



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM MONTES CLAROS - MG

Ana Cecília Rodrigues Moreno (1); Roberta Vieira Gonçalves de Souza (2)

(1) Arquiteta, Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade, anacecia@gmail.com

(2) Dra, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, robertavgs2@gmail.com

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética em Edificações, Rua Paraíba, 697, Belo Horizonte-MG, 30130-140, Tel.: (31) 3409 8872

RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar um exemplo de habitação padrão adotada pela COHAB, no que se refere ao sistema arquitetônico e construtivo, por meio de análise de desempenho térmico de habitação construída em conjunto habitacional na cidade de Montes Claros-MG, identificando a relação entre a habitação e contexto climático em que se localiza. Na metodologia, escolheram-se quatro habitações do Conjunto que se diferenciam pela implantação e presença ou ausência de forro no sistema de cobertura. Realizaram-se medições horárias de temperatura de bulbo seco no período de quatro dias e simulação computacional para verificação da distribuição do fluxo térmico nas fachadas e cobertura. O sistema construtivo foi comparado às diretrizes estabelecidas pela NBR 15220-3/2005. A análise de dados indicou que todas as habitações não apresentam desempenho térmico adequado, no entanto as habitações com forro apresentaram sempre melhor desempenho em relação às habitações que não possuem forro. Evidenciou-se que a inadequação do desempenho térmico observado para as habitações deve-se ao emprego de uma habitação padrão que desconsidera qualquer particularidade do local.

Palavras - chave: Conforto térmico. Desempenho térmico. Habitação de interesse social.

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate a sample standard house adopted by COHAB, with regard to the architectural and constructive system through analysis of thermal performance of habitational complex built in the city of Montes Claros-MG, identifying the relationship between house and climatic context in which it is located. In the methodology, four houses of the complex that differs by implementation and presence or absence of ceiling lining were chosen. A four day hourly dry bulb temperature measuring and computational simulation for heat flux distribution on the facade and roof were done. The constructive systems were evaluated following NBR 15220-3/2005 established references. The data analysis indicated all houses does not have adequate thermal performance, besides houses with ceiling lining always presented better levels then houses without lining. It was showed that observed thermal performance is due to the use of a standard house without any placement particularity.

Keywords: Thermal Comfort. Thermal performance. Social interest housing.

1. INTRODUÇÃO

Um dos problemas comuns a países que se encontram em processo de desenvolvimento é o acesso a moradia por parte de uma parcela considerável da população que se enquadra no contexto econômico-social como baixa renda. No Brasil a carência de moradia, assim como o acesso a outros serviços básicos por parte da população de baixa renda, é característica onipresente desde os primórdios de formação dos centros urbanos até os dias de hoje.

Porém, não foi sempre que as questões habitacionais fizeram parte de planos governamentais de controle e intervenção, ou mesmo foram tidas como um problema a ser vinculado ao processo de desenvolvimento econômico e social. Como aponta Bonduki (1994), foi no governo Vargas (1930-1945) que a questão habitacional foi assumida pelo estado e este passou desde então a intervir por meio de políticas públicas que pudessem sanar o déficit habitacional. Dentre outras estratégias, as intervenções se deram através da criação de instituições para gerir o sistema financeiro e elaborar programas de ação para então subsidiar o início de uma produção estatal de habitações populares. Ressalta-se neste contexto a criação das Companhias de Habitação Popular – COHABs¹, com a função de gerir os planos habitacionais nos âmbitos estadual e municipal. Em quase meio século de existência as COHABs já passaram por alterações de seus atributos e responsabilidades, tendo sido responsáveis pela consolidação direta ou indireta de milhares de unidades habitacionais em todo o território nacional. Hoje, juntamente com a Caixa Econômica Federal – CAIXA é responsável pelo gerenciamento de recursos e financiamento das habitações e se apresentam com notável responsabilidade de gerenciamento dos programas habitacionais junto aos estados e municípios brasileiros.

