



DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS: AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ABSORTÂNCIA E SOMBREAMENTO DA ENVOLTÓRIA PARA A CIDADE DE MACEIÓ-AL

Raffaella Germano de Lima (1), Gianna Melo Barbirato (2).

(1) Mestre em Arquitetura e Urbanismo, DEHA – Dinâmicas do Espaço Habitado, FAU/UFAL.
lelagermano@yahoo.com.br

(2) Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, gmb@hotmail.com

Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Grupo de Estudos da Atmosfera
Climática Urbana - GATU, Campus A.C. Simões, Maceió-AL, 57072-970., Tel.: (82) 3214-1268

RESUMO

Uma edificação construída de acordo com as características climáticas de onde está inserida é condição importante para a obtenção do conforto térmico e economia de energia. Todavia, observa-se que no âmbito da produção habitacional brasileira a predominância de modelos arquitetônicos padronizados em todo o país, sem distinção quanto às diversidades climáticas locais, produz muitas vezes ambientes com ausência de conforto térmico. Fatores como a disposição do arranjo construtivo, a dimensão e exposição solar das aberturas envidraçadas e as propriedades dos materiais construtivos que compõem a envoltória são pontos definidores para um melhor desempenho de um edifício. Sendo assim, o presente trabalho avaliou a influência do sombreamento e da absorptância da envoltória no desempenho energético 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 à comparação entre o modelo de referência e alguns parâmetros propostos (dispositivo de proteção solar, o entorno e a absorptância das paredes externas), através de simulações computacionais utilizando o programa *EnergyPlus 4.0*. A consideração da predominância da cor clara na textura das paredes externas foi um aspecto considerado positivo para a obtenção de resultados favoráveis, o que se recomenda que seja observado nos programas habitacionais para a cidade de Maceió.

Palavras - chave: Desempenho energético; Edifícios residenciais; Sombreamento; Absortância.

ABSTRACT

A building constructed according to the local climatic characteristics in where it is inserted is an important condition to reach thermal comfort and energy saving. However, into the Brazilian's housing production predominate standardized architecture models all over the country, which does not distinct the different local climates, producing, many times, uncomfortable environments. Factors as the building arrangement, the glazed opening's dimensions, solar exposure and the thermal properties of building envelope materials define a better thermal energetic performance of dwellings. Therefore, this work evaluated the influence of the envelope' shading and solar absorptance to the energetic performance of residential building situated at 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 analyses in order to compare the reference model to some proposed parameters (solar shading devices, the surroundings and the external walls' solar absorptance), using computer simulation by the *EnergyPlus 4.0* software. The predominance of light colors on the external walls was a positive aspect to get fortunate results, thus, it is recommended that this characteristic be adopted on low cost housing programs for Maceio.

Keywords: energy performace; housing buildings; shading; absorptance.



1. INTRODUÇÃO

Eficiência energética nas edificações pode ser entendida como a capacidade de se realizar diversidades de trabalhos no ambiente, utilizando a menor quantidade de energia possível. Relaciona-se à economia de despesas com energia, à melhoria da qualidade de distribuição energética no ambiente e ao menor impacto ambiental (GHISI, 2003).

Fatores como as características técnicas construtivas dos edifícios e a sua orientação, a eficiência dos equipamentos utilizados, o número de pessoas que utilizarão o ambiente e seus padrões de uso de energia bem como o uso ou não de climatização artificial, configuram-se como parâmetros de grande importância para a determinação do consumo energético nos edifícios.

A não observância de tais fatores pode representar grandes perdas ou ganhos térmicos, a exemplo, em regiões de clima quente-úmido, do uso excessivo de fachadas envidraçadas, desprovidas de dispositivos de proteção solar e sem nenhum critério de orientação, que podem gerar desconforto térmico. Em tais situações, recorre-se frequentemente à utilização de condicionamentos artificiais de resfriamento, levando ao alto consumo energético.

