

CONFORTO TÉRMICO E LUMÍNICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL EM BLOCOS DE SOLO-CIMENTO: PROJETO MORADIA EM BARRA DO BUGRES/MT

João Carlos M. Sanches (1); Luciane Durante (2); Bruna Schmidt (3); Marcus Cleber J. de Souza (3); Samira Elias (3)

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Instituto de Ciências Humanas e Sociais – Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil – e-mail: sanchesjcm@hotmail.com

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia – Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil – e-mail: lucianedurante@uol.com.br

(3) Acadêmico de Arquitetura e Urbanismo – Instituto de Ciências Humanas e Sociais – Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

RESUMO

O objetivo geral deste estudo é avaliar preliminarmente o desempenho térmico e lumínico de protótipos de habitação de interesse social, desenvolvidas pelo Projeto Moradia, em Barra do Bugres/MT. Como objetivos específicos, têm-se avaliar os modelos e materiais construtivos empregados, bem como a forma de utilização das casas por parte dos moradores, no que se refere aos aspectos envolvidos ao tema. As variáveis foram obtidas a partir de medições nas quatro unidades habitacionais, tomadas nos períodos matutino, vespertino e noturno, em dois dias consecutivos do mês de agosto de 2007. Os resultados mostram que as edificações, independentemente do tipo de material construtivo da cobertura, apresentam comportamento térmico semelhante, com fraca inércia, justificada pelas características térmicas dos vedos e pelo fato dos moradores manterem sempre abertas as esquadrias em todos os períodos do dia. Aponta-se, aqui a possibilidade de estudo de tijolos de solo-cimento para as paredes, com maior espessura e, a influência da adoção de esquadrias metálicas, cuja proposta no projeto original dos protótipos era de madeira. Já para a iluminação natural, notou-se durante as visitas ao local que as casas apresentam um lay-out mal resolvido, gerando obstáculos nas aberturas, o que prejudica a iluminação natural de alguns ambientes. Esses dados, a nível preliminar, fornecem subsídios para elaboração de projetos futuros e para a avaliação final do desempenho dos protótipos.

Palavras-chave: habitação de interesse social, conforto térmico, iluminação natural.

ABSTRACT

The general objective of this study is to evaluate the conditions for thermal and luminous comfort of prototypes of social interest housing, developed by the Housing Project (a partnership of the Federal University of Mato Grosso, University of the State of Mato Grosso and Federal Center of Technologic Education of Mato Grosso), in the city Barra do Bugres, State of Mato Grosso, Brazil. The specific objectives are to evaluate the constructive techniques and materials used, and how the residents deal with the environment created. There are four prototypes, made in blocks of soil-cement, mortar, without settlement and without plaster, in two different architectural types, using two different types of coverage for each type (ceramic tile and fibro-cement). The variables were obtained from measurements in the four housing units, taken in the morning, afternoon and night periods, in two consecutive days of the month of August 2007 (dry season in the region). The results show that the buildings, regardless of the type of cover constructive material, have similar thermal behavior, with low thermal inertia, justified by the thermal characteristics of the walls and because the residents always keep open the windows and doors in all periods of the day. This is reflected in precarious conditions of thermal comfort in these prototypes, mainly in the afternoon period. It indicates the need of study the possibility of using blocks of soil-cement with a bigger thickness for the walls. For the natural light, it was noted during the visits to the place that the houses have lay-outs poorly resolved by the residents, creating obstacles in the openings, which affect the natural light of some rooms.

Key-words: social interest housing, blocks of soil-cement, thermal and luminous comfort.

1 INTRODUÇÃO

Uma das características mais importantes dos seres humanos, talvez seja a de se adaptar a quase qualquer tipo de clima existente na superfície terrestre, sendo a adaptação de abrigos e habitações, um dos recursos utilizados pela humanidade para possibilitar tal característica. *“Sin embargo, los antiguos reconocían que la adaptación era un principio esencial de la arquitectura”* (OLGYAY, 1998). Assim, foi possível povoar as mais inóspitas regiões do planeta, desde os gelidos pólos, até os escaldantes desertos.

Busca-se então, desde tempos imemoráveis, atingir condições de conforto térmico no interior dos ambientes edificados, adaptando-os ao clima local e aplicando conhecimentos muitas vezes passados de geração para geração. *“El estilo de los edificios debe ser manifestamente diferente en Egipto que en España, en Pontus y en Roma, y en países y regiones de características diferentes. Una parte de la tierra se encuentra abrumada por el sol en su recorrido; otra, se encuentra muy alejada de él; y por última, existe una afectada por su radiación pero a una distancia moderada”* (VITRUBIO, 1934 apud OLGAY, 1998). Desse modo, as mais diferentes culturas, dos mais diferentes povos, desenvolveram e utilizaram as mais diferentes técnicas e materiais, adequando-os ao clima onde estavam ou estão inseridos. *“El desarrollo de un equilibrio térmico estable en nuestro edificio debe observarse como uno de los más valiosos avances en la evolución de la edificación”* (OLGYAY, 1998). Então, pode-se observar distintas formas de se edificar, onde o clima local foi, é, e deverá sempre ser levado em consideração.

Particularmente na região de Barra do Bugres/MT, tais pressupostos são bastante pertinentes. Pode-se observar, já nas ocas dos indígenas locais, e depois em habitações erguidas pelos que para cá vieram e povoaram a região, elementos que demonstram preocupações com a influência das variantes climáticas sobre os ambientes edificados e, conseqüentemente, sobre os que ali habitam.

Em se tratando de moradias, o conforto térmico se faz imprescindível, uma vez que condições insatisfatórias refletem na qualidade de vida da população e, ao abordar, especificamente, o conforto térmico e lumínico em ambientes residenciais de habitações populares, torna-se imprescindível que a própria edificação contribua para a minimização das temperaturas, pois devido à tipologia dos edifícios e características sócio-culturais dos moradores, a adoção de sistemas de condicionamento artificial são inexequíveis. Isto mostra a importância de estudos como o proposto, que relaciona variáveis arquitetônicas, de conforto térmico e lumínico, tendo em vista seus reflexos no elemento mais importante de todo o sistema de produção de habitações populares: os seus moradores.