No entanto ao se analisar os dados da Fundação João Pinheiro (MINAS GERAIS, 2009) acerca da evolução do déficit habitacional brasileiro no período de 2000 a 2006 tem-se uma estabilidade do quadro, onde o déficit permanece em torno de 7 milhões ao longo de todo esse período.

Paralelamente a estes dados foram registrados altos investimentos por parte do governo federal para geração de programas e políticas habitacionais para o mesmo período. Destaca-se a criação do Ministério das Cidades em 2003 (BRASIL, 2010). De fato a consolidação deste Ministério, veio a favorecer o desenvolvimento urbano das cidades brasileiras, sobretudo no que se refere às políticas habitacionais. Ao se observar a política habitacional antes do Ministério, é notável que não só a quantidade de programas habitacionais aumentou como também a área de abrangência e o montante financeiro destinado a este setor.

Há uma incoerência neste contexto, pois os números e distribuição acerca do déficit habitacional não indicam redução paralelamente a um aumento significativo de investimentos no setor. Fernandes e Silveira (2009) discute que é necessário haver coerência e prioridade por parte dos governantes na esfera estadual e municipal, para que haja eficiência nos programas e planos aplicados. Ou seja, se os recursos financeiros não forem direcionados de forma coerente com o lugar, de forma a considerar os aspectos sociais, econômicos, culturais e geográficos do local, em pouco se obterá resultados capazes de zerar o déficit a longo prazo.

No entanto o que se observou ao longo de praticamente todos estes anos, foi a adoção dos mesmos programas habitacionais para todo o Brasil. Mesmo com a existência para conduzir as políticas e programas habitacionais em todos os estados, quase não se nota diferença entre programas de um estado para o outro, bem como de uma região para a outra. Isso acaba por acarretar em produção de unidades habitacionais que não têm como parâmetro as características climáticas, culturais e ambientais do local onde se encontram, podendo um mesmo padrão de habitação ser visto em todas as regiões do país.

No que diz respeito à produção de habitação de interesse social, esta se apresentou até os dias de hoje em uma cadeia de produção em série, em que uma mesma tipologia é empregada ao longo de um dado conjunto habitacional, e sendo encontrada de norte a sul do país (AZEVEDO 2007). Resultado de uma política capitalista que privilegia basicamente a redução de custos, estas habitações apresentam elevados graus de desconforto e inadequação à vida de boa parte dos seus domiciliados.

O sistema construtivo segue os padrões tradicionais para construção civil sendo o mesmo para todo o país, onde não são considerados os impactos dos materiais e do processo construtivo no meio ambiente (DUMKE 2002). Este sistema clama por melhorias na forma em que a política habitacional é conduzida e em seus aspectos projetuais e construtivos, em busca de maior qualidade de vida e ambiental tanto para os moradores quanto para as cidades.

Em seus estudos, Assis *et al.* (2005) demonstram dados acerca dos custos operacionais e do alto consumo e desperdício de energia das habitações, pelo fato de não ser considerado em seu projeto,

¹ “As COHABs foram criadas, a partir de 1964, como integrantes do Sistema Financeiro da Habitação - SFH, instituídas com a finalidade de buscar solução para a grave questão habitacional do Brasil. Tinha como âncora o Banco Nacional da Habitação - BNH, órgão gestor e normatizador do sistema”. Fonte: Associação Brasileira de COHABS – ABC (2010).

construção e utilização final, critérios de desempenho e de produção construtiva baseados em arquitetura bioclimática, bem como materiais equipamentos e tecnologias vinculados a eficiência energética. Portanto, tem-se que ineficiência já relatada ao se combater o déficit está diretamente relacionada à produção de habitações desprovidas de conforto ambiental, eficiência energética e conhecimento das necessidades do morador.