Correa (2001) já enfatizava que é um erro pensar que a arquitetura do futuro será representada por arranha-céus feitos de alumínio, ferro e muito vidro. O que se delineia para a vanguarda da arquitetura, já verificado ativamente em países como os EUA e os da Europa (e de forma espaçada, em países como o Brasil), é a retomada dos materiais naturais, é a procura por estratégias para poupar água e luz, o respeito à natureza e ao entorno onde se insere e, sobretudo, a promoção do conforto sem esquecer os valores estéticos.

Em regiões de clima quente e úmido, como é o caso da cidade de Maceió, potencializar a ventilação natural, associada à proteção solar possibilita o alcance do conforto térmico dos usuários por meios passivos. Além disso, o sombreamento da envoltória, e mais especificamente das aberturas, é estratégia fundamental para minimizar os ganhos térmicos por insolação e conseqüentemente para uma maior economia de energia para o resfriamento. Além disso, deve-se optar por elementos leves e refletivos para compor a envoltória, porém tendo sempre a preocupação em proteger os elementos de vedações (elementos opacos e translúcidos), a fim de impedir a transmissão de calor, proveniente da radiação solar, para o ambiente interno. Assim como as paredes opacas, as coberturas também devem ser de elementos leves e refletores para os climas quentes e úmidos.

O baixo desempenho térmico dos edifícios tem sido um dos fatores responsáveis pela crescente demanda de energia, devido principalmente ao uso de equipamentos de condicionadores de ar. Esse consumo varia de acordo com cada região do país. No nordeste esse equipamento é responsável por cerca de 27% do consumo final no setor residencial, perdendo apenas para o consumo energético das geladeiras, conforme dados contidos em ELETROBRÁS / PROCEL (2007).

Diante da importância dada nos últimos anos à necessidade de edificações cada vez mais eficientes do ponto de vista térmico e energético é crescente a discussão sobre o tema. Numerosos são os esforços de pesquisas e incentivos acadêmicos, transferência de tecnologias, incentivos fiscais, além de políticas administrativas e legislação sobre a questão.

Em meio à preocupação energética mundial, torna-se iminente que o arquiteto e demais profissionais da área adotem, sempre que possível, estratégias passivas, associando técnicas construtivas com o uso de novas tecnologias que promovam a sustentabilidade dos edifícios.

2. OBJETIVO

Avaliar a influência do sombreamento e da absorvância da envoltória no desempenho energético em edifícios residenciais multifamiliares localizados em Maceió – AL, a partir de um modelo que representa a tipologia típica de edifício vertical desenvolvido pelo programa de arrendamento residencial – PAR.

3. MÉTODO

Foram realizadas análises paramétricas visando à comparação do desempenho energético de um período de um ano, avaliando o consumo energético médio de cada mês e o consumo médio anual, em face de alguns parâmetros propostos, através de simulações computacionais utilizando o programa *EnergyPlus* (Energyplus, 2009).



Os parâmetros testados nas simulações foram: dispositivo de proteção solar, o entorno e absorvância das paredes externas; e preservando as demais características do modelo de referência.

Desta forma, a presente pesquisa foi desenvolvida obedecendo aos seguintes procedimentos metodológicos:

3.1 Pesquisa de campo e elaboração do modelo típico

Foi realizado o levantamento dos empreendimentos PAR construídos entre os anos de 2005 a 2008, de tipologia de edifícios verticais residenciais de interesse social da cidade de Maceió, complementando o levantamento já realizado por Torres (2006) até 2004. Com isso, foi elaborado um mapeamento da produção dos conjuntos habitacionais em Maceió e definido o arranjo construtivo típico a ser analisado.

Assim, a tipologia do arranjo construtivo típica estudada resultou 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 a tipologia típica desses empreendimentos, aberturas de 1,20x1,40; exceto área de serviço (1,20x1,20) e BWC (0,60x0,80), (figura 2).

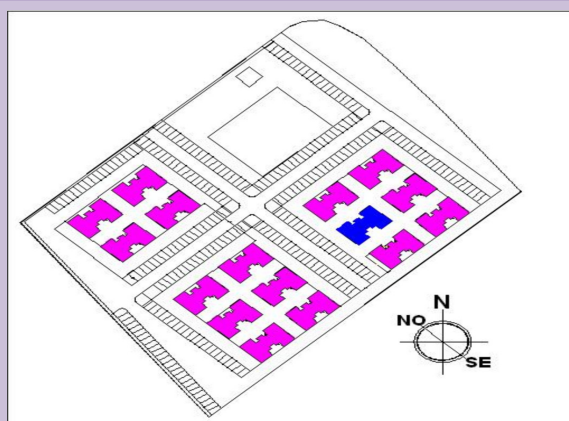


Figura 1: Modelo do arranjo construtivo a ser avaliado.