Este trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho térmico e lumínico de habitações populares constituídas de protótipos desenvolvidas pelo Projeto Moradia, em Barra do Bugres/MT. Como objetivos específicos tem-se: realizar medições de variáveis climáticas e de níveis de iluminamento no interior e exterior das edificações, analisar a adequação arquitetônica dos protótipos ao clima da cidade e fornecer subsídios para elaboração de projetos futuros do Projeto Moradia e demais projetistas da área.

2 DEFINIÇÕES

São descritos a seguir, os processos de troca de calor e algumas propriedades térmicas dos materiais.

2.1 Transmissão de Calor e Fator de Calor Solar

Quando existe uma diferença de temperatura entre duas regiões do espaço, esta diferença tende a desaparecer espontaneamente, pela passagem de calor de uma região para outra. Ao conjunto de fenômenos que caracterizam essa passagem de calor, dá-se o nome de transmissão de calor ou trocas de calor.

As trocas de calor podem ser secas, quando envolvem somente variação de temperatura - condução, convecção e radiação e, úmidas, quando envolvem a água e suas mudanças de estado - evaporação e condensação.

Condução é a passagem de calor de uma zona para outra de um mesmo corpo, ou de corpos distintos quando em contato, devido ao movimento molecular dos mesmos que vão da zona de menor temperatura para a de maior temperatura. Este processo depende inteiramente das trocas de energia entre as moléculas. Ao receber calor, as moléculas de um corpo vibram em decorrência do aumento de energia cinética.

A transmissão de calor por condução obedece a Lei de Fourier e um exemplo comum seria o caso de uma parede plana e de faces paralelas. A magnitude do fluxo de calor por condução transmitido da face com maior temperatura para a de menor temperatura depende da área da parede através da qual o calor flui, tomada sempre na direção perpendicular ao fluxo, da espessura da parede (é o comprimento da propagação de calor, quanto mais espessa a parede, menor é a energia térmica transmitida); da condutividade térmica (quanto maior o coeficiente de condutibilidade, maior é energia transmitida) e do gradiente de temperatura entre as faces (quanto maior a diferença de temperatura entre as faces, maior a energia térmica transmitida).

Define-se condutividade térmica como o fluxo de calor através de uma unidade de área com uma diferença unitária de temperatura entre dois pontos afastados de uma distância unitária. Quanto menor o valor da condutividade térmica, menor será o calor que o material conduz, e daí se diz que o mesmo é um bom isolante térmico.

A condutividade térmica depende da densidade (ou massa específica) e da umidade do material.

Sabe-se que a matéria é sempre mais condutora de calor que o ar contido em seus poros, portanto, quanto maior o número de vazios, ou seja, quanto mais leve é o material, menor é a quantidade de calor que passa através dele. Verifica-se, porém, que materiais com mesma densidade, não apresentam necessariamente o mesmo valor de condutividade térmica, dependendo também das outras propriedades termo-físicas do material e da direção do fluxo de calor.

Com relação à umidade, tem-se que a água é mais condutora de calor que o ar, portanto, quando o material é umedecido, os vazios antes ocupados pelo ar, são ocupados pela água; e a quantidade de calor que o mesmo deixa passar é maior. A influência da umidade no valor de condutividade térmica depende da massa específica do material, com os materiais mais leves apresentando maiores variações com o teor de umidade.

As trocas térmicas de convecção ocorrem quando um dos corpos envolvido no processo é um fluído (líquido ou gás). Se as partículas do fluído entram em contato com uma superfície horizontal aquecida, elas se dilatam, tornando-se menos densas, afastando-se da superfície quente e dando lugar a outras partículas. Cria-se um fluxo de partículas, constituindo a convecção natural.

Considerando o caso de superfícies verticais (uma parede e o ar circundante), o ar em contato com a parede pode perder ou ganhar calor, dependendo da diferença de temperatura entre ambos, e se mover para cima ao ser aquecido ou para baixo, ao perder calor. Há um deslocamento sucessivo das novas camadas de ar, podendo ser estabelecido um fluxo contínuo de ar e um fluxo térmico entre o ar e a superfície. Quando este fenômeno é intensificado pelo vento, passa a ser chamado de convecção forçada.

As trocas por radiação ocorrem entre dois corpos sem que haja necessidade de contato entre eles. Os corpos emitem radiação térmica em consequência de sua temperatura. Esta energia transmite-se através de ondas eletromagnéticas, semelhantes à onda luminosa, diferindo-se dela apenas no comprimento de onda. Este fenômeno ocorre também no vácuo e através de substâncias transparentes à radiação térmica. Quando esta radiação incide sobre corpos opacos, isto é, corpos não transparentes à radiação térmica, parcelas da energia térmica podem ser absorvidas, transmitidas e refletidas, dependendo da temperatura e das propriedades físicas dos corpos envolvidos.

As trocas por radiação relacionam-se com a emissividade e absorvidade.

A emissividade representa o poder emissivo de um corpo comparado ao de um corpo negro. De uma maneira geral, a absorvidade é igual à emissividade, indicando que quanto mais absorvente é um corpo, maior também é sua emissividade.

Quanto maior é o valor da emissividade, mais energia térmica de onda longa ele absorve e conseqüentemente menor é a energia que ele transmite. Quanto mais polida uma superfície, maior será a porcentagem de energia refletida, menor a absorvida e, portanto, menor a emissividade. É importante destacar que esta propriedade pertence à camada superficial do material.

A absorvidade tem relação com a radiação de ondas curtas, ou seja, radiação solar direta e, quanto mais clara a cor, menor será absorção térmica para ondas curtas.

Chega-se, então à definição de Fator de calor solar, que é o quociente da energia solar absorvida por um componente da construção pela energia total incidente sobre a superfície do mesmo. Este parâmetro depende

da absorvibilidade do material, ou seja, de sua cor: quanto mais clara a cor de sua superfície exposta à radiação solar, menor será a quantidade de energia que o material absorverá.

2.2 Resistência térmica e coeficiente global de trocas térmicas

As trocas de calor não acontecem de forma isolada, mas sim, simultaneamente, sendo necessário definir, então, um coeficiente que englobe as três trocas térmicas.

Este coeficiente é chamado de coeficiente global de transferência de calor ou transmitância térmica, definido como o fluxo de calor que atravessa, na unidade de tempo, a unidade de área do material, quando se estabelece uma diferença unitária de temperatura entre o ar confinante e as paredes opostas ou como a capacidade do material ser atravessado pelo calor mediante uma diferença unitária de temperatura entre suas faces.

