools and after compared with current standards. From the analysis of the project revealed that units facing to northwest have the worst conditions of comfort inside the building, unlike the units facing southeast, mainly due to greater availability of winds. The possibility of increasing the permeability of the winds is a feature that enhance comfort conditions and that designers should focus in the design of projects.*

Keywords: *Environmental comfort, recommendations bioclimatic thermal performance.*

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM PROJETO DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO DE CASO EM PROJETO ARQUITETÔNICO E URBANÍSTICO PARA A COMUNIDADE DO JACÓ, NATAL/RN

INTRODUÇÃO

A Comunidade do Jacó está situada em uma área de risco junto a uma encosta, no Bairro das Rocas, na zona leste de Natal/RN. Para a remoção das moradias e realocação das famílias foi proposto um projeto de intervenção urbanística que contempla a construção de blocos de apartamentos em área próxima às atuais moradias. Na proposta, cada família receberia uma unidade, dentre as 128 unidades projetadas. As unidades estão distribuídas em oito blocos, cada um com quatro pavimentos e quatro unidades por pavimento.

De iniciativa da Prefeitura do Natal, a intervenção previa financiamento pelo Programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal (BRASIL, 2009). Na proposta, houve a adaptação de um projeto típico de moradias multifamiliares de baixa renda, disponível na Caixa Econômica Federal para servir de modelo para a construção de novas moradias. O modelo fornecido é de um bloco de apartamentos onde quatro unidades estão dispostas no pavimento em torno de uma circulação central, originando uma planta em formato de “H”.

O bloco com formato H apresenta unidades com orientações bastante variadas. As condições de insolação e ventilação variam de uma unidade para outra, influenciando no desempenho térmico das unidades. Almeida (2005) constatou que as unidades voltadas para a direção dos ventos dominantes apresentam condições de conforto mais satisfatórias que as unidades situadas na fachada oposta. Também as unidades que recebem menor insolação ao longo do ano possuem temperaturas mais amenas no interior das unidades que as unidades com maior incidência solar.

O cuidado com as decisões no projeto de arquitetura deve ponderar o impacto das decisões de implantação, forma e orientação, disposição de aberturas e seleção de materiais. Hegger (2003) coloca que a observância de tais elementos pode fazer da arquitetura a estratégia mais efetiva de conservação de energia em edifícios.

Normas de desempenho térmico, adequação ambiental e eficiência energética surgiram nos últimos anos objetivando a promoção da redução de energia e adequação bioclimática do edifício ao contexto climático na qual ele se insere. Dentre essas normas destacam-se a NBR 15220 (ABNT, 2005), a NBR 15575 (ABNT, 2013), e o RTQ-R (INMETRO, 2010). A primeira estabelece o zoneamento bioclimático brasileiro e as estratégias de condicionamento térmico de edificações mais adequadas a cada região. A NBR 15575 (ABNT, 2013) aponta mecanismos para avaliação do desempenho térmico dos edifícios. E o RTQ-R é o regulamento que estipula níveis de classificação para a eficiência energética da envoltória e do sistema de aquecimento de água em edifícios habitacionais.

Por isso é fundamental aos projetistas possuírem subsídios para avaliarem o impacto de suas decisões na concepção projetual, pois impacta diretamente o cotidiano dos usuários. A estes, a avaliação do desempenho ambiental das diversas unidades os embasa na escolha mais criteriosa da sua habitação.

É nesse contexto de análise dos aspectos ambientais que o artigo propõe identificar parâmetros projetuais para determinação da qualidade de projetos residenciais de interesse social, que utilizam o bloco com formato H e estão em condições climáticas semelhantes. Com isso espera-se contribuir para que projetistas avaliem as vantagens e desvantagens ao optar em projetar edifícios com esse formato e disposição das unidades.

OBJETIVOS

O presente artigo pretende realizar a avaliação de desempenho ambiental das unidades habitacionais de um dos blocos do projeto de urbanização da Comunidade do Jacó e com isso ser possível inferir conclusões acerca do desempenho de outras edificações que adotem o bloco “H” como solução para disposição das unidades habitacionais no mesmo contexto climático que o da cidade estudada. Para atender a esse objetivo o artigo se propõe a analisar a insolação e sombreamento nas aberturas, verificar as condições de ventilação e iluminação no interior das unidades e fazer estudo do desempenho térmico.

METODOLOGIA

Esta pesquisa adotou o método monográfico, na forma de estudo de caso, com a utilização de recursos de simulação para aferir dados quantitativos e qualitativos acerca dos parâmetros ambientais da edificação estudada. Busca-se com os resultados deste estudo realizar inferências para a análise de edifícios habitacionais que utilizem a disposição do bloco “H” para dispor seus apartamentos, conforme preconizado no método indutivo.

Os procedimentos para a elaboração do artigo se baseiam na análise das condições ambientais das unidades habitacionais no projeto da Comunidade do Jacó, recorrendo a softwares de simulação específicos a cada parâmetro de conforto, confrontando os resultados às normas vigentes. O artigo apresenta inicialmente a caracterização do objeto de estudo seguida das análises de cada aspecto de conforto.

Os resultados foram gerados pelos seguintes softwares: o desempenho térmico da edificação foi avaliado através do programa DesignBuilder (2009), a distribuição da iluminação natural através do programa RELUX (2008), o fluxo da ventilação natural recorreu à ferramenta CFC do programa DesignBuilder (2009) e o estudo do sombreamento das aberturas teve o auxílio do Solar Tool (2008).

Descrição do Objeto de Estudo

A intervenção urbanística na Comunidade do Jacó será financiada pelo Programa Minha Casa Minha Vida (BRASIL, 2009) e prevê a construção de um edifício residencial multifamiliar para abrigar as famílias que ali já residem. No total serão construídos oito blocos, com quatro pavimentos cada e quatro residências por andar, o que totaliza 128 unidades residenciais na área.

O projeto também conta com a construção de um centro comunitário e um conjunto de pequenos boxes para comércio e abrigo para lixo. A delimitação da área influenciou a implantação de 04 blocos na porção nordeste do terreno e os outros 04 na porção sudoeste, com as edificações de utilidade pública no centro, servindo as duas grandes áreas (Figura 1).

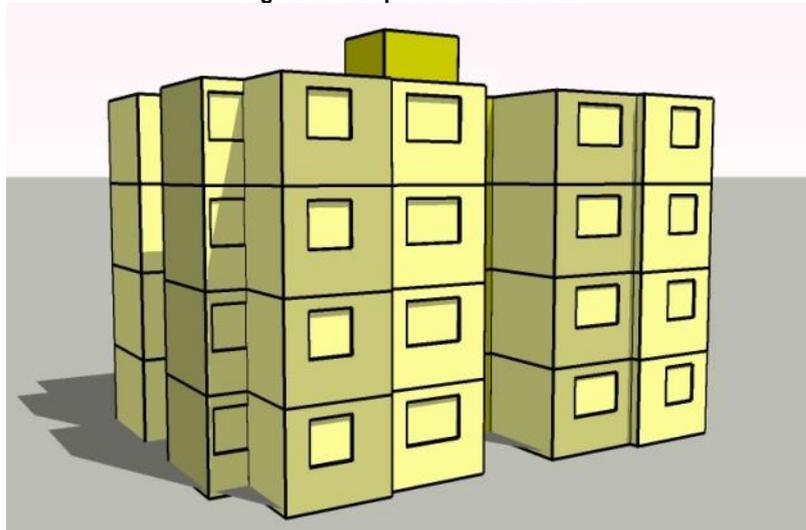
Figura 1 – Vista aérea e proposta de implantação para a área, com destaque para a unidade escolhida para análise.



