

A INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO NO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS NA CIDADE DE MACEIÓ-AL.

Raffaella Germano de Lima (1); Gianna Melo Barbirato (2)

(1) Doutoranda, Professora do Instituto Federal de Alagoas - IFAL, lelagermano@yahoo.com.br
Universidade Federal de Alagoas, Doutorado Cidades (FAU/UFAL), Av. Alagoas, s/nº, Palmeira de Fora,
Palmeira dos Índios - AL, 57601-220, Tel.: (82) 3194.1150

(2) Doutora, Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU/UFAL), gmb@ctec.ufal.br
Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU/UFAL), Grupo de Estudos
da Atmosfera Climática Urbana – GATU, FAU/UFAL, Brasil, Campus A.C.Simões
Tabuleiro do Martins, 57072-970, Tel.: (82) 32141266

RESUMO

Edificações construídas adaptadas às características climáticas regionais contribuem para a obtenção de um melhor desempenho térmico. Todavia, no âmbito da produção habitacional brasileira as diversidades climáticas locais nem sempre são respeitadas, produzindo-se ambientes sem conforto térmico. Fatores como a disposição do arranjo construtivo, a exposição solar das aberturas envidraçadas da envoltória são pontos que definem o desempenho de um edifício. Com vistas à mostrar a importância da utilização de estratégias bioclimáticas em edificações, o presente trabalho avaliou a influência do sombreamento da envoltória no desempenho térmico em edifícios residenciais multifamiliares localizados em Maceió – AL, tendo como objeto de estudo um modelo que representa a tipologia típica de edifício vertical desenvolvido pelo Programa de Arrendamento Residencial – PAR. A metodologia fundamentou-se em análises paramétricas visando a comparação entre o modelo de referência e alguns parâmetros propostos (dispositivo de proteção solar e entorno imediato), através de simulações computacionais com o programa *EnergyPlus 4.0*. Os resultados obtidos indicaram que a utilização de protetor solar e o aproveitamento da morfologia do arranjo construtivo contribuíram para um melhor desempenho térmico do edifício, considerando as condições climáticas de Maceió - AL. Diante dos resultados encontrados, reforça-se a necessidade de se considerar a utilização de protetores solar em empreendimentos habitacionais, como também de se levar em conta a disposição do arranjo construtivo, de modo a potencializar a sua função de sombreamento e canalizador de ventilação natural, estratégias de grande importância para o conforto térmico nas edificações implantadas em climas tropicais de baixa latitude.

Palavras-chave: sombreamento, desempenho térmico, edifícios residenciais.

ABSTRACT

Built buildings adapted to regional climatic characteristics contribute to the achievement of a better thermal performance. However, in the Brazilian housing production local climatic differences aren't always respected, producing environments without thermal comfort. Factors such as the provision of constructive arrangement, sun exposure of glazed openings of the envelope are points that define the performance of a building. In order to show the importance of using bioclimatic strategies in buildings, this study evaluated the influence of shading on the envelope thermal performance in multi-family residential buildings located in Maceió - AL, having as studying object a model that represents a typical vertical building typology developed by PAR – Programa de Arrendamento Residencial (Housing Leasehold Program). The methodology is based on parametric analysis in order to compare the reference model to some proposed parameters (solar protection devices and immediate surroundings), using computer simulation by the *EnergyPlus 4.0* software. The results indicated that the use of solar protection devices and the profit of the building arrangement morphology contributed to a better thermal performance of the building., considering the climatic conditions of Maceió - AL. Considering the results, it reinforces the need to consider the use of solar protectors in housing developments, but also to take into account the layout of constructive arrangement, in order to maximize its shading function and plumber natural ventilation, very important strategies for thermal comfort in buildings implanted in tropical climates low latitude.

Keywords: shading, thermal performance, residential buildings.

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico das técnicas e materiais construtivos ao longo dos anos, bem como a velocidade de circulação de produtos e mercadorias, tem possibilitado ao projetista uma maior liberdade de criação, bem como permitido desconsiderar aspectos antes julgados imprescindíveis, como a adaptação dos edifícios às condições e materiais disponíveis locais.

A despreocupação em se utilizar materiais regionais nos projetos de edifícios e de utilizar de mecanismos passivos de resfriamento ou aquecimento, abrem espaço a soluções arquitetônicas internacionalizadas e ao uso indiscriminado de sistemas artificiais de resfriamento e aquecimento das edificações, representando um baixo desempenho térmico e energético para os mesmos.

Na América Latina, a preocupação da adaptação da arquitetura ao clima foi perdendo espaço durante os períodos que sucederam o colonial (RORIZ; NAVARRO, 2005; SATTLER, 2007). O uso de estratégias adaptadas ao clima local capazes de aproveitar de maneira adequada a ventilação, iluminação natural, sombreamento e radiação solar passa a ser deixado de lado, dando lugar ao uso crescente de equipamentos mecânicos, devido em grande parte à abundância de energia elétrica barata disponível da época (LEÃO JUNIOR, 2008).

Além das cargas térmicas internas provenientes de equipamentos, o consumo energético das edificações depende do comportamento térmico de sua envoltória, pois as cargas térmicas externas transmitidas pela envoltória ao ambiente interno exercem uma forte influência na necessidade de condicionamento de ar no edifício. Os ganhos térmicos advindos de superfícies envidraçadas, os elementos opacos que compõem as fachadas e a cobertura determinam fortemente os ganhos de calor ao interior dos ambientes, a depender das características termofísicas dos materiais constituintes e das características climáticas do ambiente no qual será inserida a edificação.

Para Pereira e Ghisi (2009a), os principais ganhos de calor na envoltória de um edifício são provenientes da radiação solar, e em edifícios verticais são as janelas os elementos construtivos responsáveis pela maior parte dessa transmissão, influenciando no desempenho e dimensionamento dos sistemas de iluminação e de condicionamento de ar que deverão ser instalados no ambiente.

Sabe-se ainda que as janelas e demais aberturas também desempenham um significativo papel de proporcionar qualidade de vida e conforto às edificações, já que são responsáveis pela passagem de iluminação natural e de ar para o interior dos ambientes, e ainda permitem, através de sua transparência, o contato visual dos ocupantes da edificação com o meio externo.