Para se avaliar o conforto térmico são vários os critérios que podem ser considerados, dependendo do referencial, avaliação e recomendação que se deseja fazer. Como visto, no Brasil a produção das habitações de interesse social de modo geral é notada com problemas, sendo as avaliações realizadas através de estudos que em sua maioria têm o intuito de subsidiar procedimentos para transformação deste quadro. Estas avaliações podem ser feitas tanto na fase concepção do projeto, escolha do sítio como também posteriormente a construção. Seja com o intuito de que estes estudos sirvam como base para a indicação de melhorias nas próprias habitações como também para balizar e recomendar diretrizes para o projeto e construção de outras habitações, de modo a evitar os mesmos erros e falhas.

A realização destas avaliações, comumente se dá por meio de análises de desempenho térmico da habitação. Estas análises são realizadas segundo índices e escalas de conforto térmico para embasamento, onde as escalas de conforto térmico são montadas de acordo com sensações subjetivas graduadas por conforto e desconforto térmico, diretamente relacionado a parâmetros físicos de estímulo. E através dos índices são estabelecidas zonas de conforto térmico delimitadas graficamente em cartas diagramas que prescrevem parâmetros físicos e zonas de conforto térmico (LEÃO, 2006).

Ao longo deste estudo constatou-se, que os programas habitacionais brasileiros em sua maioria são pensados de forma isolada com o intuito apenas de produzir novas habitações para sanar o déficit habitacional sem considerar critérios climáticos, sociais, geográficos e culturais. Partindo deste contexto, optou-se por fazer uma análise de um conjunto habitacional horizontal na cidade de Montes Claros – MG, planejado e construído através da COHAB, por incentivo do Programa Lares Geraes. Foi realizada uma avaliação do desempenho térmico destas habitações, referenciada em definição de zona de conforto e nas recomendações da NBR 15220-3/2005 (ABNT, 2005).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar um exemplo de habitação padrão adotada pela COHAB, no que se refere ao sistema arquitetônico e construtivo, por meio de análise de desempenho térmico de habitação construída em conjunto habitacional na cidade de Montes Claros-MG, identificando a relação entre a habitação e contexto climático em que se localiza.

3. MÉTODO

Para a definição deste estudo decidiu-se estudar unidades habitacionais do Conjunto Village do Lago III, na cidade de Montes Claros-MG, como indica a Figura 1. Estas unidades foram estudadas em termos de seu desempenho térmico. Este Conjunto sofreu, em algumas de suas unidades, alterações para melhoria de conforto por parte de seus usuários. Sendo assim, este estudo decidiu avaliar o impacto destas mudanças, e também a influência da orientação solar no conforto térmico analisado através da variável temperatura interna. Para tal, foram selecionadas unidades com orientações de testada do lote sudeste e noroeste, conforme a indicação da Figura 2. Dentre as unidades selecionadas, encontram-se também unidades que sofreram intervenções no sistema de cobertura pela introdução de um forro interno em PVC. A avaliação foi feita por meio de medições de temperatura de bulbo seco em quatro dias do mês de abril. Com o objetivo de se analisar o desempenho da habitação em situações extremas de verão e inverno, paralelamente foram realizadas simulações com o programa Arqutrop. Para se verificar a correção das interpretações com o programa foi ainda simulado um dia do período de medição.



Figura 1. Vista aérea do Conjunto Habitacional Village do Lago III

Fonte: Modificado de, Google Earth 2010.

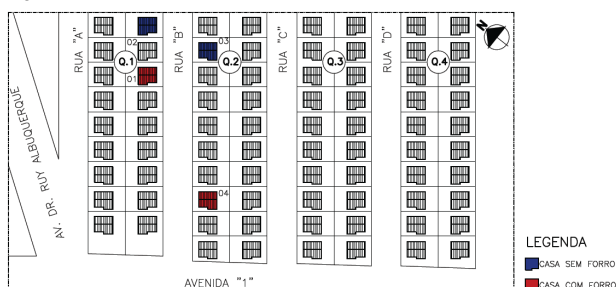


Figura 2. Implantação Conjunto Habitacional Village III, habitações escolhidas para medição

Fonte: Arquivo da autora.