2.3 Atraso térmico

Uma característica muito importante dos materiais é a inércia térmica. Em princípio, os fechamentos absorvem calor tanto do exterior quanto do interior, dependendo de onde o ar tem a maior temperatura. Ao conduzir calor de um extremo para outro, o material retém uma parte desse calor no seu interior, em consequência de sua massa térmica. Quanto maior a massa térmica, maior o calor retido, e este pode ser devolvido para o local de origem (exterior ou interior), quando o ar nesses locais tiver temperatura menor que a da superfície.

Supondo uma localidade onde as temperaturas oscilam entre valores altos durante o dia e baixos durante a noite, pode-se utilizar a massa térmica dos fechamentos para acumular calor durante o dia (do ar e do sol) retê-lo, e mais tarde (à noite) devolvê-lo para o interior. Haverá uma diminuição da amplitude da temperatura interna, que oscilará de forma amortecida. O pico da temperatura interna acontecerá algumas horas depois do pico da temperatura externa, que constitui o tempo de retardo (ou atraso) térmico. Com isso o micro-clima interno é bem mais ameno que o clima exterior.

A inércia é a capacidade de retardar ou reduzir a amplitude da onda de calor exterior ao transmiti-la para o interior. Mede-se através do fator de amortecimento e do atraso térmico.

2.4 Capacidade térmica e calor específico

Capacidade térmica ou capacidade calorífica de um corpo é a quantidade de calor necessária por unidade de variação de temperatura do corpo. É uma característica do corpo e não da substância. Diferentes corpos, volumes ou dimensões de um mesmo material têm diferentes capacidades térmicas, apesar de conterem a mesma substância. Volume menor aquece-se mais rapidamente que um outro volume maior, quando exposto a mesma fonte de calor. É da capacidade térmica que obtemos as suas unidades de medida de temperatura ($^{\circ}\text{C}$ ou $^{\circ}\text{K}$), porém quando considerarmos a capacidade térmica da unidade de massa temos o calor específico da substância considerada.

Assim sendo, calor específico é definido como sendo a quantidade de calor que cada grama de uma substância necessita trocar para variar a sua temperatura de 1°C . Quanto menor o calor específico ($\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$) de uma substância mais rapidamente poderá ela variar a sua temperatura ($^{\circ}\text{C}$). O calor específico é uma característica da substância e não do corpo. Cada substância tem o seu calor específico, portanto diferentes volumes de mesmo material apresentam o mesmo calor específico, pois são de mesma substância.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Conforme PPBG (2006), este se localiza na região sudoeste mato-grossense, com coordenadas: $15^{\circ}03'40''$ latitude sul e $56^{\circ}11'10''$ longitude oeste, estando distante 150 km da capital Cuiabá e contando com uma extensão territorial de 7.229 Km^2 . A cidade possui altitude relativamente baixa, de apenas 129m, fazendo parte da micro-região homogênea de Tangará da Serra. Segundo IBGE (2000), a população se encontra em torno de 31.095 habitantes. A forma geométrica da cidade é alongada, possuindo quatro distritos, a saber: Assari, Curupira, Lambari D'Oeste e Nova Fernandópolis.

De acordo com Miranda&Amorim (2001) apud PPBG (2006-a), a faixa central do Estado de Mato Grosso está inserida em uma região de clima tropical semi-úmido, ocorrendo desta forma na região 2 a 3 meses de chuvas intensas durante o ano e 4 a 5 meses de seca. O PPBG (2006) apud Instituto Nacional de Metrologia – Seção Mato Grosso (INMET-MT) e Agência Nacional das Águas (ANA) afirma que a região apresenta mais evaporação do que precipitação pluviométrica. Nessa mesma verificação, entende-se que as temperaturas médias oscilam entre 22°C e 36°C, sendo a umidade relativa do ar, também, bastante variada, atingindo valores entre 90 a 98% no período das chuvas e, 5 e 25% no período da seca. A precipitação pluviométrica anual é de 1.800mm e apresenta um ciclo de chuvas mais intenso a cada 10 ou 15 anos.

Vale ainda ressaltar que o município de Barra do Bugres pertence a Zona Bioclimática 07 (Lamberts *et al*, 2000) caracterizado por altas temperaturas, exigindo fechamentos e cobertura pesados, aberturas pequenas, elementos de proteção solar e ventilação cruzada, sendo esta seletiva para os períodos quentes. Deve ser previsto, também, resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento, sendo estes artifícios ainda insuficientes para proporcionar conforto aos usuários das edificações sem a necessidade do resfriamento artificial, em determinados períodos do ano.

A área em estudo está inserida no bairro Maracanã, sendo este enquadrado na Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) de acordo com o Plano Diretor Municipal de Barra do Bugres (PPBG, 2006-a). Este apresenta carências de infra-estrutura e serviços comunitários básicos para a população, refletindo na qualidade de vida desses moradores, podendo-se observar ainda a presença de um alto índice de crianças no local. O número de integrantes das famílias não é proporcional ao tamanho das residências, sendo as instalações sanitárias em geral precárias resultando na falta de expectativa das famílias e principalmente das crianças.

As habitações desenvolvidas pelo Projeto Moradia, construídas no Município de Barra do Bugres e que são o objeto de estudo desse artigo, resultam da junção entre ensino, pesquisa e extensão, viabilizado com o apoio da Fundação de Apoio a Educação e ao Desenvolvimento Tecnológico de Mato Grosso (Fundetec), Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso (CEFET-MT), Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) e Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). O objetivo geral deste grupo é desenvolver projetos, materiais e componentes construtivos para habitações sociais, flexibilizando os processos construtivos para redução do custo de construção, além de propiciar espaços de moradia com maior conforto, durabilidade e adaptabilidade ao longo da sua vida útil, visando melhor atender demandas sociais e tecnológicas.

O principal material construtivo utilizado na construção dessas moradias é o tijolo de solo e cimento. Os tijolos foram preparados in loco, prensados com umidade de cerca de 3% inferior ao valor considerado como umidade ótima da mistura. Segundo Serpa *et al* (2005), o solo cimento é uma evolução de materiais de construção empregados no passado, tendo se tornado um material alternativo de baixo custo produzido com uma mistura de solo, cimento e um pouco de água, sendo a sua grande vantagem, a possibilidade de ser produzido com o material do local.