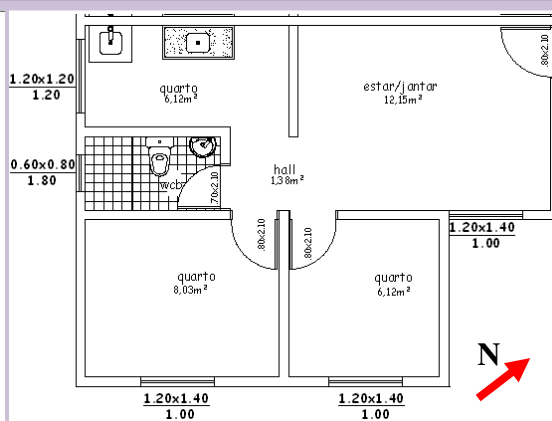


Figura 2: Planta baixa apartamento.

3.2 simulação computacional

Foram realizadas simulações computacionais com a finalidade de analisar o desempenho energético da tipologia estudada e das demais alternativas propostas (utilização de protetor solar, ausência de entorno e alteração de absorvância). 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, considerando o cálculo de trocas térmicas o módulo *Conduction Transfer Functions* e o o arquivo climático TRY da cidade de Maceió.



Figura 3: Divisão das quatro zonas térmicas, pavimento tipo, para simulação computacional.

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 4.

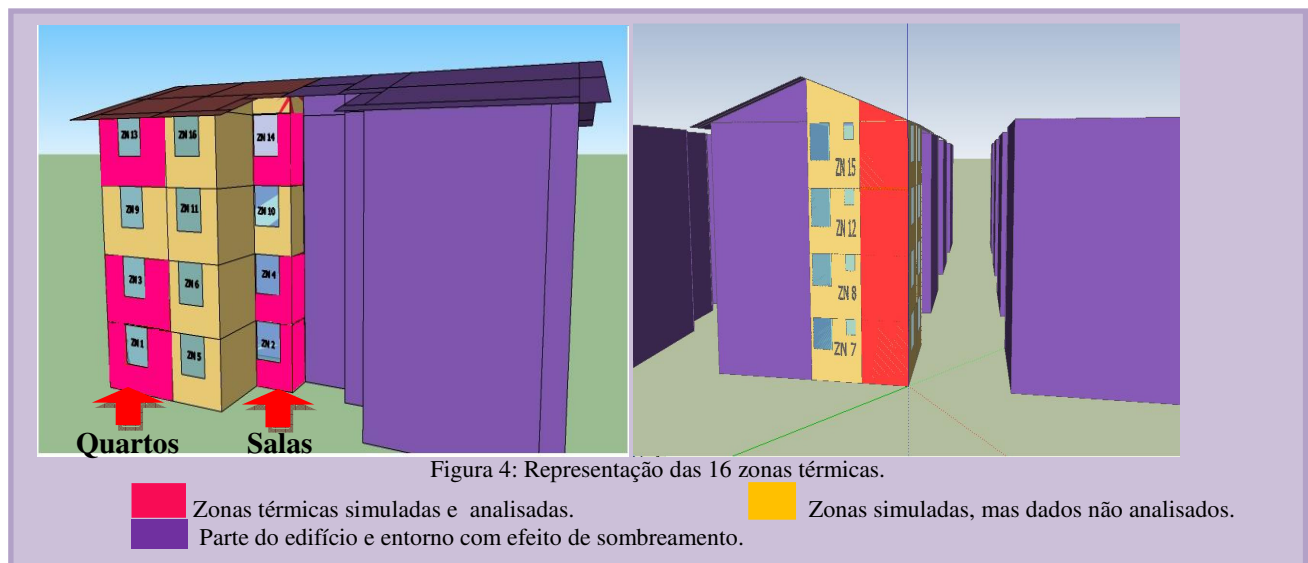


Figura 4: Representação das 16 zonas térmicas.