Neste contexto, o problema que se apresenta é quanto à exposição à radiação solar de janelas envidraçadas e superfícies opacas dos edifícios, que contribuem para o baixo desempenho térmico e energético das edificações em climas quente e úmido. Para tal análise optou-se por estudar um modelo representativo dos edifícios residenciais desenvolvidos pelo Programa de Arrendamento Residencial – PAR, na cidade de Maceió – AL.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo avaliar a influência do sombreamento no desempenho térmico em edifícios residenciais multifamiliares localizados na cidade de Maceió – AL.

3. MÉTODO

O método adotado para o presente trabalho consiste na avaliação um modelo de empreendimento residencial produzido pelo Programa de Arrendamento Residencial – PAR, em Maceió – AL, definido a partir de observações em tipologias correntes, levantamento documental e pesquisa de campo dos empreendimentos implantados na cidade. Trata-se da continuação do trabalho desenvolvido em Lima; Barbirato (2011), no qual o modelo aqui estudado foi analisado quanto ao impacto do sombreamento no consumo de energia do edifício. Na ocasião, foram encontrados resultados que comprovaram a redução do consumo de energia com a adoção de proteção solar, alterações no entorno e absortâncias das superfícies.

Para o presente trabalho, foram realizadas, para o modelo adotado, análises paramétricas visando à comparação do seu desempenho térmico face ao dispositivo de proteção solar e ao entorno construtivo. Os dados de saída das simulações corresponderam a um período de um ano, porém foram avaliados os dados horários de um dia típico de verão (16 de fevereiro) e de um dia típico de inverno (23 de agosto).

Desta forma, a presente pesquisa foi desenvolvida obedecendo as seguintes etapas: elaboração de modelo típico; definição dos parâmetros de entrada, definição das condições variáveis para as simulações; e as simulações computacionais, comparando-se o modelo de referência a um modelo com a inserção da proteção solar e desconsideração da presença do entorno. Essas etapas serão apresentadas a seguir.

3.1 Elaboração do modelo típico

Através do mapeamento da produção dos conjuntos habitacionais em Maceió, pesquisa documental e de campo, elaborou-se um modelo de arranjo construtivo típico e de planta da unidade habitacional que serviu para a realização de simulações computacionais. Esses procedimentos resultaram em um modelo com as seguintes características: terreno com tipologia de formato quadrangular; aberturas principais voltadas para a orientação sudeste/noroeste e menores que 25% da área de piso de cada ambiente; conjunto residencial com 16 blocos de edifícios; cada edifício com 4 pavimentos; planta com 4 apartamentos por andar; recuos laterais de 6 metros; agrupamento com 6 edifícios e com tipologia de planta do edifício em formato “H”, conforme pode ser observado na figura 1.

Cada modelo de apartamento que foi simulado possui área interna total de 38m², dividida em 2 quartos, sala, cozinha e banheiro, com pé-direito de 2,55m, conforme o padrão de layout típico desses empreendimentos, aberturas de 1,20x1,40; exceto área de serviço (1,20x1,20) e BWC (0,60x0,80) (figura 2).

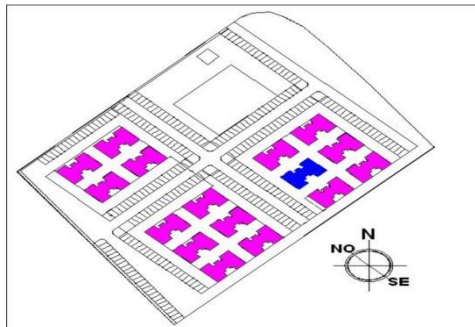


Figura 1: Modelo do arranjo construtivo a ser avaliado.

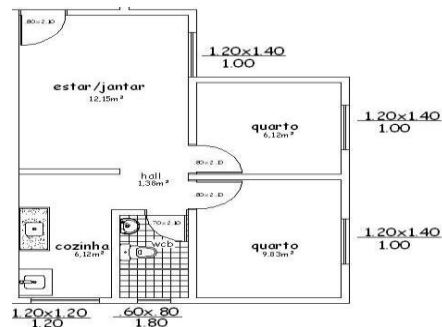


Figura 2: Planta baixa apartamento.

A partir do modelo de arranjo construtivo típico, foram realizadas simulações computacionais com a finalidade de analisar o desempenho térmico da tipologia estudada e das demais alternativas propostas (utilização de protetor solar e ausência de arranjo construtivo). As simulações foram desenvolvidas com o programa *EnergyPlus* versão 4.0 (Energyplus, 2009), de disponibilidade gratuita e que simula o desempenho termo – energético em edificações existentes ou em fase de projeto.

O programa *Energyplus* dispõe de quatro tipos de modelos de cálculo de trocas térmicas, para este trabalho utilizou-se o módulo *Conduction Transfer Functions*, que considera apenas o calor sensível.

Para analisar o efeito de possíveis sombreamentos produzidos pelos edifícios do entorno sobre o modelo de referência, ao longo do dia, como também para a modelagem do arranjo construtivo, foi utilizado o programa computacional *Sketchup* (SKETCHUP, 2009). Este programa oferece algumas extensões que fornecem recursos adicionais, dentre as quais será utilizada a ferramenta *Open Studio*, para a modelagem e caracterização necessária à simulação do desempenho térmico no *EnergyPlus*.

O modelo de referência para as avaliações paramétricas consistiu de 4 zonas térmicas por pavimento, representando os seguintes ambientes: quarto de casal; quarto de solteiro; sala; cozinha e banheiro (figura 3), totalizando 16 zonas térmicas, sendo as zonas 1, 3 e 13 a representação do quarto de casal; e as zonas 2, 4 e 14 a representação da sala, como indicado na figura 3:

Desta forma, as avaliações foram realizadas com base nos quartos de casal e salas, considerando os pavimentos térreo, 1º andar e 4º andar. Foram escolhidos três pavimentos para as análises com o objetivo de se observar o desempenho térmico dos ambientes, sob a incidência de radiação em um nível mais baixo (que recebe maior sombreamento do entorno), um patamar intermediário e uma situação mais extrema (com maior exposição solar pela cobertura).