3.1 A tipologia COHAB MG-80-1-2-36

A habitação padrão adotada no Conjunto Habitacional Village do Lago III, refere-se ao modelo MG-80-1-2-36 da COHAB. Esta tipologia possui 36,27 m² de área construída, distribuídos ao longo de cinco cômodos e área de serviços externa (Figura 3), sendo: dois quartos, sala, cozinha e instalação sanitária com lavatório na circulação.



Figura 3. Planta da habitação COHAB MG-80-1-2-36, sem escala
Fonte: Modificado de ABC, 2010.

Em suma, o sistema construtivo preconizado pelo modelo é fundação de sapata corrida, alvenaria em tijolo cerâmico furado 9x19x29 cm e cobertura em telhas cerâmicas com engradamento metálico. Não há laje, exceto nos banheiros onde há laje premoldada para apoio da caixa d'água. Com relação ao padrão de acabamento para paredes e piso encontrados na conclusão da obra, tinham-se: alvenarias interiores e exteriores emassadas e pintadas; quartos salas e circulação com contrapiso de regularização acabado e banheiros e cozinhas com piso cimentado sobre laje impermeabilizada. Esquadrias de todos os ambientes em aço com vidro simples.

3.2 O processo de medição

No Conjunto Village do Lago III, observa-se que as unidades habitacionais foram distribuídas ao longo de um eixo longitudinal ao longo das quadras, por onde as unidades são distribuídas de forma espelhada em relação a este eixo (Figura 2). Portanto, têm-se apenas duas tipologias padrão de implantação que em relação à orientação solar da testada do lote pode ser sudeste ou noroeste. Como visto no item interior, o forro é um elemento que não compõe o sistema construtivo desta habitação padrão da COHAB. No entanto ao longo da ocupação das casas alguns moradores adquiriram um forro em PVC e o implantaram junto ao sistema de cobertura.

A seleção das unidades habitacionais para estudo foi em função da orientação solar da testada do lote e do elemento forro junto ao sistema de cobertura. Desse modo, foram escolhidas quatro habitações todas localizadas junto a Rua B, sendo duas com orientação solar da testada sudeste e duas noroeste, tendo em cada orientação uma unidade habitacional com forro e outra sem forro (Figura 2).

As medições realizadas nas habitações referem-se a coleta de temperatura de bulbo seco, pela utilização de um equipamento de aquisição de sinais, o Data Logger HOBO[®], apresentado na Figura 4. Para disposição nas habitações, os sensores foram colocados em uma pequena caixa de madeira com rasgos de modo a isolar e sombrear, minimizando a influência da radiação solar (Figura 5).



Figura 4. Sensor Data Logger HOBO
Fonte: Arquivo da autora.



Figura 5. Caixa de madeira para colocação dos sensores
Fonte: Arquivo da Autora.

Dispôs-se de um sensor HOBO® na parte interna de cada uma das habitações. O cômodo escolhido para colocação dos sensores não pode ser o mesmo em todas as habitações, devido às diferentes formas de ocupação da casa e preferência das famílias domiciliadas. Apenas na habitação 01, foi disposto mais um sensor para medição também da temperatura externa. Este foi locado numa área sombreada pelo beiral da casa e entre o muro e a casa, de modo a minimizar a influência da radiação solar.

Os aspectos relacionados ao uso e ocupação das habitações pelos seus moradores não foram considerados para se analisar o desempenho térmico das unidades avaliadas, bem como os aspectos subjetivos de conforto ou desconforto notados pelos seus moradores.

3.3 O período de medição

As medições no Conjunto Village do Lago III tiveram início no dia de 08/04/2010 e foram até o dia 11/04/2010.