- Zonas térmicas simuladas e analisadas. ■ Zonas simuladas, mas dados não analisados.
■ Parte do edifício e entorno com efeito de sombreamento.

Das quatro terminações que formam o volume do edifício, **foram simulados todos os recintos das unidades habitacionais de uma destas terminações, para que se pudessem considerar todas as trocas térmicas entre os ambientes, ou seja, as interferências entre elas**, conforme determina a NBR 15575: 2008 (ABNT, 2008). Porém, para o presente trabalho, foram avaliados os dados de saída dos ambientes quarto de casal e sala (representado pela cor rosa na figura 4). As três terminações restantes do edifício, assim como todo o entorno imediato, foram modeladas de forma a considerar apenas o sombreamento que estes podem causar às zonas analisadas, desprezando-se as propriedades de suas superfícies de transferência de calor (representado pela cor roxa na figura 4). Escolheu-se 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).

Embora a NBR 15575 determine que sejam avaliados todos os dormitórios, além das salas, de modo a viabilizar o tempo da pesquisa, analisou-se apenas os dados gerados do quarto de casal, considerando o outro dormitório apenas para transferências térmicas.

3.3 Parâmetros de entrada

Para as simulações computacionais realizadas, foram considerados os seguintes parâmetros:

3.3.1 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.

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.



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-textura Suvinil na cor Amarelo Antigo.	1,15	1800	1000	0,63
Argamassa interna 1,5cm - 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 -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 (2005); Ordenes et al (2003).

3.3.2 Taxas de infiltração do ar

Foram consideradas taxa de infiltração estabelecida pela NBR 15575 (ABNT, 2008), de 1 ren/h; para o edifício de referência e para os parâmetros avaliados com a utilização de condicionamento de ar.

3.3.3 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 (1^a faixa: 0 – 200kwh/mês; 2^a faixa: 201 – 300kwh/mês; 3^a 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.



3.3.4 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).

3.3.5 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.

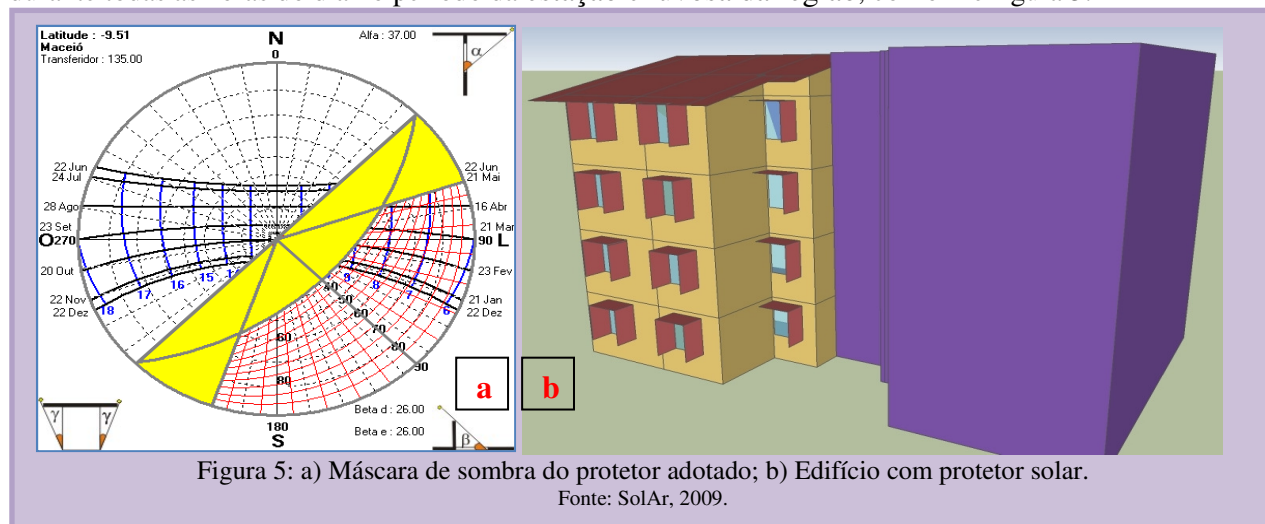
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
25,9°C	25,9°C	25,5°C	24,7°C	23,9°C	22,8°C	22,2°C	22,3°C	22,8°C	24,2°C	24,9°C	25,4°C

3.4 Condições variáveis

3.4.1 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 da estação chuvosa da região, conforme figura 5.