Conforme Durante *et al* (2006), as paredes foram executadas em blocos de solo-cimento por encaixe direto destes, sendo utilizado uma mistura de solo-cimento na mesma proporção usada para produzir os tijolos para pequenos ajustes (1:10 em volume). O telhado apresenta desnível, com fechamentos em sarrafos de madeira em veneziana (“shed”), o que permite a saída de ar quente do interior da edificação por convecção, apresentando fechamento em telha de barro ou fibrocimento, dependendo do protótipo.

O projeto não considerava o revestimento externo das paredes, porém alguns moradores optaram por fazer o revestimento com reboco, como é o caso da casa 2 em poucas superfícies (Figura 01). Na entrega das casas as esquadrias metálicas estavam pintadas com tinta esmalte cor grafite, que se mantém na maioria das casas, com exceção da casa 4 que recebeu pintura de tinta a óleo na cor verde.



(a)

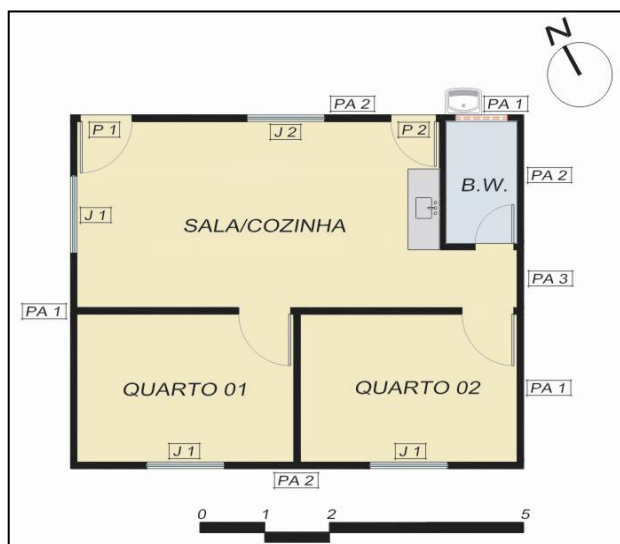


(b)

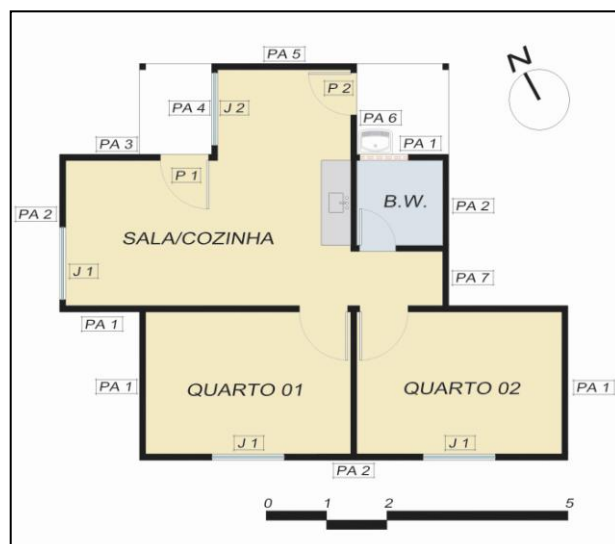
Figura 01 – (a) Casa1 (Protótipo 3 – Projeto Moradia) e (b) Casa2 (Protótipo 1 – Projeto Moradia).

4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o levantamento dos dados concentra-se basicamente em visitas ao local com a medição da temperatura superficial de paredes, esquadrias (interna e externa) bem como a temperatura do ar e umidade relativa do ar, também interna e externa, além de constatar a quantidade de iluminação natural presente em todos os ambientes internos e o nível de iluminância externa. Esses dados foram obtidos através de equipamentos específicos como o Termohigrômetro Digital da marca Instrutherm, Radiômetro Digital da mesma marca, e ainda o Luximêtro Digital da marca Minipa. As medições foram feitas em dois dias consecutivos, na terceira semana do mês de agosto de 2007, às 8:00h, 14:00h e 20:00h. As medições foram realizadas em quatro habitações, sendo que as casas 1 e 3 referem-se ao protótipo 3 do Projeto Moradia, com cobertura de telha de barro e fibrocimento e, a casa 2 e a casa 4, referem-se ao protótipo 1, com cobertura de fibrocimento e telha de barro, respectivamente (Figura 02).



(a)



(b)

Figura 02 – (a) Protótipo 3 do Projeto Moradia (Casas 1 e 3) e (b) Protótipo 1 do Projeto Moradia (Casas 2 e 4).

Estabeleceu-se ainda uma ordem para a coleta de dados, em que primeiramente obteve-se a temperatura externa, a umidade relativa do ar e a iluminância externa, com exceção da noite, em que se coletou apenas temperatura e umidade relativa. Em seguida, foram tiradas as temperaturas das paredes e das esquadrias externas e, posteriormente, nas internas foram obtidos simultaneamente os dados da temperatura, umidade relativa e iluminâncias internas. É importante ressaltar que os dados das temperaturas, assim como a umidade relativa e a iluminância foram coletados sequencialmente em cada uma das casas estudadas.

A partir do encerramento dessa fase de coleta de dados geraram-se gráficos e tabelas comparativas com auxílio do Software Excel, para análise de resultados. As imagens utilizadas foram criadas no Programa Auto Cad e editadas no Corel Draw.

Para a obtenção das condições de conforto térmico no interior das edificações, utilizou-se o método da ISO 7730/94, com o auxílio do software Analysis CST, desenvolvido pelo Labeee da UFSC. Assim, chega-se ao PMV e ao PPD nos três horários observados. O índice PMV (predicted mean vote) indica a sensação térmica das pessoas, a partir do nível de esforço do organismo para manter o balanço energético do corpo humano, e é representada pela seguinte escala:

Muito frio	Frio	Levemente frio	Confortável	Levemente quente	Quente	Muito quente
-3	-2	-1	0	1	2	3

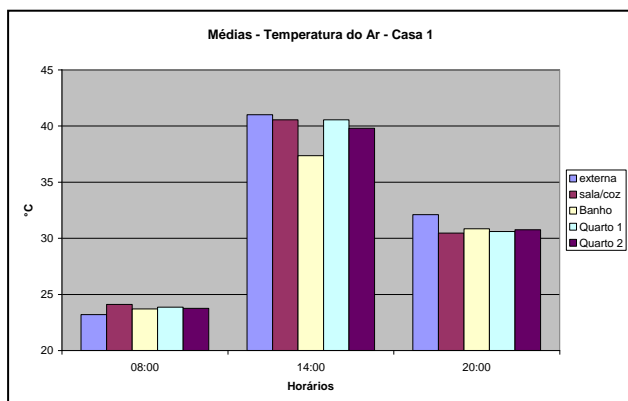
Já o PPD (predicted percent dissatisfied) indica a percentagem de pessoas que gostariam que o ambiente estivesse mais quente ou mais frio.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