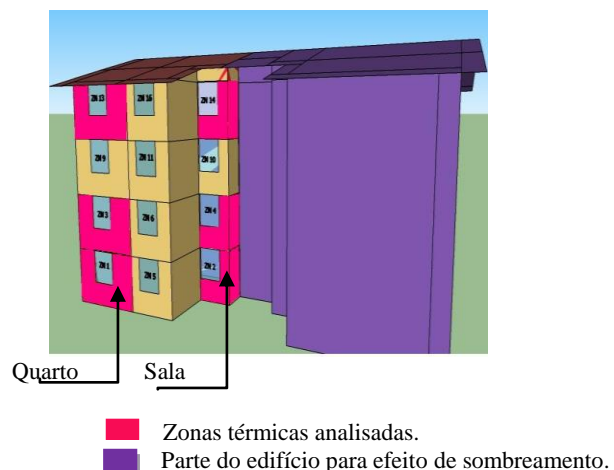


Figura 3: Representação das zonas térmicas analisadas.

3.2 Definição dos Parâmetros de entrada

3.2.1 Caracterização dos materiais das superfícies

Para a inserção dos materiais que constituem as superfícies do modelo de referência analisado, foram seguidas as especificações técnicas dos empreendimentos PAR. As propriedades térmicas foram obtidas através da norma ABNT 15220 (ABNT, 2005), com exceção da alvenaria de bloco cerâmico, cujas propriedades foram baseadas em Ordenes et al. (2003). Como pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1: Propriedades dos materiais utilizados na simulação computacional.

Material	Condutividade térmica [W/m.K]	Densidade [Kg/m ³]	Calor Específico [J/Kg.K]	Absortância
Argamassa externa com textura Suvinil na cor Amarelo Antigo.	1.15	1800	1000	0.63
Argamassa interna 1,5cm com pintura Suvinil PVA látex na cor Branco gelo.	1.15	1800	1000	Térmica:0.26; Solar: 0.91; Visível:0.26.
Argamassa de assentamento 1,5cm.	1.15	2000	1000	0.7
Concreto armado esp.: 9cm.	1.75	2300	1000	0.7
Bloco cerâmico 2 furos com argamassa, esp.: 14cm	0.90	3732	920	0.7
Piso cerâmico	0.90	1600	920	0.9
Forro em PVC branco.	0.2	1300	960	0.20
Portas internas em Madeira compensada na cor grafite.	0.14	600	2300	0.7
Telha de barro tipo colonial, cor Terracota.	0.70	1000	920	Térmica:0.569 Solar: 0.957; Visível:0.699
Vidro liso, esp.: 3mm – Transmitância solar: 0.84				
Vidro translúcido, esp.: 4mm – Transmitância solar: 0.89				
Câmara de ar com alta emissividade, esp.: 2cm – fluxo horizontal – Resistência térmica: 0.16 m ² K/W				

Fonte: adaptado da ABNT 15220 (2005); Ordenes et al (2003)

O *Energyplus* (Energyplus, 2009) dispõe de um banco de dados de vários materiais com suas respectivas propriedades, necessárias para a simulação no programa. Desta forma, as propriedades térmicas dos vidros utilizados nas simulações foram retiradas dessa base de dados. Foi considerado para as janelas do pavimento térreo e banheiro, o vidro translúcido tipo canelado com 4mm, e para os demais pavimentos o vidro liso comum com 3mm.

3.2.2 Taxas de infiltração do ar

Foram consideradas taxa de infiltração estabelecida pela NBR 15575 (ABNT, 2013), de 1 ren/h; para o edifício de referência e para os parâmetros avaliados com a utilização de condicionamento de ar.

3.2.3 Padrão de ocupação e uso

Foi considerada a seguinte ocupação por apartamento: uma família constituída por 1 casal e 2 filhos. Considerou-se que apenas 1 adulto permanece o dia todo em casa, e os dois filhos apenas no período da tarde. No período da noite toda a família permanece na residência. As zonas térmicas que compõem os quartos são ocupadas por 2 pessoas; a zona térmica da sala é utilizada pelas 4 pessoas; e cozinha e WCB, que foram englobadas em uma única zona, também pelos 4 membros da família.

Com base no padrão de ocupação para a iluminação nos dormitórios, cozinha e sala, foi considerado o horário das 18 horas às 22 horas. O sistema de iluminação artificial foi definido a partir de dados do relatório de pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso: classe residencial (ELETROBRAS / PROCEL, 2007), a qual divide o consumo de energia elétrica mensal por domicílio em três faixas (1ª faixa: 0 – 200kwh/mês; 2ª faixa: 201 – 300kwh/mês; 3ª faixa: > 300kwh/mês), e de acordo com informações quanto ao tipo de domicílio, área construída e número de moradores por unidade habitacional, verifica-se que os apartamentos dos empreendimentos do PAR enquadram-se na faixa de consumo de até 200kWh/mês. Sendo assim, neste mesmo relatório, observa-se que para a região Nordeste há uma grande utilização de lâmpadas fluorescentes compactas maior ou igual a 15W de potência por ambiente. Desta forma, estabeleceu-se a utilização de lâmpadas compactas de 15W para os quartos e de 23W para as demais zonas. Utilizaram-se de

dados de fração visível (0.18), fração radiante (0.42) e fração de ar de retorno (0.0), a partir da tabela contida no *Input Output Reference*, disponível no programa *Energy Plus* (Energyplus, 2009), considerando um sistema de iluminação fluorescente e luminárias suspensas.

Para efeito de consideração das cargas térmicas com equipamentos, foi levada em conta a utilização de uma TV em cores de 29" (potência média 110W) na sala, utilizada durante todo o período de ocupação deste ambiente, e uma TV em cores de 20" (potência média 90W), utilizada nas primeiras horas de ocupação no período noturno para os quartos.

3.2.4 Atividade

Adotou-se para o nível de atividade diária do ocupante o valor de 126W por pessoa, considerando a condição deste em pé ou relaxado (ASHRAE, 2004).