Fonte: (A) Google Maps (2013); (B) NATAL (2010b)
Nota: editado pelos autores.

De acordo com o memorial descritivo e plantas do projeto, sabe-se que os blocos apresentam o formato “H” (Figura 2) e que todos os apartamentos são iguais, sendo constituídos por uma sala, dois quartos, um banheiro, e uma cozinha com área de serviço. Juntos, os cômodos possuem área útil de 42 m².

Figura 2: Perspectiva do Bloco H.



Fonte: elaborado pelos autores.

Os blocos residenciais são constituídos por paredes de alvenaria em blocos cerâmicos e estrutura em concreto. Na cobertura observa-se o uso laje de concreto recoberta por telha fibrocimento (com inclinação 10%). As fachadas e as aberturas não possuem proteções solares e as janelas são constituídas de alumínio e vidro (NATAL, 2010a). A tabela a seguir mostra os materiais especificados em projeto.

Tabela 1: Tabela resumo dos materiais especificados

ELEMENTOS	MATERIAIS
Paredes	Alvenaria em blocos cerâmicos
Cobertura	Concreto com telha fibrocimento
Janelas	Vidro comum com caixilho em alumínio
Forro – banheiro e cozinha	Gesso
Forro – Sala e quartos	Laje de concreto
Piso	Cerâmica
Revestimento de paredes	Reboco
Pintura	PVA de cor clara

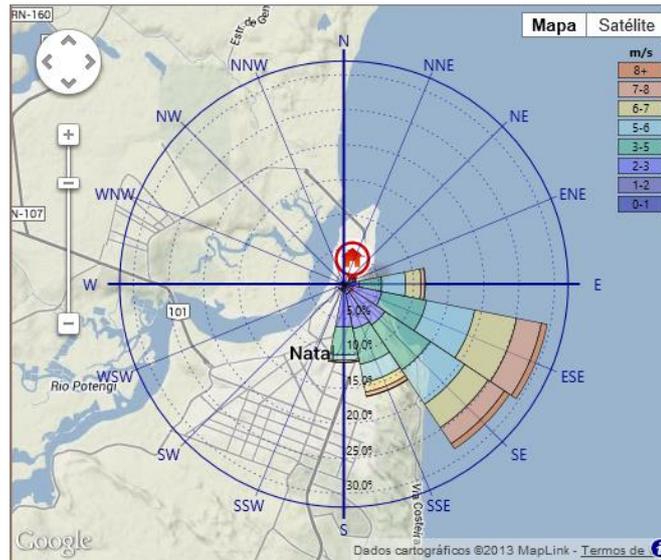
Fonte: NATAL, 2010a.

Para o estudo foi realizada a análise do Bloco H, em destaque na Figura 1, que está localizado no extremo norte do projeto, implantado com suas aberturas principais voltadas para o sentido norte-sul. Esta edificação foi escolhida por ter menor influência dos outros blocos, já que está mais afastado dos demais, o que torna a análise mais viável.

Análise de Ventilação Natural

De acordo com a rosa dos ventos de Natal (Figura 3), obtida através do software Autodesk VasariBeta 3.0 (2013) a direção predominante dos ventos é sudeste, havendo ainda ventos das direções leste e sul, porém com menor incidência, a depender das estações do ano. No período chuvoso, entre os meses de maio e agosto, a incidência maior da ventilação ocorre nas direções sul e sudeste. Em contrapartida, no período mais quente do ano, entre os meses de novembro e março, os ventos são oriundos em maior parte do sudeste e leste.

Figura 3: Rosa dos ventos de Natal-RN.



Fonte: Autodesk Vasari, 2013.

A simulação foi realizada com a modelagem do Bloco H, com as esquadrias totalmente abertas e paredes originais, a fim de verificar a movimentação dos ventos no interior do pavimento. Com isso, foi possível observar quais unidades estariam mais ou menos favorecidas pela ventilação natural ao longo do ano.

Para abarcar todas as condições apresentadas pelo regime de ventos na cidade, foram realizadas simulações no software DesignBuilder (2011), onde foram consideradas três situações com diferentes direções dos ventos: leste, sudeste e sul. Na análise foram considerados como dados de entrada um domínio com o dobro do tamanho da edificação, velocidade dos ventos em 2 m/s, exposição urbana e convergência com resíduos na ordem de 10^{-5} .

Análise de Desempenho Térmico

A avaliação termo-energética está focada em duas análises com procedimentos distintos. O primeiro enfoque se deu na avaliação e comparações do desempenho térmico das diversas unidades a fim de determinar quais unidades estariam com pior, ou melhor, desempenho térmico. No segundo enfoque houve a utilização da norma de desempenho de habitações NBR 15575 (ABNT, 2013), que determina a avaliação do desempenho térmico dos ambientes de uma das unidades em um edifício multipiso, com o intuito de determinar se o desempenho térmico da unidade habitacional atende esta norma.

Inicialmente procedeu-se a criação do modelo de simulação no software DesignBuilder (2011) e, a partir do enfoque empregado, a simulação foi realizada no próprio software ou no EnergyPlus (2009), através da importação dos dados do modelo do DesignBuilder para o EnergyPlus. Na geometria do modelo de simulação foi considerada a habitação como um todo, considerando cada ambiente como uma zona térmica. Os materiais empregados na composição do modelo de simulação foram os informados no memorial descritivo fornecido pelo projetista, e tiveram suas propriedades térmicas obtidas a partir dos dados disponibilizados pela NBR 15220-2 (ABNT, 2005). A absorvância adotada para paredes e cobertura também foram as especificadas no projeto.

Em relação ao primeiro enfoque, a simulação térmica foi realizada considerando todo o bloco de apartamentos e utilizando o programa DesignBuilder. O parâmetro de conforto adotado para a análise foi o Percentual de Horas Ocupadas em Conforto (POC) obtido a partir da quantidade de horas cuja temperatura operativa do ambiente encontra-se dentro da zona de conforto. A zona de conforto varia em função da temperatura de conforto (T_c), sendo $\pm 2,5$ °C da temperatura de conforto. Esta por sua vez é determinada a partir dos dados de temperatura do ar externa do ano de 2002 – referente ao arquivo climático utilizado – conforme a equação abaixo proposta por De Dear e Brager (2002).

$$T_c = 0,31 T_e + 17,8$$

Equação 1

Em que:

T_c é a temperatura de conforto, em °C

T_e é a temperatura média mensal externa, em °C

Com vistas a atender ao segundo enfoque foi realizada a avaliação de uma única unidade habitacional, recorrendo-se ao software EnergyPlus, conforme recomendado pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013). A unidade escolhida para análise foi a com situação mais crítica do ponto de vista térmico, que é a unidade situada no último pavimento, com cobertura exposta, e que possui paredes voltadas para oeste e norte, conforme orientações da NBR 15575 (ABNT, 2013).