Neste período o tempo se encontrava ameno, com sensação térmica de calor, ausência de chuvas e céu encoberto em alguns períodos do dia.

Os sensores foram programados para iniciar as medições da temperatura de bulbo seco as 6:00 hs do dia 08/04 em intervalos de trinta minutos entre uma medição e outra. Para se obter um período exato de medições, considerou-se as medições até as 6:00 hs do dia 11/04 totalizando 3 dias ou 144 medições.

3.4 O processo de simulação computacional

Na simulação computacional, utilizou-se o programa Arquitrop® 3.0 para simular o comportamento das temperaturas e as cargas térmicas nas habitações em análise. Optou-se por sua utilização para este trabalho devido à facilidade de manuseio que apresenta e por gerar informações através de dados fáceis de serem coletados. Além disso, como se trata de uma análise comparativa de sistemas e não de uma análise de valores absolutos finais, acredita-se que o programa seja adequado para a comparação de desempenho térmico proposta neste trabalho.

Simulou-se o comportamento das habitações nos dias 21 de junho, solstício de inverno; 22 de dezembro, solstício de verão e no dia 09 de abril. Os dias de solstício foram escolhidos por serem os dias do ano que possuem os limites de inclinação solar. E o dia 09 de abril, por ser o dia médio entre o intervalo de medição com o Data Logger HOBO®.

A simulação refere-se às quatro habitações onde os sensores foram dispostos. Todas as habitações foram simuladas cada qual para as três datas escolhidas. Considerou-se a habitação como um todo, não sendo realizada simulação cômodo por cômodo.

As habitações foram simuladas conforme as condições reais em que se encontravam no que refere ao sistema construtivo empregado e a implantação ao longo dos lotes. Ou seja, informações referentes às dimensões da habitação; orientação solar a partir das normais das fachadas; cores; área de ventilação e iluminação; proteção solar das janelas e constituição do piso, paredes e cobertura foram introduzidas de modo correspondente a situação individual e real de cada habitação. Já para as condições de ocupação e uso adotou-se um padrão único aplicado à todas as habitações. Sendo assim, os dados referentes ao período de ocupação da casa; o número de domiciliados; período de ventilação; quantidade de equipamentos e período de utilização estão de acordo com o padrão adotado e não com a realidade.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A apresentação dos dados medidos e simulados para as quatro habitações foi feita através de dados plotados sob a forma de gráfico, e de tabela com as propriedades térmicas dos componentes, visando a compreensão e percepção dos dados para a análise de desempenho térmico. Para tanto os gráficos são apresentados e comparados entre si. A comparação é feita entre as habitações com e sem forro e entre as habitações com testadas de lote orientadas para sudeste e noroeste. Foram feitas também tabelas nas quais as propriedades térmicas dos elementos construtivos são comparadas com as diretrizes da NBR 15.220-3 (ABNT,2005).

4.1 Distribuição de TBS – medições e simulação

Ao longo do período de monitoramento da temperatura de bulbo seco das habitações selecionadas, notou-se comportamento similar da variação de temperatura nestes três dias, como pode ser observado na Figura 6. Observou-se que as temperaturas internas das habitações variam de forma semelhante à temperatura externa. As temperaturas mínimas mantiveram-se praticamente dentro do limite de conforto mínimo, enquanto que as máximas tenderam a extrapolar o limite no início da tarde e no começo da noite. As habitações sem forro 02

e 03 são as que atingiram as temperaturas mais elevadas ao extrapolar este limite, seguida pela habitação 04 e 01 (Figura 6).