3.2.5 Temperatura do solo

Pesquisas indicam que a utilização dos valores de temperatura do solo estabelecidos pelo EnergyPlus (Energyplus, 2009), de 18°C, considerada baixa para os padrões tropicais, pode influenciar de forma bastante significativa nos resultados finais das simulações (PEREIRA; GHISI, 2009a, PEREIRA; GHISI, 2009b), pois não traduz corretamente as trocas de calor entre a edificação e o solo. Desta forma, de modo a considerar um valor significativo de temperatura do solo, substituiu-se o valor padrão pelas médias mensais da temperatura do ar da região de Maceió (tabela 2):

Tabela 2: Médias mensais da temperatura do ar da cidade de Maceió - AL.

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
25.9°C	25.9°C	25.5°C	24.7°C	23.9°C	22.8°C	22.2°C	22.3°C	22.8°C	24.2°C	24.9°C	25.4°C

3.3 Definição das condições variáveis

3.3.1 Dispositivo de proteção solar

Seguindo o padrão construtivo típico do PAR, o edifício de referência possui apenas o beiral da cobertura de 80 cm nas janelas do 4º pavimento, exercendo pouca influência na proteção solar das janelas dos andares mais baixos. Desta forma, foram dimensionados protetores solares para as janelas da fachada sudeste, pois a partir do levantamento documental constatou-se que na orientação SE/NO encontra-se a maioria das aberturas nesses edifícios.

Quanto ao uso de protetor solar, foi considerada a utilização de protetores mistos de ângulo vertical frontal de 26° e ângulo horizontal de 37°, protegendo do sol a partir das 9h30 da manhã no período de verão e durante todas as horas do dia no período de inverno, conforme figura 4.

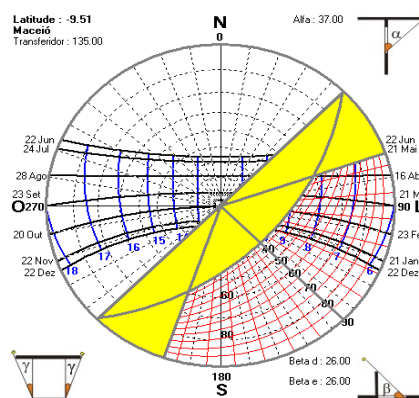


Figura 4: Máscara de sombra do protetor adotado.

Fonte: LABEEE / SolAr, 2009.

3.3.2 Arranjo construtivo

Pelo modelo de referência observou-se que os edifícios do entorno possuem recuos de 6,0m de largura, o que pode ocasionar sombras entre estes. Com isso, foi realizada simulação desconsiderando a presença desse entorno, de maneira a avaliar sua influência no desempenho térmico do modelo.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir, são apresentados os resultados e discussões das simulações efetuadas.

4.1. Edifício de referência x Edifício com protetor solar

4.1.1 Análise da variação da temperatura média interna (°C)

As figuras 5, 6, 7 e 8 mostram os resultados das temperaturas médias do ar nas diversas zonas térmicas do modelo, com e sem protetor solar em uma situação típica de verão e de inverno. Observa-se que as zonas térmicas avaliadas no modelo de referência, sob uma taxa de infiltração de 1ren/h (uma renovação por hora), apresentaram médias de temperaturas internas na ordem de 28,5°C a 34,2°C no dia típico de verão e 25,2°C a 33,9°C no dia típico de inverno. Ao considerar o uso de dispositivo de proteção solar, observaram-se temperaturas médias internas de 28,2°C a 33,8°C no dia típico de verão e 25,1°C a 33,7°C no dia típico de inverno.

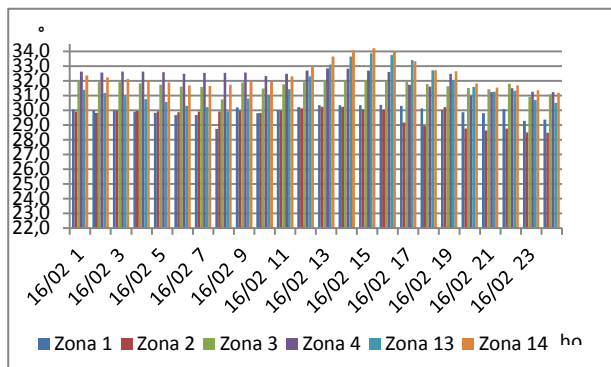


Figura 5:Temp. média ar (°C). Edif. Referência – verão.