Foram avaliados todos os recintos da unidade habitacional com permanência prolongada – quartos e sala. A sala e a cozinha constituíram uma única zona

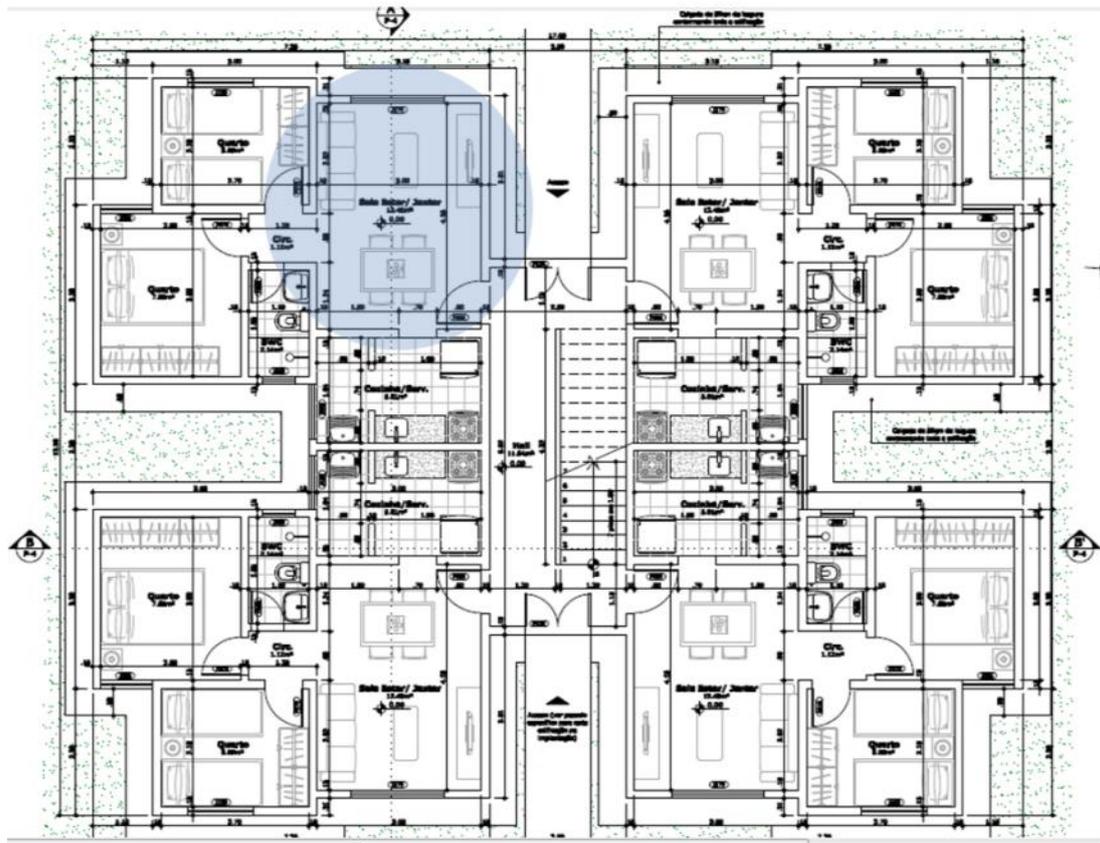
térmica, visto que não existe vedação que isole cada um dos ambientes. Houve a adoção da taxa de renovação de ar de 5,0 ren/h.

A simulação considerou apenas o dia típico de verão, apontado no arquivo climático como sendo o dia 27 de março, conforme orienta a norma. Para a cidade de Natal, localizada na zona bioclimática 8, não é necessária a simulação para o dia típico de inverno (ABNT, 2013).

Análise de Iluminação Natural

Para fazer a análise da iluminação natural do bloco de residências em estudo, recorreu-se ao programa computacional RELUX (2008). Através dele foi possível simular as condições de iluminância da sala de estar de um dos apartamentos (Figura 4). Optou-se por este cômodo por ser o de maior convivência e permanência na moradia, por ter maior profundidade entre a abertura e a parede oposta, e por permitir vários usos, desde ver televisão até ler e estudar. Já os quartos possuem pouca profundidade e usos mais restritos. Nesse trabalho foi analisada uma única unidade já que se constatou que a iluminação indireta variou muito pouco de uma unidade para outra.

Figura 4 - Planta Baixa Tipo, com destaque para a localização da sala-de-estar em análise



Fonte: NATAL, 2010b
 Nota: editado pelos autores.

Na simulação adotaram-se como referência os dados coletados na planta baixa do projeto: ambiente com dimensões de 3,15 x 4,16m e pé direito de 2,50m; as dimensões da abertura de 1,70m de largura, 1,20m de altura e 1,00 de peitoril; a altura do plano de trabalho a 1m de altura; e pintura da sala de cor branca. Além disso, foi realizada a modelagem do ambiente com mobiliário conforme proposto na planta baixa do projeto.

Para a análise comparativa das condições de iluminação natural usou-se como parâmetro a NBR 5413 (ABNT, 1992) que estabelece os valores de iluminância médios para ambiente internos. E pelo fato da sala de estar possuir múltiplos usos, utilizou-se como referência o nível médio de luminosidade adequado para a sala (residências), que é de 150 lux, e o nível médio determinado para sala de leitura (bibliotecas), de 500 lux. A partir desse comparativo entre a simulação e a norma foi possível analisar se a unidade apresentava iluminação natural adequada ou não.

Análise do Sombreamento

A análise de sombreamento foi realizada a partir da modelagem das aberturas de algumas unidades e suas respectivas proteções solares, recorrendo-se para isso à ferramenta Solar Tool (2008). Foram consideradas as coordenadas geográficas da cidade – latitude de $-5,5^{\circ}$ e longitude de $-35,0^{\circ}$ - e a orientação de cada abertura. Com isso foi possível verificar o comportamento da projeção solar ao longo do dia e do ano, verificando a exposição solar de cada abertura.