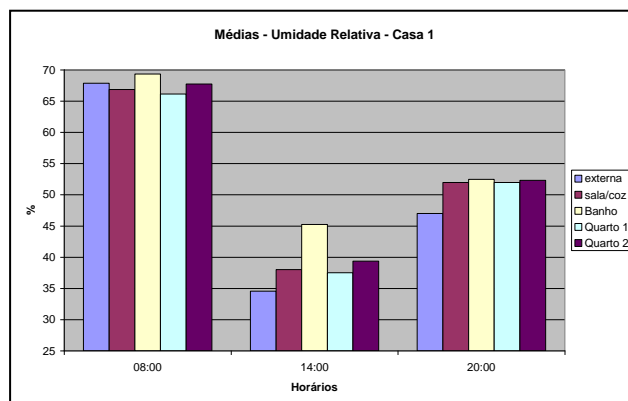
Ao se observar a variação das médias das temperaturas do ar coletadas na Casa1 (Figura 03), pode-se constatar um ligeiro acréscimo dessa variável no ambiente sala/cozinha pela manhã (8:00 horas) em relação à temperatura externa e aos demais ambientes, porém, de pequena ordem. Em função da forma como os moradores utilizam as casas, abrindo a maioria das portas e janelas assim que acordam, as temperaturas internas tendem a se igualar e acompanhar a temperatura externa (as temperaturas internas se apresentam ligeiramente superiores à externa), deixando de se aplicar o amortecimento do fluxo de calor a partir da inércia térmica dos materiais da envoltória. O pequeno acréscimo na sala/cozinha deve-se à incidência do sol neste ambiente no horário e à concentração de habitantes e de equipamentos eletrodomésticos neste recinto durante as medições. Neste horário, a umidade relativa do ar se apresentou valores mais elevados em relação aos demais horários, já que o efeito da radiação solar ainda é pequeno, confirmando a tendência do comportamento inverso à temperatura, com menores valores em relação aos demais horários.

Com relação às medições efetuadas às 14:00 horas nesta casa, as mesmas considerações se aplicam, com exceção de que o banheiro apresenta-se como o ambiente menos quente e, de acordo com a tendência mencionada anteriormente, mais úmido. Neste caso, e como neste período as umidades relativas chegam à seus menores índices, a umidade acumulada no banheiro, em função de sua própria utilização, contribui significativamente para tal situação. Da mesma forma, o quarto 2 registra menor temperatura e maior umidade em função de sua orientação solar favorável. Neste período, as temperaturas internas apresentam-se ligeiramente menores que a externa, insuficiente para garantir condições de conforto térmico aos moradores, uma vez que a temperatura externa média supera os 40°C e a umidade relativa do ar se apresenta abaixo dos 35 %.

As 20:00 horas, os ambientes apresentam-se com as variáveis bastante uniformes, uma vez que não há mais a influência das diferenças entre as orientações solares das fachadas, e acompanhando a rápida queda de temperatura e aumento da umidade relativa externos, característicos do período seco na região.



(a)



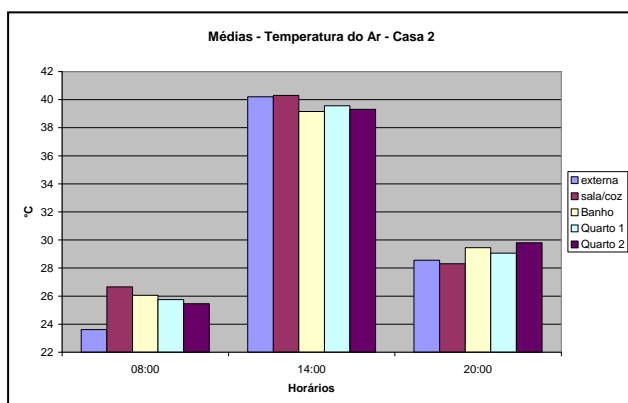
(b)

Figura 03 - (a) Médias das temperaturas do ar na Casa1 e (b) Médias das umidades relativas do ar na Casa1.

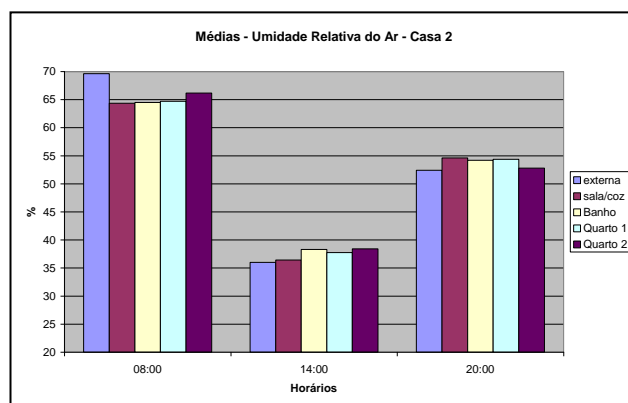
Com relação à Casa2 (Figura 04), no período das 8:00 horas, observa-se a mesma tendência da Casa anterior com diferença das temperaturas internas em relação à externa mais acentuada. Novamente a sala/cozinha se apresenta como o ambiente mais aquecido e menos úmido de acordo com o exposto anteriormente. As temperaturas internas neste horário se apresentam pouco superiores à externa, o que é positivo num período do ano em que a temperatura externa costuma ficar abaixo dos 20° C durante a madrugada, mas que novamente se mostra insuficiente em função da baixa inércia térmica da edificação. Neste caso, o calor gerado dentro da casa é logo trocado com o exterior rapidamente.

As 14:00 e as 20:00 horas, a situação se repete com relação à casa anterior, sendo que a diferença de temperatura do banheiro em relação aos demais cômodos e à externa é apenas ligeiramente menor, o que se repete nos demais horários e que sugere que neste tipo de planta (protótipo 1) a maior umidade presente no banheiro influencia menos os registros das variáveis estudadas, e que pode ser atribuído à posição da janela deste ambiente, que neste tipo de planta se encontra protegida da incidência direta da radiação solar pela varanda da área de serviço, ausente na planta da casa anterior.