3.4.2 Arranjo construtivo

O modelo de referência possui recuo de 6,0m de largura em relação ao arranjo construtivo que constitui o seu entorno, o que pode ocasionar sombras entre estes. Desta forma, foi realizada simulação desconsiderando a presença desse entorno, de maneira a avaliar sua influência e no desempenho energético do modelo.

3.4.3 Absortâncias dos materiais



Para efeito de análise da influência do valor da absorvância no ganho térmico do interior das zonas analisadas, considerou-se a substituição da textura de cor branca (absorvância de 0,328, conforme DORNELLES, 2008) das fachadas do modelo de referência. Com isso, em uma outra situação foi considerada a textura na cor Amarelo Antigo, que apresenta absorvância de 0,633 (DORNELLES, 2008). Vale ressaltar que para se aproximar ao que é estabelecido nas especificações dos edifícios PAR, cujas fachadas são revestidas com texturas, foi utilizado valor de absorvância medido em superfícies de rugosidade média de 0,074mm, conforme tabela 3:

Tabela 3: Cores e tipos das tintas aplicadas sobre as amostras rugosas (Amarelo Antigo e branco) /Absorvâncias totais para amostras lisas e rugosas.

Tinta aplicada sobre as amostras	Absorvâncias totais (%), em função da rugosidade superficial.				
	Rugosidade (Ra, em mm) das amostras apoiadas sobre o sensor				
Nome comercial	Lisa (0,003)	0,074	0,108	0,195	0,338
01 – Amarelo Antigo	56,1	63,3	63,1	64,5	65,8
04 – Azul	66,8	77,1	79,2	78,0	79,8
12 - Marfim	43,0	52,1	51,7	53,7	55,3
32 – Verde Quadra	65,2	80,1	80,5	79,6	82,5
39 - Branco	18,7	32,8	34,2	38,4	45,5

Fonte: Adaptado de DORNELLES, 2008.

3.4.4 Ar condicionado:

Foi considerada para a simulação a utilização de um sistema de condicionamento de ar composto de um ar-condicionado de janela, dimensionado pelo *Energyplus* (Energyplus, 2009) de acordo com a área dos ambientes que representam os quartos (zonas 1, 3 e 13), cujo funcionamento foi programado para manter uma temperatura entre 18° e 24° C, no período de ocupação das 22h às 7h. Escolheu-se um equipamento com selo de eficiência A, etiquetado pelo INMETRO de acordo com o Programa Brasileiro de etiquetagem, tendo um COP (*Coefficient of performance*)¹ para resfriamento de 3,02 W/W.

Desta forma, o presente trabalho adotou os seguintes esquemas de simulação, em duas etapas, detalhados na figura 6.

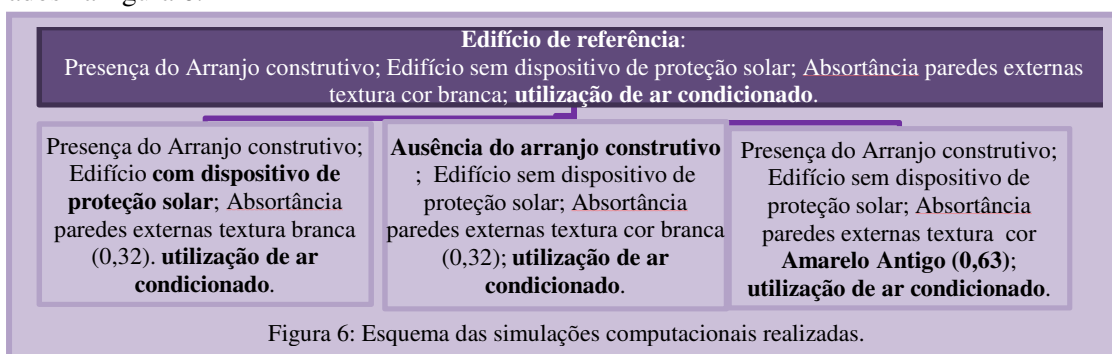


Figura 6: Esquema das simulações computacionais realizadas.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