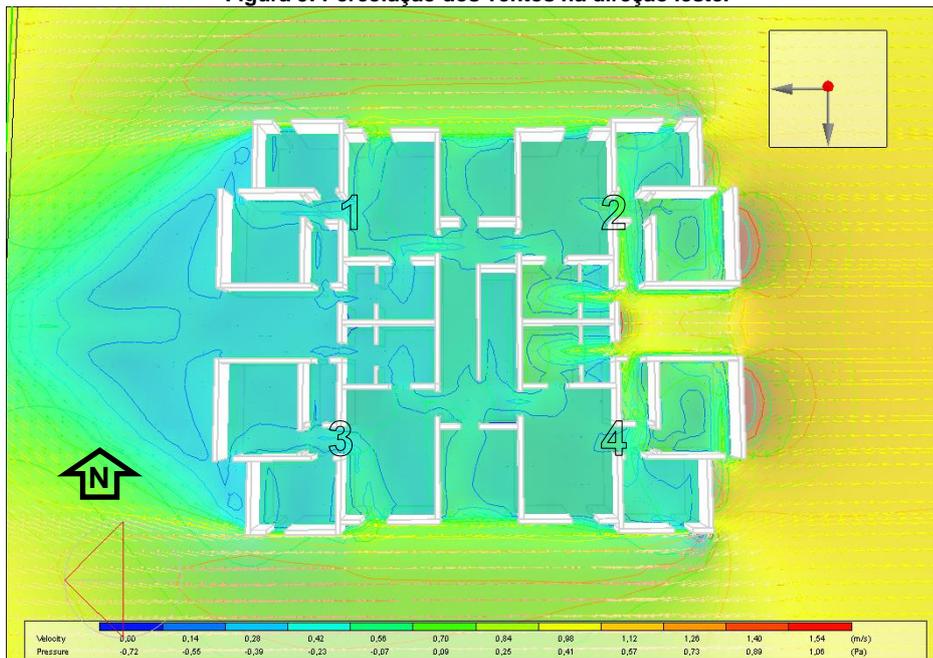
Para cada uma das aberturas foi gerado um diagrama de máscara de sombra com gradiente de sombreamento a fim de comprovar a exposição da abertura à incidência solar direta. O enfoque deste estudo se deu no comparativo do sombreamento das aberturas entre as unidades da cobertura com as do térreo, visto que os ângulos de sombreamento variam em função do pavimento, além do comparativo entre unidades com orientações distintas, para verificar os ambientes com aberturas com maiores ou menores proteções solares.

RESULTADOS

Ventilação Natural

O resultado da ventilação com incidência na face leste (Figura 5) da edificação demonstra pequena percolação de ventos no interior das unidades, visto que as aberturas voltadas para leste são muito pequenas, que são as da área de serviço. As unidades a leste (2 e 4) apresentam uma condição mais satisfatória à ventilação natural que as outras duas unidades, mas a percolação dos ventos é baixa por não haver grandes diferenças de pressões entre as aberturas situadas em fachadas opostas. Ainda assim, para haver o fluxo de ventos no interior das unidades, seria necessário manter as portas e janelas internas abertas. As unidades a oeste (1 e 3) têm percolação dos ventos nas salas, mesmo que pequenas, percolação esta que foi favorecida pela saliência do volume do quarto de solteiro, mostrando que o artifício formal de se criar saliências e reentrâncias beneficia a captação de ventos. Em contrapartida os quartos apresentam velocidades de ventos quase nulas em ambas as unidades.

Figura 5: Percolação dos ventos na direção leste.

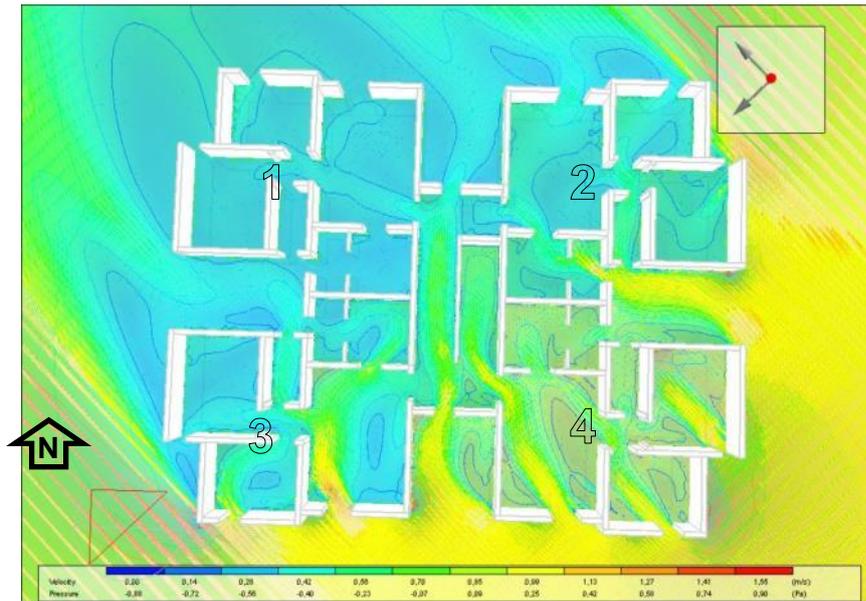


Fonte: DesignBuilder, 2011.

A análise com a ventilação oriunda da direção sudeste (Figura 6) demonstra uma situação onde três das quatro unidades apresentam circulação dos ventos internas em diversos ambientes. A unidade quatro possui elevada percolação dos ventos, que fluem em todos seus ambientes, devido às grandes aberturas para a entrada dos ventos e aberturas para escoamento existirem quando as portas da unidade estão abertas. As unidades dois e três apresentam apenas um dos quartos com ventilação quase nula, devido ao fato de não haver entrada dos ventos pelas janelas e as portas estarem situadas próximas às janelas. Os demais ambientes com condições mais satisfatórias quanto ao fluxo de ventos.

Na unidade dois a entrada dos ventos se dá pelas aberturas do banheiro e área de serviço, que são aberturas pequenas. A ventilação dos demais ambientes ocorre apenas quando suas portas estão abertas para a entrada de vento e a saída dos ventos se dá pelas janelas. O apartamento um encontra-se novamente desfavorável a ventilação, tendo movimentação de ar muito pequena ou quase nula.

Figura 6: Percolação dos ventos na direção sudeste.

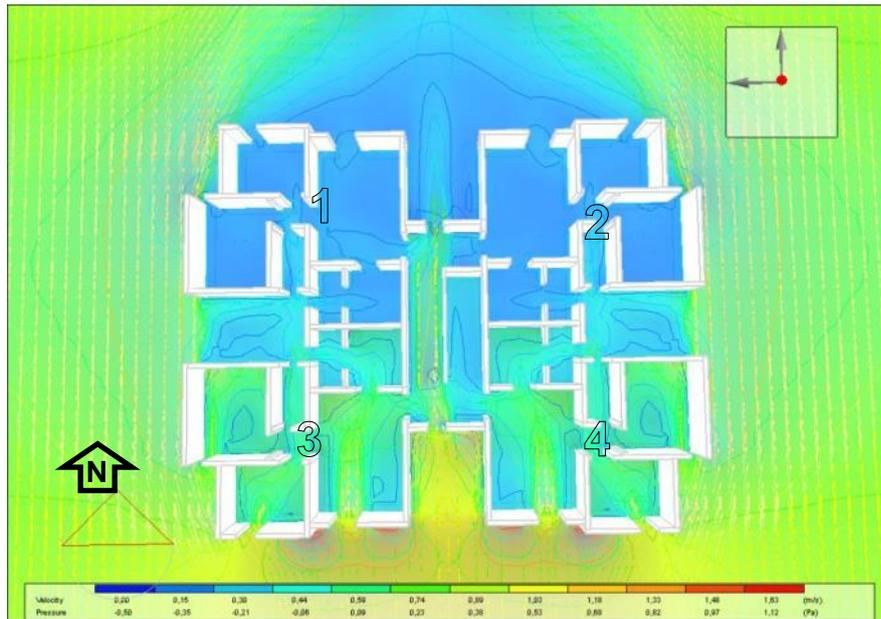


Fonte: DesignBuilder, 2011.