No que se refere à Casa3 (Figura 05), de mesma planta da Casa1 (Protótipo 3) com telha de fibrocimento, o comportamento das variáveis se deu de forma semelhante à Casa1 em todos os períodos de medição, o que mostra a falta de influência do tipo de telha (telha de barro na Casa1) neste tipo de análise. Tal análise fica prejudicada à medida que, como exposto anteriormente, despreza-se os possíveis efeitos da inércia térmica das envoltórias (as casas permanecem abertas durante quase todo o dia) e onde o ambiente externo apresenta amplitudes térmicas expressivas. O mesmo ocorre com a Casa 4 com telha de barro (Figura 06) com relação à Casa2 (Protótipo 1) com telha de fibrocimento e mesma planta da Casa4.

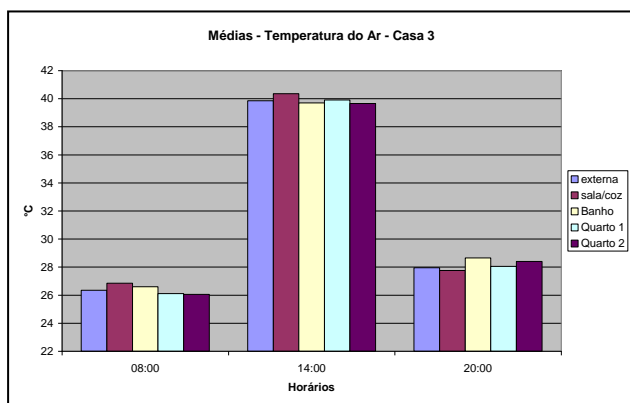


(a)

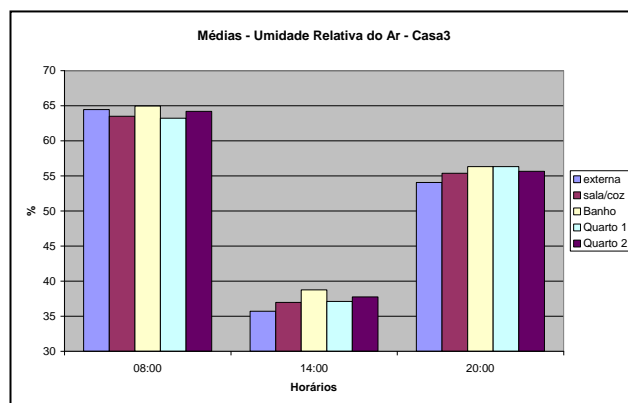


(b)

Figura 04 - (a) Médias das temperaturas do ar na Casa2 e (b) Médias das umidades relativas do ar na Casa2.

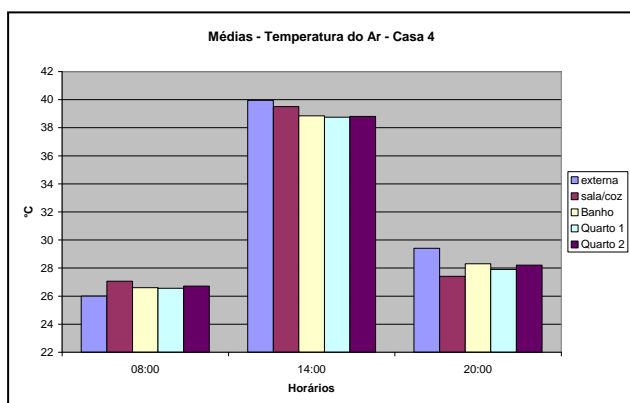


(a)

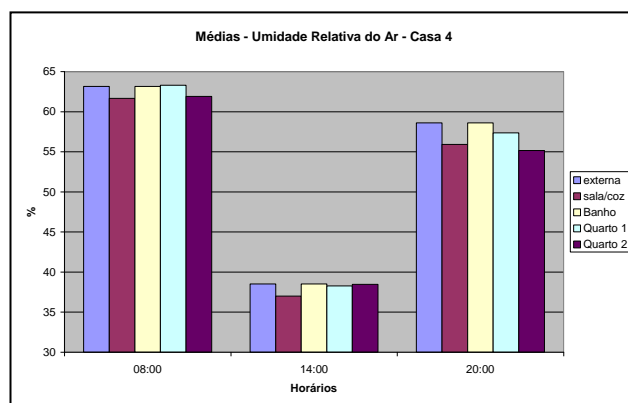


(b)

Figura 05 - (a) Médias das temperaturas do ar na Casa3 e (b) Médias das umidades relativas do ar na Casa3.



(a)



(b)

Figura 06 - (a) Médias das temperaturas do ar na Casa4 e (b) Médias das umidades relativas do ar na Casa4.

Com relação às condições de conforto térmico dos moradores, apresentam-se aqui os resultados obtidos na casa 4, protótipo 1, já que, conforme visto, os quatro protótipos resultaram em desempenhos térmicos semelhantes entre si. Opta-se também por mostrar o ambiente sala/cozinha, por este concentrar o maior número de moradores nos períodos pesquisados.

Desse modo, as 8:00 horas, constatou-se um PMV de -0,44 e um PPD da ordem de 9,07%, dentro da zona de conforto, que varia de -0,5 a 0,5 para o PMV e até 10%, adotando-se velocidade do ar de 0,3 m/s no interior das moradias, vestimenta dos usuários sendo calcinha, camiseta, shorts, meias finas e sandálias e exercendo atividade sedentária.

Nota-se que há uma tendência para a sensação de frio, uma vez que nesse horário a residência ainda está sob a influência das baixas temperaturas da madrugada (características dessa época do ano na região). Pode-se até sugerir que os moradores, nas horas mais frias do dia sintam-se em desconforto por frio.