O consumo energético no edifício de referência que, sem a utilização do aparelho de ar condicionado era de 26.221,6 kWh anualmente, passou para 47.453,72 kWh, ou seja, **houve um acréscimo de 44% no consumo energético anual para as zonas térmicas analisadas.**

4.1 Edifício de referência x Edifício com protetor solar

Comparando-se o consumo energético mensal do edifício de referência ao modelo com protetor solar, constatou-se que **a utilização de elemento de proteção solar representou reduções desse consumo.** As maiores diferenças de consumo foram registradas nos meses de janeiro (3,62%), dezembro (3,53%) e novembro (3,41%), como pode ser observado na tabela 4. Ou seja, os dispositivos de proteção solar

¹ COP é a eficiência energética do equipamento de ar condicionado.



propiciam maior redução de consumo energético nos meses de verão; já nas estações chuvosas o protetor solar tem pouca influência na redução desse consumo

Tabela 4: Consumo mensal kWh – edif. referência x edifício com protetor.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Edif. referência	4703,9	4214,0	4544,7	3942,0	3756,9	3300,4	3266,9	3344,9	3521,7	4100,0	4212,7	4545,1	47453,72
Edif. c/ protetor	4533,4	4104,4	4443,7	3926,2	3750,6	3292,3	3244,6	3300,6	3433,7	3970,5	4068,9	4384,9	46454,4
DIFERENÇA ABSOLUTA (kWh)													Economi a Kwh
	170,5	109,58	100,98	15,82	6,29	8,13	22,28	44,25	87,95	129,5	143,77	160,27	999,32
DIFERENÇA RELATIVA (%)													Economi a %
	3,62	2,60	2,20	0,40	0,17	0,25	0,68	1,32	2,50	3,16	3,41	3,53	2,11

Observou-se que o consumo energético teve seus maiores valores registrados nas zonas térmicas mais distantes do solo, pois houve a necessidade de uma maior retirada de carga térmica para o resfriamento dos ambientes. Além disso, na condição com protetor solar a necessidade de retirada foi menor, pelo fato de suas superfícies envidraçadas estarem mais protegidas contra os ganhos de calor solar.

4.2 Edifício de referência x Edifício sem entorno

Comparando-se o consumo energético mensal do edifício de referência com o edifício sem entorno, observaram-se aumentos que variam de 1,81% a 4,21%, ou seja, a ausência do entorno interferiu no consumo, e as maiores diferenças são observadas nos meses de novembro (4,21%), janeiro (4,17%) e dezembro (3,95%). Já os menores valores de consumo energético foram registrados nos meses de maio (1,81%), junho (1,87%) e julho (1,93%), conforme tabela 5.

Tabela 5: Consumo mensal kWh – edifício referência x edifício sem entorno.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
referência	4703,9	4214,0	4544,7	3942,0	3756,9	3300,4	3266,9	3344,9	3521,7	4100,0	4212,7	4545,1	47453,7
s/entorno	4908,79	4339,3	4650,8	4022,1	3826,3	3363,3	3331,3	3427,9	3629,2	4227,9	4397,7	4731,8	48856,7
DIFERENÇA ABSOLUTA													Acresc. KWH
	204,8	125,2	106,1	80,0	69,4	62,8	64,3	83	107,5	127,8	184,9	186,6	1403,0
DIFERENÇA RELATIVA (%)													Acresc. %
	4,17	2,89	2,28	1,99	1,81	1,87	1,93	2,42	2,96	3,02	4,21	3,95	2,87

Desta forma, verificou-se um aumento anual de 1403,07 kWh ao desconsiderar a influência do entorno sobre o edifício, o que representou um aumento médio mensal de R\$ 54,21, considerando-se uma taxa de R\$ 0,463662 por kWh.