Na terceira condição, com ventos oriundos da direção sul, tem-se as unidades sul (3 e 4) com percolação de ar maior que as outras duas unidades (Figura 7). Outra vez os quartos de casal têm fluxo abaixo de ambientes como a sala e o quarto de solteiro, devido ao posicionamento desfavorável das aberturas à ventilação cruzada neste ambiente. O emprego de janelas de correr, onde apenas em metade de sua área é considerada para área de ventilação, reduz consideravelmente a entrada dos ventos ao interior das unidades. Janelas pivotantes, cuja área de ventilação é de quase a totalidade da área da esquadria, aumentaria a entrada dos ventos.

As unidades a norte apresentam pouca velocidade dos ventos em seu interior, já que as áreas para entrada de ar são muito pequenas, tendo apenas a janela do banheiro e a porta da sala como locais de entrada da ventilação. A abertura da porta da sala acaba por favorecer a entrada dos ventos que fluem pela circulação, porém todas as portas deveriam estar abertas para que isso ocorresse, o que por questões de segurança não é aconselhável.

Figura 7: Ventos na direção sul.



Fonte: DesignBuilder, 2011.

De maneira geral, a unidade mais favorável à ventilação é a quatro, situada a sudeste, pois consegue favorecer fluxo de ventos em seu interior durante todo o ano. A unidade três também apresenta condições favoráveis à ventilação na maior parte do ano. Porém, em alguns períodos do ano a ventilação natural dessa unidade estaria prejudicada.

Na unidade situada a noroeste do bloco encontra-se a situação mais desfavorável quanto à ventilação natural. Em qualquer época do ano o potencial de ventilação da unidade é pequeno, sendo quase nula a velocidade dos ventos em seu interior.

Desempenho Térmico

Pela análise comparativa de desempenho térmico entre as unidades fica demonstrado que as unidades voltadas para oeste têm pior desempenho que as unidades voltadas para leste, todas apresentando sempre menos que 70% das horas do ano em conforto (Tabela 2). As unidades situadas na cobertura têm também desempenho térmico inferior às unidades dos pavimentos inferiores, devido à transmissão de calor pela coberta, gerando um ganho térmico que quase inexistente nas unidades dos outros pavimentos.

A unidade com menor percentual de horas em conforto é a situada no pavimento superior, voltada para noroeste, coincidindo com a unidade que a NBR 15575

(ABNT, 2013) indica que deva ser realizada a avaliação de desempenho, já que recebe insolação da tarde durante todo o ano na fachada, além de ser a mais desfavorecida pela ventilação natural e de apresentar ganhos térmicos pela cobertura. Com isso, em apenas 56,44% das horas apresenta-se condições de conforto.

Em contrapartida, a unidade do térreo a nordeste apresenta o maior percentual de horas em conforto, com 77,13%, mesmo não sendo a unidade com melhor captação dos ventos, conforme é mostrado na análise de ventilação natural. Com desempenho semelhante está a unidade do térreo voltada para sudeste, que mesmo sendo privilegiada para receber maior ventilação, ficou com desempenho térmico um pouco menor que a outra unidade. Justifica-se esse resultado pela incidência solar na fachada sul durante o verão, cuja carga térmica é maior que a do inverno, fazendo com que o ganho térmico da unidade sudeste seja maior que a nordeste.

Tabela 2: Percentual de horas ocupadas em conforto (POC) para cada UH

PERCENTUAL DE HORAS EM CONFORTO (%)				
Pav.	Orientação	Calor	Frio	Conforto
Térreo	Nordeste	22,87	0,00	77,13
	Sudeste	24,11	0,00	75,89
	Noroeste	31,23	0,00	68,77
	Sudoeste	30,15	0,00	69,85
Pav. 2 e 3	Nordeste	25,02	0,00	74,98
	Sudeste	26,88	0,00	73,12
	Noroeste	33,95	0,00	66,05
	Sudoeste	32,89	0,00	67,11
Superior	Nordeste	40,95	0,00	59,05
	Sudeste	39,75	0,00	60,25
	Noroeste	43,56	0,00	56,44
	Sudoeste	43,09	0,00	56,91

Fonte: elaboração dos autores

A análise de desempenho térmico sugerida pela NBR 15575 (ABNT, 2013) através do método de simulação comprovou que dois dos três ambientes de permanência prolongada – o quarto de casal e a sala – da unidade habitacional escolhida – pavimento superior, com paredes para norte e oeste – atendem ao nível mínimo de desempenho (Tabela 3). Isso quer dizer que a temperatura interna máxima obtida nos ambientes no dia típico de verão (27 de maio) foi inferior à temperatura máxima do exterior em até 1°C.