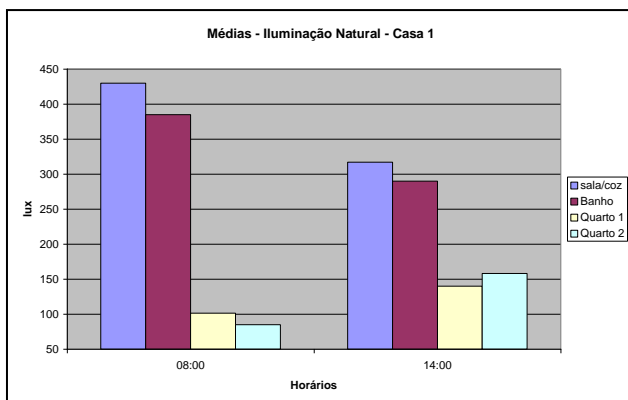
As 14:00 horas a situação era bastante diferente. Como visto, as temperaturas externas se aproximavam dos 40°C e os moradores se encontravam sob forte stress térmico por calor, fora da faixa de avaliação da ISSO 7730/94. Isso devido a baixa inércia térmica do sistema, com intenso fluxo de calor do exterior para o interior da edificação, sendo que nesse horário as temperaturas internas medidas se aproximam das externas.

No período noturno, o fluxo de calor é invertido e observa-se um PMV de 0,87 e um PPD de 20,94%, ainda fora da zona de conforto térmico, mas tendendo a alcançá-la em pouco tempo.

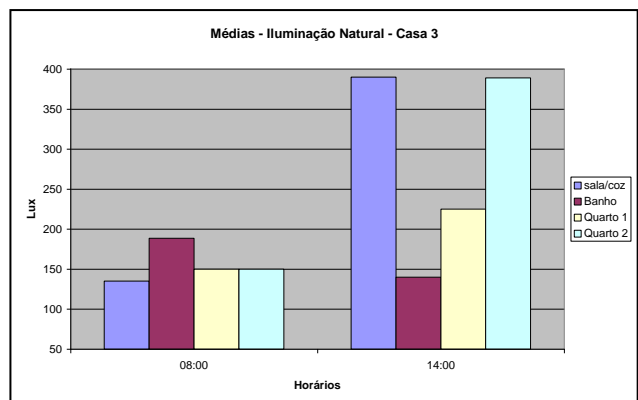
No que se refere à iluminação natural medida nas casas, agrupa-se inicialmente as casas 1 e 3 (protótipo 3) (Figura 07) e depois as casas 2 e 4 (protótipo 1) (Figura 08) por semelhança das tipologias. Já os registros das iluminâncias externas mostram pouca variação durante as medições, o que permite admitir um valor médio para todas as casas nos períodos pesquisados. Sendo assim, as 8:00 tem-se 8748 lux de média e as 14:00 horas tem-se 10931 lux de média. Trata-se de uma baixa disponibilidade de luz diurna na abóbada celeste, característica desta época do ano na região que apresenta céu isotrópico, frequentemente encoberto por névoa seca e potencializado pela poluição gerada pela queima das lavouras de cana de açúcar no entorno da cidade.

De maneira geral, na maioria das situações, a sala/cozinha se apresenta como o ambiente mais bem iluminado, atingindo índices bastante satisfatórios em ambos os períodos pesquisados, com exceção da Casa3 as 8:00 horas, quando uma das portas da fachada que mais recebe radiação solar (Porta P1) permaneceu obstruída pela geladeira da família. Isso se dá pela maior quantidade de aberturas deste ambiente em relação aos demais e ao “shed” posicionado na parte mais alta do cômodo.

O banheiro mostra-se bem iluminado no período matutino nas casas 1 e 3 devido à incidência direta da radiação solar. O oposto ocorre nas casas 2 e 4 devido à existência da varanda da área de serviço citada anteriormente. Já os quartos se apresentam pouco iluminados durante a manhã e com um aumento significativo desses valores no período da tarde em função da orientação solar.

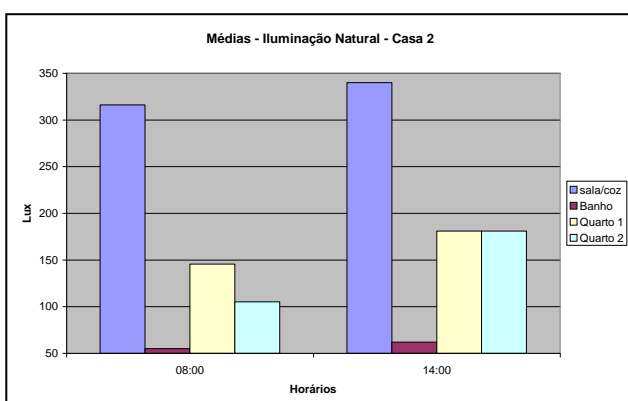


(a)

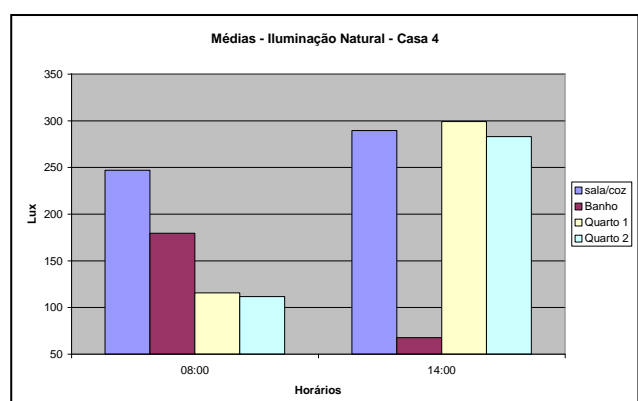


(b)

Figura 07 - (a) Médias das iluminâncias na Casa1 e (b) Médias das iluminâncias na Casa3.



(a)



(b)

Figura 08 - (a) Médias das iluminâncias na Casa2 e (b) Médias das iluminâncias na Casa4.

Notou-se durante as visitas ao local que a conservação das casas está comprometida, apresentando um layout mal resolvido gerando obstáculos nas aberturas, o que prejudica a iluminação natural de alguns ambientes.

Outro aspecto analisado se refere às medidas das temperaturas superficiais médias coletadas em todas as envoltórias externas, em suas duas faces (externa e interna). Apresentam-se aqui os valores para a Casa1 (Quadro 01), já que todas as casas demonstraram comportamentos e registros semelhantes entre si.

Desse modo, constata-se que para a Casa1, na Sala/cozinha as 8:00 horas, as paredes possuem valores semelhantes de temperatura superficial externa e interna, o que explica-se pela breve exposição solar ainda no período matutino, com exceção da parede PA3 (36,5°C na face externa) que neste período recebe radiação solar diretamente, neste caso, por ainda ser breve sua exposição ao Sol, a onda de calor ainda não atinge a face interna do tijolo de solo-cimento (23,5°C na face interna). As esquadrias têm comportamento semelhante, com a diferença de que apresentam valores mais elevados em função da característica condutora da chapa metálica que as compõe. Nos demais ambientes, neste horário, observa-se a mesma situação descrita anteriormente, com destaque para as paredes do Banheiro e para a parede PA1 do Quarto 1, voltadas para a orientação direta dos raios solares.