As cargas térmicas máximas retiradas dos ambientes foram registradas nas zonas mais distantes do solo, e verificou-se que as diferenças relativas entre o modelo de referência e o modelo sem entorno variam de 0,84% no mês de outubro, na zona 13, a 33,11% no mês de agosto, na zona 1.

4.3 Edifício de referência x Edifício com absorvância externa 0,63.



Ao alterar a absorvância das paredes externas para 0,63, referente à cor “amarelo antigo”, verificou-se, na comparação com o edifício de referência, um aumento do consumo energético mensal. As maiores diferenças entre as duas condições analisadas foram registradas nos meses de janeiro (3,50%), dezembro (3,41%) e novembro (3,4%).; como observado na tabela 6.

Tabela 6: Consumo mensal kWh – edif. referência x edifício absorvância externa 0,63.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
referência	4703,9	4214,0	4544,7	3942,0	3756,9	3300,4	3266,9	3344,9	3521,7	4100,0	4212,7	4545,1	47453,7
absorvância 0,63	4874,4	4349,6	4673,7	4025,3	3824,6	3352,6	3316,1	3412,1	3616,9	4227,0	4360,8	4708,3	48741,9
DIFERENÇA ABSOLUTA													Acrésc. KWH
	170,4	135,5	129,0	83,3	67,6	52,2	49,2	67,2	95,2	126,9	148,1	163,1	1288,2
DIFERENÇA RELATIVA													Acrésc. %
	3,50%	3,12%	2,76%	2,07%	1,77%	1,56%	1,49%	1,97%	2,63%	3,00%	3,40%	3,47%	2,64%

Sendo assim, o aumento anual de 1.288,24 kWh ao se utilizar as paredes externas de absorvância 0,63 representou um aumento médio mensal de R\$ 49,78, considerando-se uma taxa de R\$ 0,463662 por kWh.

Notou-se ainda que as cargas térmicas retiradas para o resfriamento foram maiores no modelo de absorvância de 0,63, e assim como no modelo sem entorno, a maior diferença de carga térmica foi identificada na zona 1, no mês de agosto (30,58%). Observou-se ainda que as menores diferenças de carga térmica retiradas foram registradas na zona 13. Um fator importante a ser destacado é que esta zona está exposta à radiação solar direta principalmente pela cobertura, ou seja, os maiores ganhos de radiação solar ocorrem através desse elemento construtivo.

Diante dos resultados expostos, e comparando-se as situações analisadas, verificou-se que a **utilização de protetor solar contribuiu para uma redução de 2,1% no consumo anual o que em números absolutos representou uma economia de 999,32 kWh no consumo anual**. Além disso, nas duas outras situações analisadas e que influenciaram no aumento deste consumo, a **ausência do entorno contribuiu para um maior aumento do consumo de energia elétrica (aumento de 2,8% no consumo anual)**, o que em números absolutos implicou um acréscimo de 1.403,07 kWh anualmente. Já a utilização de paredes externas com absorvância de 0,63 significou um aumento de 1.288,2 kWh (aumento de 2,7%) (Figura 6).

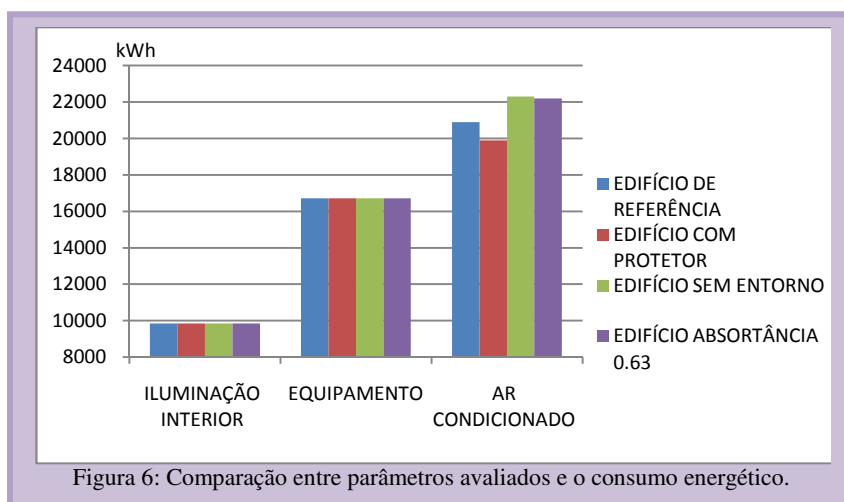


Figura 6: Comparação entre parâmetros avaliados e o consumo energético.