Tabela 3: Avaliação de desempenho segundo a NBR 15575

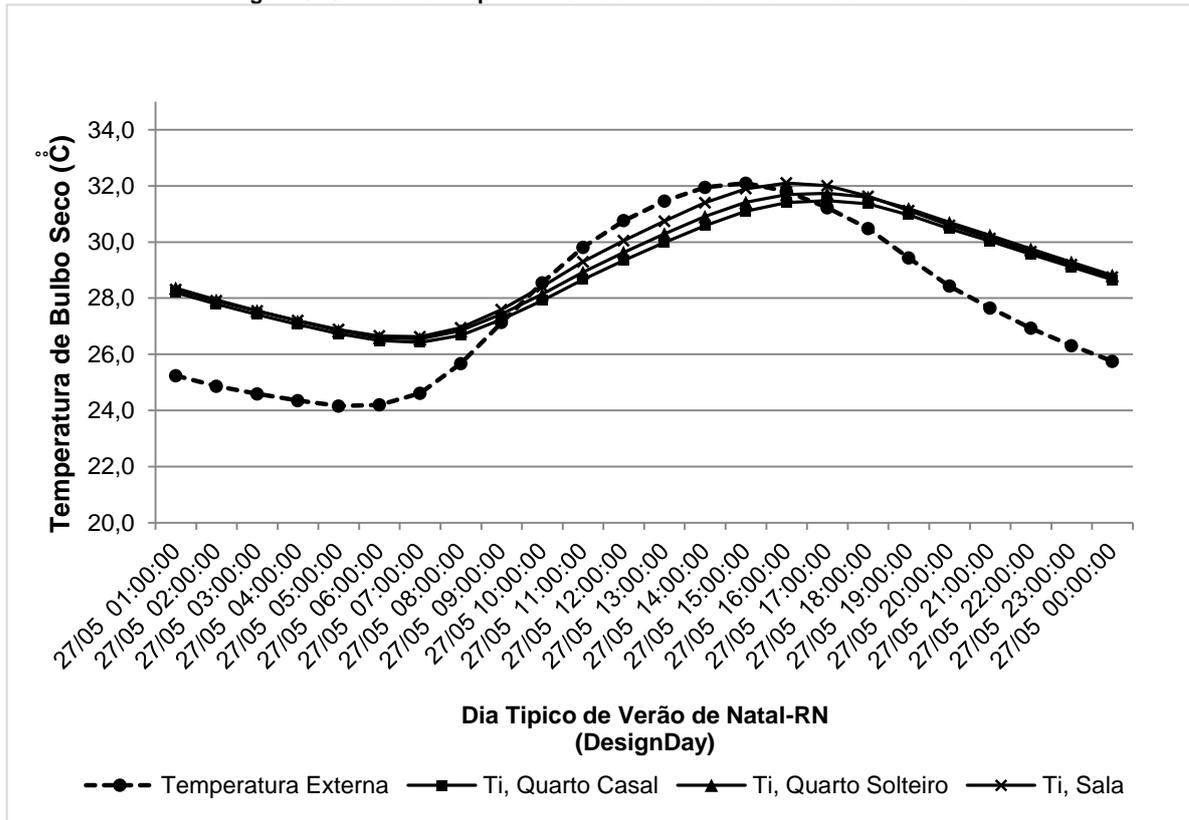
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO P/ CONDIÇÃO DE VERÃO					
Nome da Zona	Te, min	Te, max	Ti, min	Ti, max	Nível de Desempenho
Ti, Quarto Solteiro	24,16	32,1	26,6	31,7	Mínimo
Ti, Sala	24,16	32,1	26,6	32,1	Não atende
Ti, Quarto Casal	24,16	32,1	26,4	31,5	Mínimo

Fonte: elaboração dos autores

A temperatura máxima obtida no quarto de solteiro não atendeu ao mínimo recomendado pela norma. Por se tratar de uma norma de desempenho que visa dar suporte às normas prescritivas, o não atendimento dos critérios da NBR 15575 (ABNT, 2013) fornece ao usuário requisitos quantitativos quanto ao desempenho térmico da unidade, permitindo ao usuário saber que o ambiente que não atende ao nível de desempenho terá uma condição de conforto pior que os ambientes que atendem aos critérios de avaliação da norma.

Na figura abaixo (Figura 8) são mostrados os perfis de temperatura dos ambientes e da temperatura externa durante o dia, no dia típico de verão. Vê-se que as temperaturas máximas dos ambientes são bem semelhantes à temperatura máxima externa, havendo apenas um atraso nos picos das máximas internas de cerca de uma hora em relação à máxima externa. Isso é resultado das características das vedações e da ventilação natural, uma vez que a ventilação aproxima a temperatura interna da externa e as vedações promovem um pequeno atraso térmico.

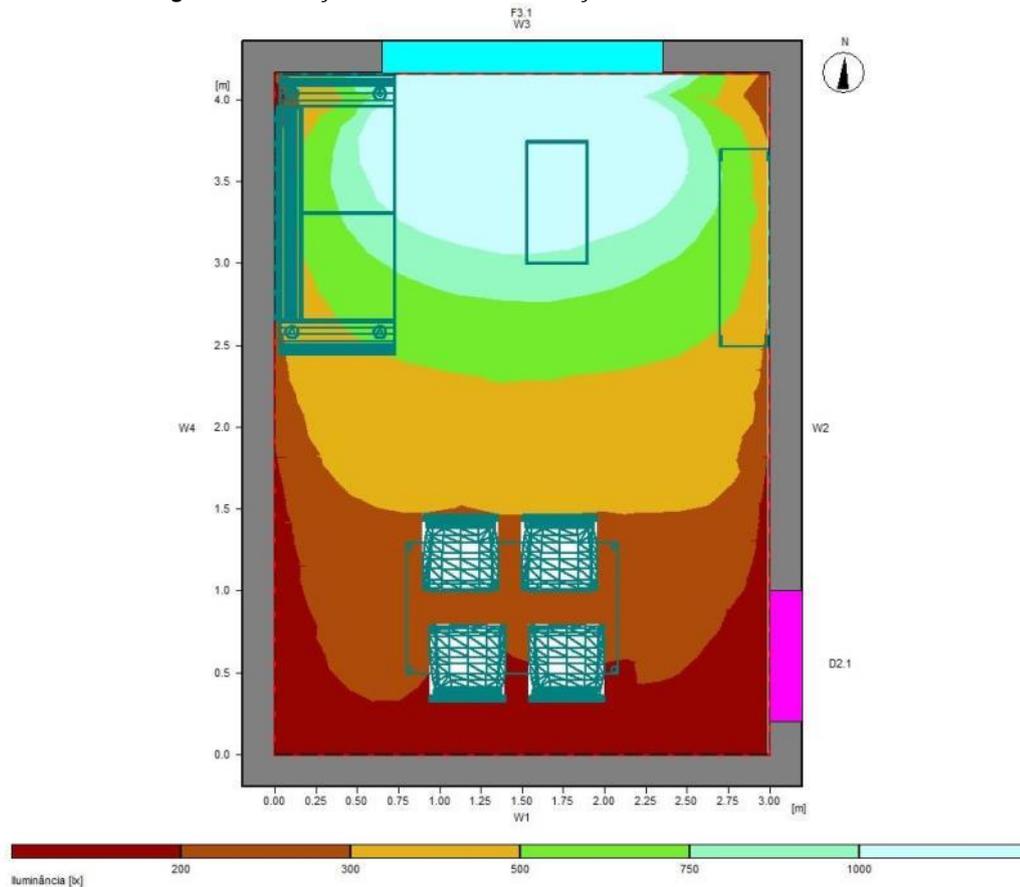
Figura 8: Gráfico de temperaturas do ar externo e interno dos ambientes



Iluminação Natural

A simulação realizada pelo software RELUX (1992) demonstrou que, dependendo do uso, o ambiente pode ou não atender a norma, conforme pode ser visualizado na figura abaixo.

Figura 9: Simulação dos níveis de iluminação natural na sala de estar.



Fonte: Relux (2008)

Observa-se na Figura 9 que na maior parte do ambiente a escala de iluminância indicada está acima de 200 lux (interseção na faixa laranja) e supera os 1000 lux (interseção entre faixa verde claro e azul claro) junto à janela. Apenas uma pequena faixa junto à parede oposta à abertura é que possui níveis de iluminância abaixo dos 200 lux (faixa vermelha).