As 14:00 horas, observa-se que as temperaturas externas encontram-se mais elevadas (chegando à 53,5°C na parede PA1 da sala/cozinha e à 58,5°C na Janela J1 do mesmo ambiente) acompanhando o aumento dos registros de temperaturas externas do ar. Observa-se ainda que as temperaturas das faces internas registradas também se elevaram em relação ao horário comentado anteriormente, chegando a valores como 39,5°C na parede PA2 da sala/cozinha e 44,0°C na janela J1 deste cômodo, mostrando o aumento da intensidade do fluxo de calor para dentro da edificação, prejudicial às condições de conforto térmico na edificação e que pode ser relacionado à baixa inércia térmica dos materiais componentes das envoltórias, a chapa metálica das esquadrias e a pouca espessura dos blocos de solo-cimento assentados em sua menor dimensão.

Já as 20:00 horas, nota-se a inversão da direção do fluxo de calor, uma vez que a temperatura externa cai rapidamente neste período do ano e nota-se também um rápido equilíbrio das temperaturas das faces externas e internas. Em função da ausência de radiação solar, observa-se certa padronização das temperaturas médias nas paredes dos ambientes, bem como em suas esquadrias.

Ambiente	Superfície	Casa1					
		08:00		14:00		20:00	
		Ext. (°C)	Int. (°C)	Ext. (°C)	Int. (°C)	Ext. (°C)	Int. (°C)
Sala/cozinha	PA1	21,0	22,0	53,5	38,5	33,5	36,0
	PA2	30,0	30,0	42,0	39,5	31,0	34,0
	PA3	36,5	23,5	36,0	32,5	30,0	32,5
	J1	24,5	25,0	58,5	44,0	25,0	26,5
	J2	46,0	35,5	39,5	38,5	21,5	26,5
	P1	37,5	36,0	40,5	40,5	23,0	26,0
	P2	38,0	38,0	40,5	40,5	23,0	26,0
Banho	PA1	30,0	23,5	42,0	36,5	31,0	32,0
	PA2	35,5	23,0	36,0	32,5	30,0	32,0
Quarto 1	PA1	21,0	22,0	53,5	36,5	33,5	36,5
	PA2	20,0	22,5	33,0	30,0	30,5	33,5
	J1	22,0	23,0	37,0	31,0	22,5	26,5
Quarto 2	PA1	36,5	24,0	36,0	32,5	31,5	34,5
	PA2	20,0	22,5	33,0	29,5	30,5	33,5
	J1	25,0	24,0	37,0	31,0	22,5	26,5

Quadro 1 – Médias das temperaturas superficiais da Casa1.

6 CONCLUSÕES

O estudo consiste da avaliação preliminar do desempenho térmico e lumínico de habitações populares, protótipos do Projeto Moradia, em Barra do Bugres/MT.

Diante dos resultados obtidos, pode-se constatar que os habitantes utilizam essas moradias, por questão cultural ou desconhecimento, de maneira errada, uma vez que mantém suas esquadrias sempre abertas durante a maior parte do dia. Isso prejudica bastante seu desempenho térmico, pois não conserva o calor gerado em seu interior nos períodos mais frios do dia e não oferece resistência ao fluxo de calor do exterior para o interior nos períodos mais quentes. O efeito da inércia térmica das envoltórias é descartado.

Um fator relevante é que as casas são muito próximas acarretando poucas possibilidades para a arborização em seu entorno, como de fato ocorre. Caso essa vegetação arbórea se fizesse presente, o desempenho térmico das casas poderia ser incrementado.

Outra consideração deve ser feita com relação ao sistema de ventilação natural das edificações. As esquadrias devem permanecer fechadas nesta época do ano, de grande amplitude térmica, para que possa ser aproveitada a inércia térmica das envoltórias. Da mesma forma, utilização da ventilação também deve ser coibida (fechando-se as aberturas) durante o dia, principalmente, para evitar efeitos negativos da entrada de ventos quentes e carregados de partículas em suspensão para o interior da residência.

Com relação aos materiais que compõe as envoltórias, é importante destacar que as folhas metálicas das esquadrias não são adequadas ao tipo de clima da região, em função de sua grande condutibilidade térmica. Uma possível solução poderia ser alcançada a partir da utilização de outros materiais em sua composição, como a madeira, por exemplo.

Já com relação aos blocos de solo-cimento que compõem as paredes, a consideração que deve ser feita diz respeito à espessura final das paredes. Como são assentados em sua menor dimensão, esses bloco não oferecem atraso térmico suficiente para evitar que o pico de calor durante o dia atinja o interior da edificação já amortecido. Já que se trata de habitações de interesse social, propor que os blocos sejam assentados em sua maior dimensão possivelmente se tornaria inviável. Uma solução mais plausível seria a adoção de blocos mais largos e com paredes internas mais espessas, mantendo seu volume interno de ar que funciona como um bom isolante térmico.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DURANTE, L. C., Nogueira, M. C. de J. A., Sanches, J. C. M. Habitação de interesse social: aspectos de conforto térmico e recomendações de projeto para Cuiabá/MT. Cuiabá: CEFETMT, 2006.

ISO 7730. Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. **International Organization for Standardization**, Geneva, 1995.

LAMBERTS, R., GHISI, E., PAPST, A. L., Desempenho Térmico de Edificações. Florianópolis: LABEEE, 2000.

OLGYAY, V. Arquitectura y Clima - Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas, cap.VIII Entorno y formas edificatorias. Gustavo Gilli, 1998.

PPBG. Prefeitura Municipal de Barra do Bugres. Avaliação Temática integrada do Município de Barra do Bugres. Prefeitura Municipal de Barra do Bugres para gestão do Plano Diretor. 2006.

PPBG. Prefeitura Municipal de Barra do Bugres. Plano Diretor de Barra do Bugres, Lei Complementar N° 012/2006 de 30 de outubro de 2006-a.

SERPA, Inês Vieira. Avaliação da durabilidade de tijolos de solo cimento: Estudo de caso. I Seminário Mato-Grossense de Habitação de Interesse Social. Cuiabá - MT. 2005.