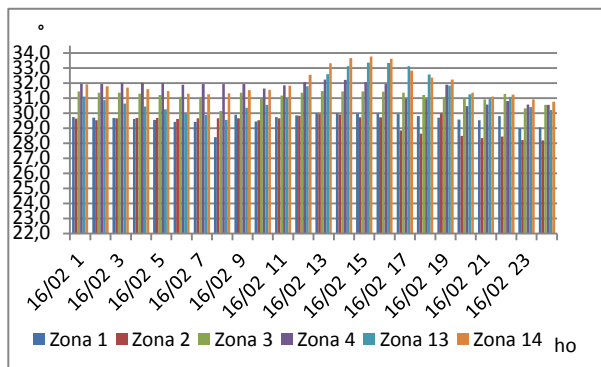


Figura 6:Temp. média ar (°C) Edif. com protetor - verão

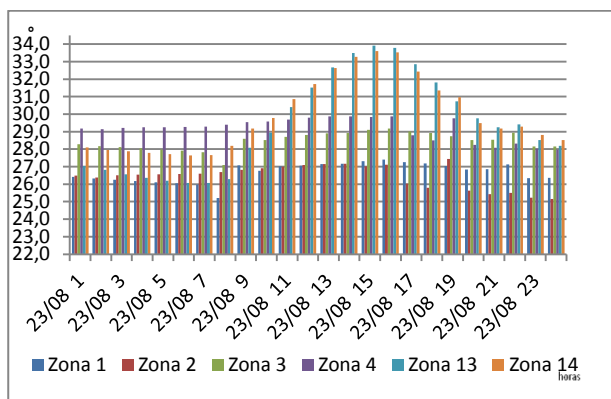


Figura 7:Temp. média ar(°C). Edif. Referência – inverno

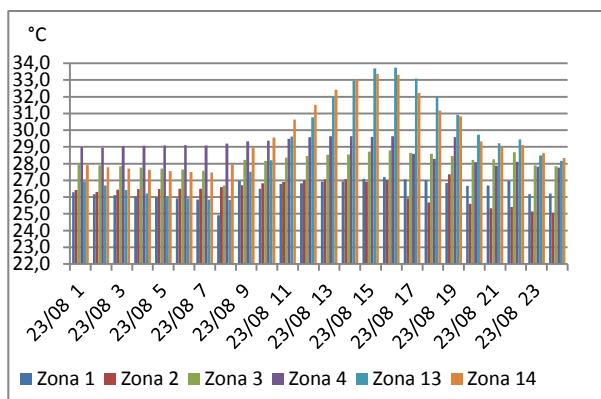


Figura 8: Temp. média ar(°C). Edif. com protetor – inverno

Comparando-se o comportamento da temperatura média no interior das zonas, sob as duas situações avaliadas, verificou-se que o uso dos dispositivos de proteção solar nas janelas de cada zona contribuiu para reduções desses valores. No dia típico de verão tais variações foram mais significativas na zona 3 (reduções de 0,5 a 0,6°C), na zona 4 (reduções de 0,5 a 0,8°C) e na zona 13 (reduções de 0,1 a 0,5°C), enquanto no dia típico de inverno as maiores variações de temperatura foram registradas na zona 13 (reduções de 0,1 a 0,8°C), zona 3 (reduções de 0,3 a 0,4°C) e zona 14 (0,2 a 0,3°C).

Os dados de temperatura média interna obtidos permitiram observar que as maiores reduções ocorreram nas zonas localizadas no pavimento intermediário (0,3 a 0,4°C - zona 3) e no 4º pavimento (0,1 a 0,8°C - zona 13), no dia típico de inverno.

4.1.2 Análise dos ganhos de calor pela janela de cada zona (W)

De acordo com os dados de saída obtidos, no edifício de referência os ganhos de calor foram registrados das 8 às 17 horas. Já com o uso de protetor solar os ganhos de calor foram registrados em média a partir das 9 até as 17 horas, e em menor intensidade do que no edifício de referência.

A utilização de dispositivos de proteção solar promoveu uma redução expressiva nos ganhos de calor pela janela. Essas reduções dos ganhos de calor nos horários registrados do dia típico de verão, e dentre as zonas térmicas analisadas, foram as localizadas no 4º pavimento (13 e 14) as que apresentaram reduções mais expressivas, vindo logo em seguida as zonas do pavimento intermediário (3 e 4).

Nas zonas 1, 3 e 13 se verificaram os maiores ganhos de calor, tanto no edifício de referência como no edifício com protetor solar. Estima-se que tal situação ocorreu porque essas zonas tinham uma de suas paredes voltadas para sudoeste e porque as zonas 2, 4 e 14 eram protegidas pelo prolongamento do próprio edifício, ver figuras 9, 10, 11 e 12.

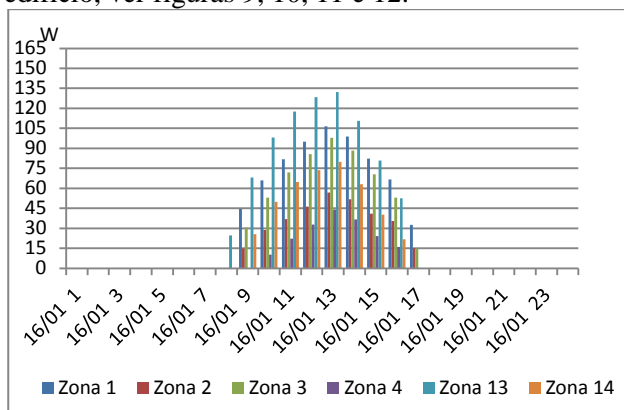


Figura 9: Ganhos de calor p/ janela (W). Edif. Ref. – verão

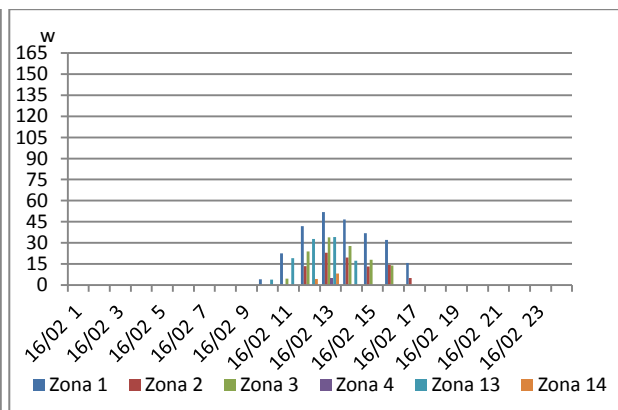


Figura 10: Ganhos de calor p/ janela (W). Edif. c/ protetor – verão

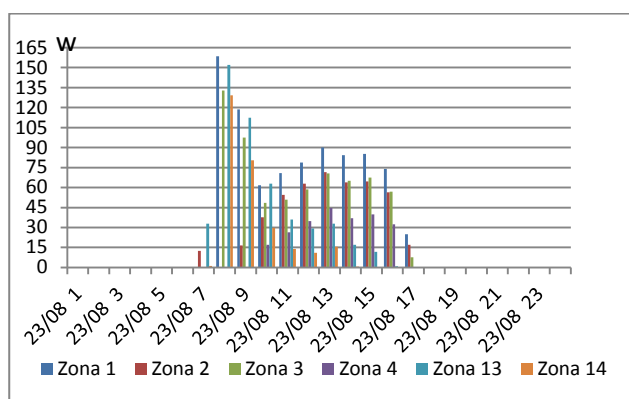


Figura 11: Ganhos de calor p/ janela (W). Edif. Ref. – inverno

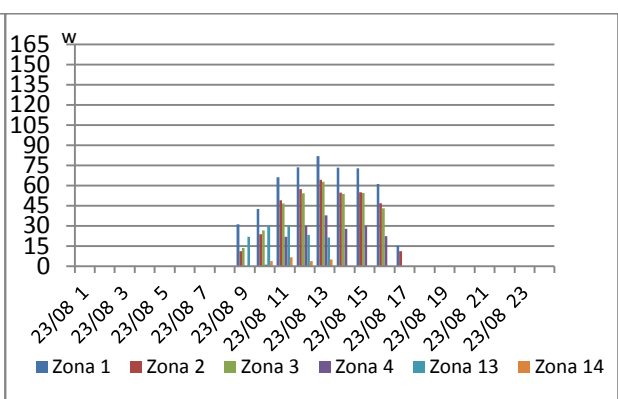


Figura 12: Ganhos de calor p/ janela (W). Edif. c/ protetor – inverno

4.1.3 Análise da transmissão solar pela janela (W)

O valor da transmissão da carga solar pela janela indica a soma da transmissão da radiação solar direta com a transmissão da radiação solar difusa.