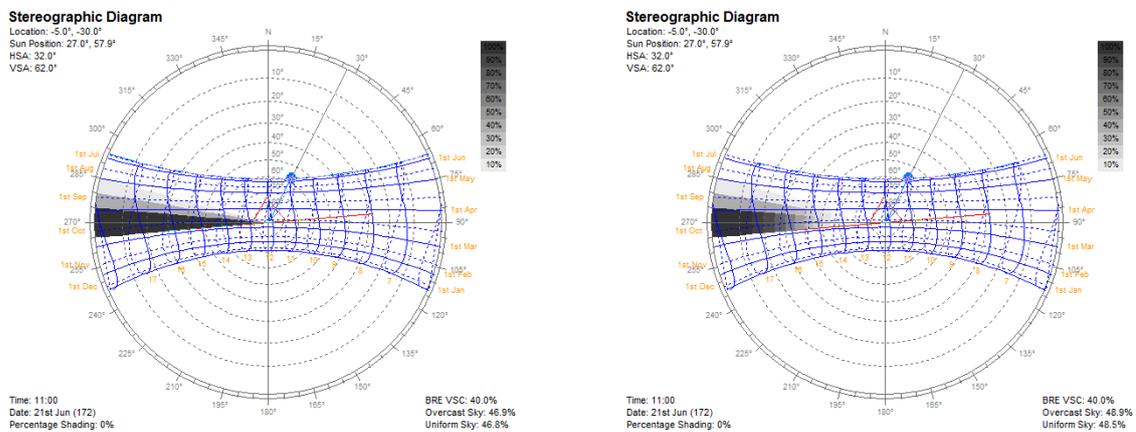
Tomando-se como referência os valores estabelecidos pela NBR 5413 (ABNT, 1992) para sala de estar, que em média deve ter 150 lux, pode-se dizer que a iluminação proporcionada pela abertura atende a norma. Mas ao utilizar-se o nível médio de luminância para um ambiente de leitura, que é uma atividade muito comum de ocorrer na sala de estar, o valor de 500 lux estabelecido pela norma não é atendido na maior parte do ambiente. Com isso, o ambiente não terá boa iluminação natural para o estudo e a leitura exatamente na área onde está localizada a mesa com as cadeiras (indicado pelas zonas amarela, laranja e vermelha), devendo o usuário recorrer à utilização da iluminação artificial para conseguir níveis satisfatórios de luminosidade.

Sombreamento

A incidência solar, para o projeto analisado, já se apresenta amenizada por ter as principais aberturas direcionadas para o norte ou para o sul. Entretanto a simulação realizada no Solar Tool (2008) permite verificar que o ambiente do quarto de solteiro mantém se totalmente exposto por todo o dia, em um longo período do ano, durante todo o verão para as unidades voltadas para o sul e durante todo o inverno para as unidades voltadas para o norte. Isso se deve à falta de protetores solares nesses ambientes, já que a abertura dos quartos de solteiro é totalmente desprotegida.

Para a sala há uma diferença no sombreamento das unidades do térreo e da cobertura, devido a uma pequena projeção vertical do quarto de solteiro que avança 31 cm em relação à parede da sala. Essa pequena reentrância já proporciona um maior sombreamento na unidade térrea em relação à unidade de cobertura (Figura 10), uma vez que o ângulo de proteção formado entre o ponto mais alto da proteção e a base da janela do térreo é maior que o formado entre a proteção e a base da janela no pavimento superior, garantindo-lhe maior proteção.

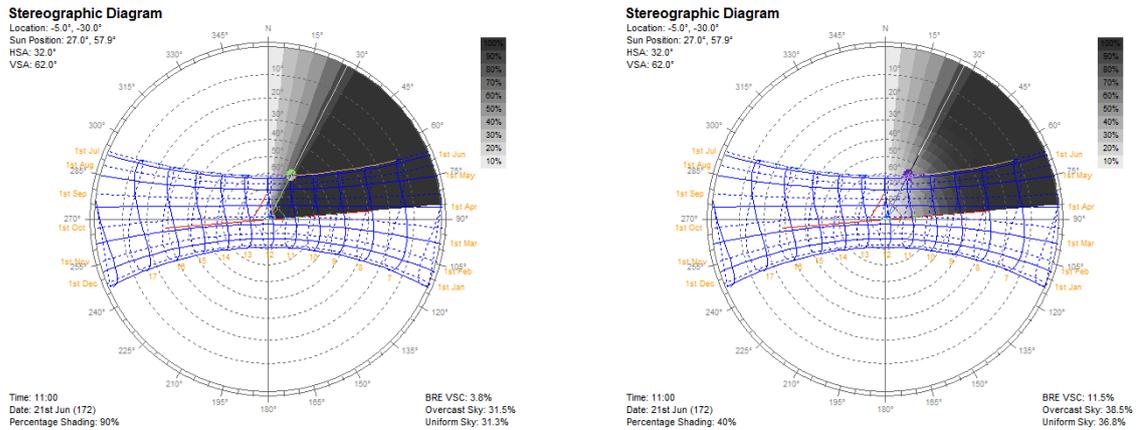
Figura 10: Máscara de sombra da sala para as unidades (da posição noroeste) térrea e de cobertura, respectivamente.



Fonte: elaboração dos autores

Esse sombreamento torna-se ainda mais significativo para os ambientes do quarto de casal, visto que a proteção vertical proporcionada pelo volume do quarto de solteiro é ainda maior (2,33 m). Nesse caso, o quarto do casal apresenta uma proteção à incidência solar bem maior que a da sala e, conseqüentemente, a do quarto de solteiro, tendo ainda as unidades do térreo um sombreamento ainda maior que as unidades da cobertura (Figura 11).

Figura 11: Máscara de sombra do quarto do casal para as unidades (da posição noroeste) térrea e da cobertura, respectivamente.



Fonte: elaboração dos autores

Devido à simetria na geometria e na orientação do bloco, as unidades com diferentes orientações obtiveram sombreamentos semelhantes aos mostrados acima. A única diferenciação nos diagramas de máscara de sombra das outras unidades se deu nas direções das áreas sombreadas. Enquanto que nas unidades voltadas para norte a incidência solar e o sombreamento das proteções nas aberturas existiam quando o sol estava mais ao norte, ocorria o inverso para as unidades do sul. O mesmo ocorreu entre as unidades orientadas para leste e oeste, onde nas primeiras a incidência solar e o sombreamento oriundo das proteções davam-se no período da manhã, e a tarde era a fachada oposta que recebia essa incidência.