Como já mencionado, o uso do protetor solar promoveu uma economia anual de energia de 999,32 kWh no edifício analisado. Ao dividir esse valor pelo número de apartamentos analisados (4 apartamentos), observou-se que cada um obteve uma redução anual de 249,83 kWh no consumo energético. Desta forma, considerando-se uma taxa de R\$ 0,463662 por kWh, a utilização do protetor solar resultou em uma economia anual de R\$ 115,85 por apartamento.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível verificar que a metodologia utilizada demonstrou-se satisfatória para a obtenção dos objetivos propostos. Os resultados indicaram que a utilização de ar



condicionado provocou um forte impacto no consumo de energia do edifício, representando cerca de 44% do consumo final. Mas através da análise comparativa entre o edifício de referência e com o uso do dispositivo de proteção solar, constatou-se que houve uma redução bastante significativa no consumo mensal por apartamento de cerca de R\$ 38,61. Além disto, verificou-se que o entorno também contribuiu para a redução desse consumo, uma vez que a sua desconsideração representou um aumento médio mensal de R\$ 54,21. A alteração da absorvância das paredes externas também foi um parâmetro que contribuiu para o aumento do consumo médio mensal, em torno de R\$ 49,78.

Diante das conclusões apresentadas observa-se a importância em se estabelecer critérios construtivos de acordo com a realidade climática onde a edificação será inserida, pois a desconsideração de certos aspectos pode vir a significar um baixo desempenho térmico e alto consumo energético no edifício.

Para o caso analisado, verifica-se que a utilização de protetor solar e o aproveitamento da morfologia do arranjo construtivo contribuíram para um melhor desempenho do modelo que representa um edifício elaborado pelo programa PAR. E ainda que a consideração da predominância da cor branca na textura das paredes externas é um aspecto positivo e que se deve ser mantido nos programas habitacionais para a cidade de Maceió, pois também significou redução no consumo energético.

Os resultados das simulações computacionais quanto ao desempenho dos protetores solares aqui apresentados comprovaram a importância de sua utilização nos projetos de edifícios para a cidade de Maceió, embora não tenha sido registrada grande sensibilidade quanto à magnitude dessas respostas na simulação com o *Energyplus*.

Neste contexto, 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 cidade de Maceió-AL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING. *Standard 55: Thermal environmental conditions for human occupancy*. ASHRAE: Atlanta, 2004.
- 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.
- ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS: *NBR 15575. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro, 2008.
- CORREA, C. B. *Arquitetura bioclimática: Adequação do projeto da arquitetura ao meio ambiente natural*. Portal vitruvius Disponível em: < http://www.vitruvius.com.br/drops/drops04_07.asp >. Acesso em: 11/06/09.
- DORNELLES, K. A. *Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA*. Campinas, 2008. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- ELETROBRAS / PROCEL. *Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso - ano base 2005 - classe residencial, relatório Brasil, 2007*.
- ENERGYPLUS. Versão.4.0. Disponível em: www.energyplus.gov/building/energyplus/, acesso em: 15 de setembro de 2009.
- GHISI, E.; LAMBERTS, R.; RORIZ, M.; PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. C. R. de. Normalização em conforto ambiental: desempenho térmico, lumínico e acústico de edificações. In: ROMAN, H.; BONIN, L. C. *Normalização e certificação na construção habitacional*. vol. 3, Porto Alegre : ANTAC, 2003. (Coletânea Habitar, v.3).
- 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: ENCAC - X ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN; In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN, 2009a.
- PEREIRA, C. D.; GHISI, E. *Calibração de um modelo computacional de uma residência unifamiliar localizada em Florianópolis*. In: ENCAC - X ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN; In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Natal, RN, 2009b.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa – FAPAL pela bolsa de mestrado concedida.