A transmissão solar através da janela nas simulações realizadas foi observada das 7h às 17h, e nas duas situações analisadas verificou-se uma maior variação dessa transmissão no edifício de referência, cujo maior valor registrado foi de 194,6W (na zona 1, no dia típico de inverno); enquanto a utilização de dispositivos de sombreamento permitiu uma maior uniformidade desses valores, de forma que o maior valor registrado não passou de 73,5W (na zona 13, no dia típico de verão).

Com base nos valores horários obtidos de transmissão solar, foram calculadas as reduções médias entre as duas situações analisadas e pôde-se constatar que a utilização de dispositivo de sombreamento foi capaz de promover as seguintes reduções na transmissão solar (Tabela 3):

Tabela 3: Reduções médias (%) da transmissão solar através do uso do protetor solar.

ZONAS	Dia Típico de verão	Dia típico de inverno
Zona 1	53.9%	33.7%
Zona 2	62.3%	31.6%
Zona 3	58.7%	36.5%
Zona 4	62.9%	34.1%
Zona 13	60.8%	48.8%
Zona 14	61.6%	48.2%

Obs.: Em vermelho, maior porcentagem de redução; em cinza, menor porcentagem de redução.

4.2 Edifício de referência x Edifício isolado

4.2.1 Análise da variação da temperatura média interna (°C)

Observou-se que a desconsideração do entorno resultou em aumentos nos valores de temperatura média interna; porém, no dia típico de verão, observou-se que essas alterações de temperatura tiveram seus maiores registros nas zonas localizadas no pavimento térreo, zonas 1 e 2, e no pavimento intermediário, nas zonas 3 e 4 (aproximadamente 0,7 °C de diferença). As zonas térmicas 13 e 14, localizadas no 4º pavimento, foram as que apresentaram menor alteração de temperatura, aproximadamente 0,2°C. Ou seja, a presença do entorno imediato contribui no verão para o sombreamento apenas nas zonas localizadas do térreo ao 2º pavimento.

No dia típico de inverno, verificou-se uma menor variação dos valores de temperatura interna. Nas zonas 1 e 2 do térreo essa variação foi entre 0,2°C a 0,3°C; nas zonas 3 e 4 do pavimento intermediário houve uma variação entre 0,3°C a 0,4°C, e assim como no verão, foram nas zonas 13 e 14 localizadas no 4º pavimento, que ocorreram as menores diferenças de temperatura entre: 0,1° a 0,2°C. Ou seja, para essa orientação e configuração de arranjo construtivo, no dia típico de inverno o entorno exerce pouca influência nos valores de temperatura interna registrados. (Ver figuras 13, 14, 15 e 16).

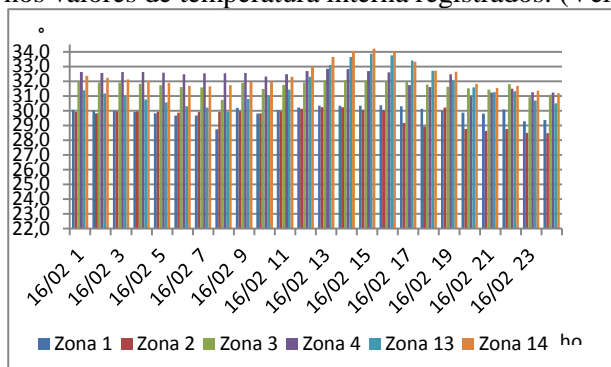


Figura 13: Temp. média ar (°C). Edif. Referência – verão.