CONCLUSÕES

A cidade do Natal é famosa pela presença abundante de luz e ventilação natural no seu território e é sabido que a utilização de iluminação natural em um projeto é um recurso que minimiza o consumo de energia elétrica, sendo seu uso desejável. No estudo pode-se observar que em dos ambientes de maior convivência, a sala de estar, não possui na sua totalidade um bom aproveitamento da luz natural. Para melhorar a distribuição da iluminação natural no ambiente pode-se recorrer a vários recursos, como o uso de cores claras nas paredes, pois auxiliam na reflexão da luz, o emprego de prateleiras de luz nas janelas, aumentar a altura da abertura ou a área da mesma. Maiores aberturas também resultam em maior interação dos ambientes internos com o exterior. Em contrapartida, existe a perda da privacidade interna

quando se utilizam grandes aberturas. Por isso, o aumento da altura das aberturas garante maior área para iluminação, melhor distribuição da iluminação natural no ambiente, maior interação com o exterior, sem prejudicar a privacidade dos moradores.

Do ponto de vista forma vê-se que o bloco em formato H compromete sempre uma das unidades quanto à ventilação natural. A unidade situada a noroeste do bloco está sempre desfavorecida a receber ventos em qualquer que seja a direção deste. Por isso, ao se projetar a distribuição dos apartamentos para compor um bloco deve-se posicionar todas as unidades para receber os ventos dominantes, a fim de evitar prejuízo na ventilação natural de algum dos apartamentos.

Dentro do aspecto formal observa-se ainda que a adoção de reentrâncias e saliências favorece captação dos ventos, pois promovem maior diferença de pressão nas fachadas e maior possibilidade de inserção de novas aberturas, beneficiando a ventilação cruzada. Em contrapartida, devem-se evitar fachadas retas, sobretudo muito alongadas, pois promovem apenas a ventilação unilateral nos ambientes.

Devido às principais janelas de uma unidade estarem situadas numa mesma fachada, a ventilação cruzada dentro da unidade só seria possível com a abertura da porta de entrada das unidades, juntamente com as janelas de saída de ar. Como por questões de segurança e privacidade nem sempre a porta de entrada pode ficar aberta, vê-se necessária a adoção de soluções que dotem as portas de uma maior permeabilidade, como o emprego de bandeirolas, por exemplo. O emprego pelos projetistas de elementos vazados em algumas paredes externas e/ou internas também favoreceria o fluxo dos ventos no interior dos apartamentos, bem como de peitoril ventilado.

Outra possibilidade que poderia ser empregada no estágio de projeto é o posicionamento de aberturas em diferentes fachadas para facilitar o fluxo de ventos, porém seria necessário o emprego de elementos de proteção solar para evitar o ganho térmico da radiação solar direta. As janelas de correr empregadas no projeto também reduzem consideravelmente a área de entrada dos ventos no interior das unidades, o que poderia ser resolvido por janelas pivotantes, onde quase toda a

área da janela é utilizada para a entrada dos ventos, além das folhas servirem, quando abertas, como defletores dos ventos, aumentando sua captação.

Mesmo com as principais aberturas voltadas para o norte ou para o sul, o que já minimiza a incidência solar nas áreas internas da edificação, o quarto de solteiro permanece exposto aos raios do sol durante um período muito longo, pois avança em relação aos outros dois cômodos analisados e não apresenta nenhuma proteção solar. Uma solução para esta e para as outras aberturas seriam o emprego de pequenas proteções horizontais sobre as aberturas, que poderiam se dar na forma de marquises, varandas, mão-francesas, brises, venezianas móveis ou outras proteções, desde que o elemento fosse externo ao ambiente e oferecesse proteção à radiação solar direta.

As aberturas voltadas para norte ou para sul são sombreadas mais facilmente. As proteções horizontais aliadas às saliências proporcionadas pelo volume da edificação resultariam em proteções solares eficientes, que protegem as aberturas da incidência solar direta durante o todo o dia. Além de aumentar o sombreamento nesses cômodos, essas medidas reduzem o ganho térmico e podem favorecer uma permanência mais contínua e agradável a esses ambientes.

A ventilação natural influencia também no desempenho térmico das unidades, onde ficou constatado que mesmo algumas unidades recebendo grande incidência solar nas paredes externas, a temperatura interna é mitigada pelo fluxo dos ventos. As unidades desfavorecidas à ventilação são também as com piores condições de conforto térmico.

Para melhorar o desempenho térmico dos ambientes para que estes atendam a NBR 15575 (ABNT, 2013) vê-se necessária a adoção de medidas que reduzam o ganho térmico da edificação. É necessário, porém, que estudos mais aprofundados sejam realizados para aferir a sensibilidade dos diversos parâmetros de conforto frente à metodologia imposta pela norma, e com isso identificar quais os parâmetros que apresentam maior influência na promoção de um melhor desempenho para os ambientes.

As observações levantadas anteriormente poderiam ser aplicadas ao projeto arquitetônico facilmente. Portanto, as ferramentas de simulação computacional

comprovaram-se eficazes para auxiliar o projetista na tomada das decisões projetuais, o que resultaria em um projeto com melhor qualidade ambiental para os usuários.

Para trabalhos futuros existe a possibilidade de se estudar os parâmetros de conforto aqui analisados no contexto da implantação dos blocos, considerando a relação entre um bloco sobre outro e destes com as áreas de uso comum, e ainda a influência de cada um dos blocos no desempenho dos demais, do ponto de vista da ventilação natural e sombreamento, principalmente.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Desempenho de Edifícios de até Cinco Pavimentos: Parte 1: Requisitos Gerais.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15575-1. 2013.

ABNT. **Desempenho térmico de edificações Parte de 1 a 3.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR15220-1,2,3: 2005.

ABNT. **Iluminância de interiores.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 5413. 1992.

ALMEIDA, José Eduardo Castro de. **Desempenho térmico, luminoso e energético de unidades de um conjunto habitacional implantado pelo programa de arrendamento residencial – PAR, em Maceió-AL**Maceió. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2005. 162f.

AUTODESK VASARI BETA 3.0. Autodesk, Inc. 2013.

DE DEAR, R. J.; BRAGER, G. S. **Thermal comfort in naturally ventilated buildings:** revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings* [S.l.], v. 34, n. 6, p. 549-561, JUL 2002.

DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD. DesignBuilder.2000-2011.

ENERGYPLUS.*EnergyPlus Engineering Reference: The Reference to EnergyPlus Calculations.* Berkley: 2009. Disponível em:<<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/pdfs/engineeringreference.pdf>>.

INMETRO. **RTQ-R: Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais.** Brasília, 2010.

NATAL, Prefeitura Municipal de. **Intervenção Urbanística Comunidade do Jacó.** Secretaria Municipal de Habitação, Regularização Fundiária e Projetos Estruturantes – SEHARPE. Natal, 2010a. (Memorial descritivo).

NATAL, Prefeitura Municipal de. **Intervenção Urbanística Comunidade do Jacó.** Secretaria Municipal de Habitação, Regularização Fundiária e Projetos Estruturantes – SEHARPE. Natal, 2010b. (Projeto executivo).

RELUX INFORMATIK AG. Relux Professional. 1998-2008.

SOLAR TOOL 2.20. Autodesk, Inc. 2008.