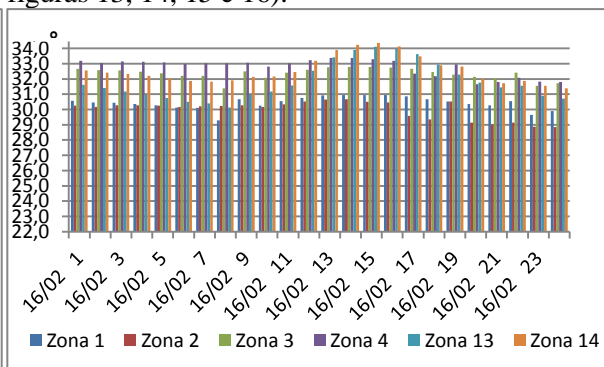


Figura 14: Temp. média ar (°C). Edif. isolado –verão

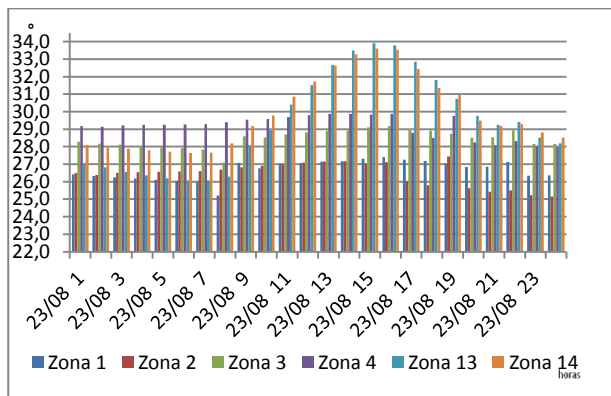


Figura 15:Temp. média ar(°C). Edif. Referência – inverno

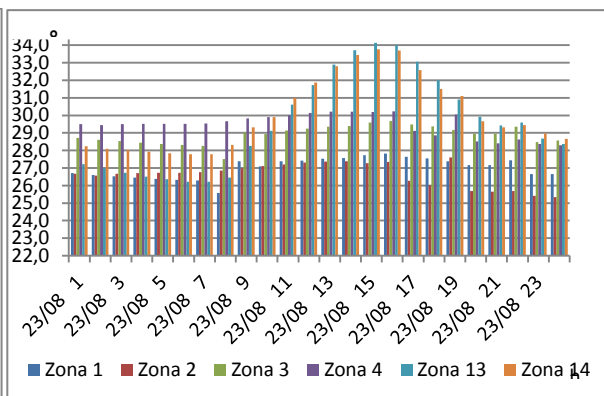


Figura 16: Temp. média ar(°C). Edif. isolado – inverno

4.2.2 Análise dos ganhos de calor pela janela de cada zona (W)

Para a análise dos ganhos de calor pelas janelas, através da avaliação comparativa do modelo de referência com o modelo do edifício isolado, foram observados aumentos significativos dos ganhos de calor em todas as zonas térmicas na situação do edifício isolado, chegando a atingir em média 2,4 vezes a mais no dia típico de verão e 1,5 vezes a mais no dia típico de inverno, em relação aos valores de ganhos térmicos registrados no modelo de referência (com a presença do entorno).

Percebeu-se que ocorre nas zonas 1, 3 e 13(quartos) o registro dos maiores ganhos de calor, tanto no edifício de referência como no edifício isolado. Justifica-se tal situação pelo fato de estas zonas possuírem uma de suas paredes voltadas para sudoeste e nenhum elemento que promova sombreamento.

Das zonas 1, 3 e 13, observou-se que no edifício de referência a zona térmica que recebeu maior ganho térmico no verão foi a 13. Já no inverno foi a zona 1 que recebeu maior ganho. No modelo isolado, nos dois dias típicos de projeto analisados, a zona 1 foi a que recebeu maiores ganhos de calor.

Percebeu-se que a ausência do entorno representou maiores ganhos de calor nos horários registrados dos dois dias típicos. (Figuras 17, 18, 19 e 20).

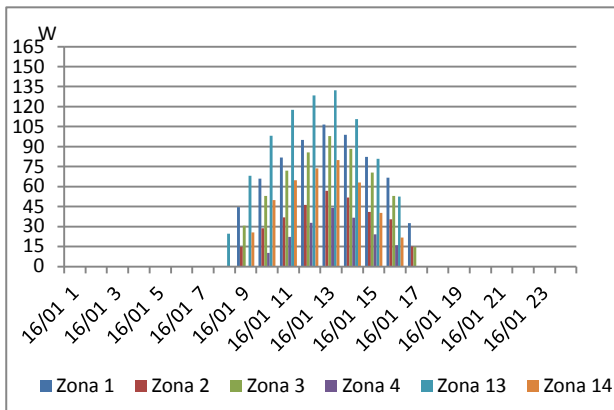


Figura 17: Ganhos de calor p/ janela (W). Edif. Ref. – verão

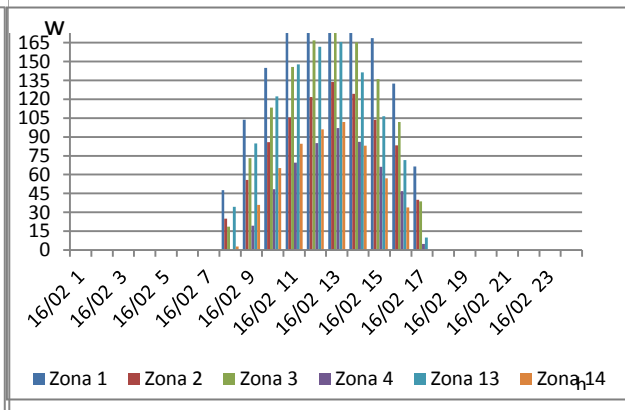


Figura 18: Ganhos de calor p/ janela (W). Edif. isolado – verão

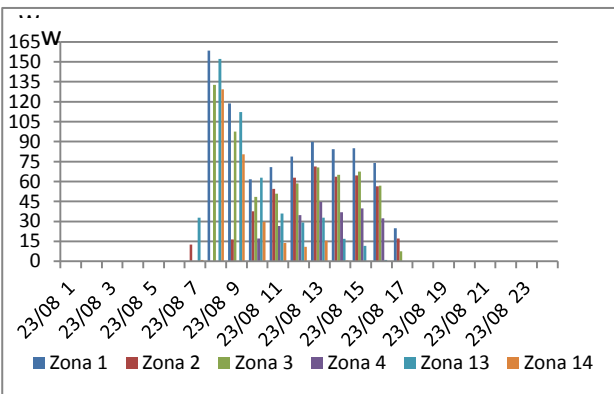


Figura 19: Ganhos de calor p/ janela (W). Edif. Ref. – inverno

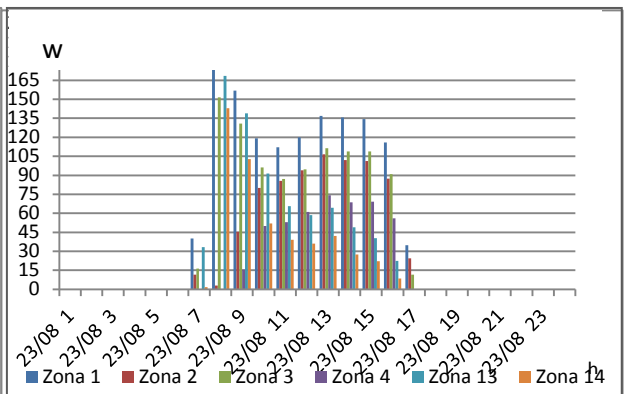


Figura 20: Ganhos de calor p/ janela (W). Edif. isolado – inverno

4.2.3 Análise da transmissão solar pela janela (W)

A presença do entorno contribui significativamente para a redução das taxas de transmissão solar no edifício de referência, pois no modelo isolado foram registradas no dia típico de verão diferenças médias 1,7 vez maiores do que no edifício de referência, e no dia típico de inverno, diferenças médias 1,5 vez maior. Além disso, as diferenças médias de transmissão solar apresentaram valores bastante semelhantes de acordo com a altura em que cada zona se encontra em relação ao solo, sendo as zonas 1 e 2 (térreo) as que apresentaram maiores diferenças entre o modelo sem entorno e o de referência.

O edifício isolado fez com que a zona 1 e a zona 4 recebessem maior e menor transmissão solar, respectivamente, para os dois dias típicos analisados.

Com base nos valores obtidos de transmissão solar, calcularam-se os aumentos médios entre as duas situações analisadas e pôde-se constatar que a desconsideração do entorno foi capaz de promover aumentos bastante significativos (da ordem de 190%) na transmissão solar (Tabela 4):

Tabela 4: Aumentos médios (%) da transmissão solar no edifício isolado.

ZONAS	Dia Típico de verão	Dia típico de inverno
Zona 1	107%	195%
Zona 2	142%	78%
Zona 3	73%	181%
Zona 4	75%	62%
Zona 13	18%	28%
Zona 14	16%	31%

Obs.: Em vermelho, maior percentagem de aumento; em cinza, menor percentagem de aumento.

5. CONCLUSÕES

A utilização de protetores solares resultou em reduções bastante significativas nas variáveis da transmissão solar e nos ganhos térmicos (máxima redução da transmissão solar na zona 4, no verão, da ordem de 63% e 99% para ganhos térmicos também na zona 4). Quanto à temperatura média interna resultante, verificou-se que os maiores valores médios foram registrados nas zonas térmicas localizadas mais distantes do solo e mais expostas a radiação solar através da cobertura (zonas 13 e 14). Notou-se ainda, nas simulações

realizadas, que a variação dos parâmetros construtivos analisados resultou em pouca variação da temperatura média interna.

Quanto a avaliação comparativa da temperatura interna entre a simulação do modelo de referência e o modelo isolado, observa-se que durante os dias típicos de projeto analisados, os ambientes nos quais a ausência do entorno interferiu de forma mais significativa foram as zonas térmicas localizadas no térreo 1 e 2 e nas zonas do 4º pavimento 13 e 14, estas duas últimas com valores mais acentuados no dia típico de inverno.

O edifício isolado representou ganhos de calor de até 2,4 vezes em relação ao modelo de referência. Esses ganhos de calor obtiveram seus maiores registros nas zonas 1, 3 e 13; porém, no comparativo entre as duas situações analisadas, a zona 2 obteve um maior aumento médio de ganhos de calor com o edifício isolado. A ausência de entorno também alterou significativamente a transmissão solar pelas janelas, apresentando maiores valores no modelo isolado nas zonas 1,3 e 13, sendo que as diferenças médias entre os dois modelos parametrizados mais acentuadas no verão nas zonas 1 e 2 (107% e 142%, respectivamente), e no inverno nas zonas 1 e 3 (195% e 181%, respectivamente).

A avaliação inicial do sombreamento do entorno permitiu o entendimento da influência dos parâmetros analisados no desempenho térmico do edifício estudado. Os protetores solares contribuíram para reduções da temperatura interna principalmente nas zonas localizadas no pavimento intermediário e no 4º pavimento, ou seja, como o entorno foi considerado nas duas situações (referência e com protetor), a influência do protetor solar não foi percebida tão claramente nas zonas localizadas no térreo, por já serem sombreadas pelo entorno. A ausência do entorno, por outro lado, não interferiu significativamente nas transmissões solares e conseqüentemente nos ganhos de calor das zonas do 4º pavimento. Entretanto, contribuiu para o aumento desses ganhos nos ambientes localizados no térreo.

Reforça-se a necessidade de se considerar a utilização de protetores solares nos empreendimentos habitacionais para a cidade de Maceió, como também de se levar em conta a disposição do arranjo construtivo, de maneira a potencializar a sua função de sombreamento e canalizador de ventilação natural, estratégias de grande importância para se obter conforto térmico e redução do consumo energético nas edificações localizadas na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- ENERGYPLUS. Input Output Reference. The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input ENERGYPLUS. Versão.4.0. Disponível em: www.energyplus.gov/building/energyplus/, acesso em: 15 de setembro de 2009.
- LEÃO JUNIOR, R. S. N. **Impacto econômico do uso de ar condicionado em edifícios residências na cidade de Maceió/AL**. Maceió, 2008. Dissertação (Mestrado de Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.
- LIMA, R. G. de ; BARBIRATO, G.M. **Desempenho termoenergético de edificações residenciais**: avaliação da influência da absorvância e sombreamento da envoltória para a cidade de Maceió - AL. In: : VII Encontro Latino-Americano e XI Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído. Búzios, RJ, **Anais...** Búzios, ENCAC-ELAC 2011. CD-ROM.
- ORDENES, M.; PEDRINI, A.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Metodologia Utilizada na Elaboração da Biblioteca de Materiais e Componentes Construtivos Brasileiros para Simulações no Visualdoe-3.1**. Relatório Interno – Departamento de Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2003.
- PEREIRA, C. D.; GHISI, E. **A influência do envelope no desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ocupadas e ventiladas naturalmente**. In: X ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN, **Anais...**, Natal, RN, ENCAC-ELAC 2011. CD-ROM.
- PEREIRA, C. D.; GHISI, E. **Calibração de um modelo computacional de uma residência unifamiliar localizada em Florianópolis**. In: X ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN, **Anais...**, Natal, RN, ENCAC-ELAC 2009. CD-ROM.
- RORIZ, M.; NAVARRO, F. E. **Arquitetura e clima na Bolívia**: três momentos da história. In: VIII ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió, AL; **Anais...**, Maceió, AL, ENCAC-ELAC 2005.
- SATTLER, M. A.; Habitações de baixo custo mais sustentáveis: a casa alvorada e o centro experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis. Porto Alegre: ANTAC, 2007. (Coleção Habitar,8).
- SKETCHUP, 2009. Disponível em: www.sketchup.google.com Acesso em: 10 de janeiro de 2009.
- ELETOBRAS / PROCEL. Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso - ano base 2005 - classe residencial, 2007.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING. Standard 55: Thermal environmental conditions for human occupancy. ASHRAE: Atlanta, 2004.
- LABEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. Programa Computacional Analysis SOL-AR, Versão: 6.2. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/software/analysisSOLAR.html>. Acesso em 30 de setembro de 2009.