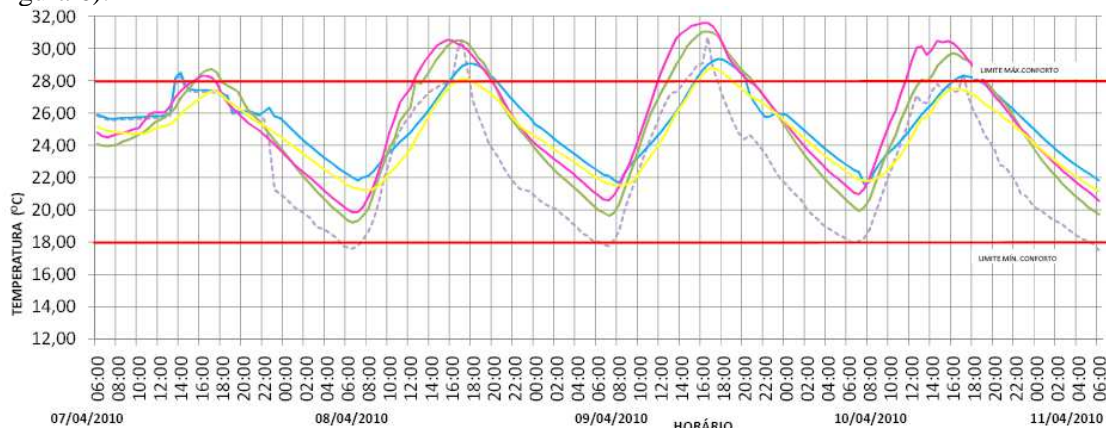


Figura 6. Distribuição horária de TBS – período de 08 a 11 de abril de 2010
Fonte: Modificado de, Dados coletados pelo sensor Hobo.

A simulação das quatro habitações nos três dias demonstrou desempenho similar ao observado ao longo das medições, em que as temperaturas máximas internas tendem a extrapolar o limite de conforto, notando máximas mais elevadas para as habitações 02 e 03 do que nas habitações 01 e 04 (Figuras 7,8 e 9). Também foi observado para as habitações 01 e 04 que estas tendem a apresentar temperaturas internas mais baixas do que a externa, exceto nas madrugadas onde ocorre o inverso.

Dessa forma, verificou-se tanto pela medição quanto pela simulação, que as temperaturas máximas tendem a extrapolar os limites da zona de conforto. Como demonstrado nas Figuras 6,7,8 e 9 as habitações 02 e 03 apresentam máximas mais elevadas do que as obtidas nas habitações 01 e 04. Sendo notado também para as habitações 01 e 04 temperaturas internas mais baixas do que a externa ao longo do dia e mais altas ao longo das madrugadas.

Na simulação das habitações (Figuras 7,8 e 9), o horário de pico as 6:00 hs e as 18:00 hs é devido ao horário de início da ocupação e utilização de equipamentos, figuradas na simulação nestes horários.

A condição mais favorável para as habitações 01 e 04 está relacionada com a presença do forro em PVC nas coberturas, por conferir ao sistema maior amortecimento e atraso térmico. O forro agrega mais um elemento ao componente de cobertura e favorece a formação de uma camada de ar entre ele e a telha, que atua como isolante térmico.

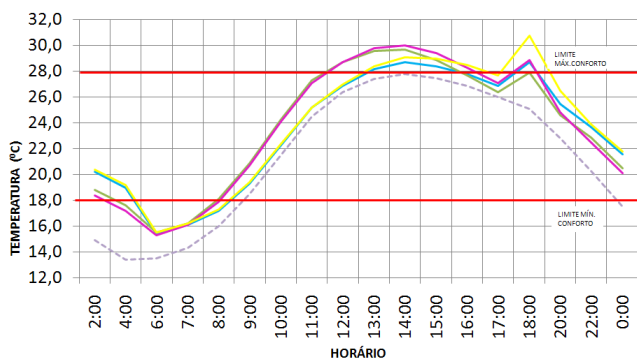


Figura 7. Distribuição horária de TBS para o dia 21 de junho, solstício de inverno
Fonte: Modificado de, Simulação Arqitrop.

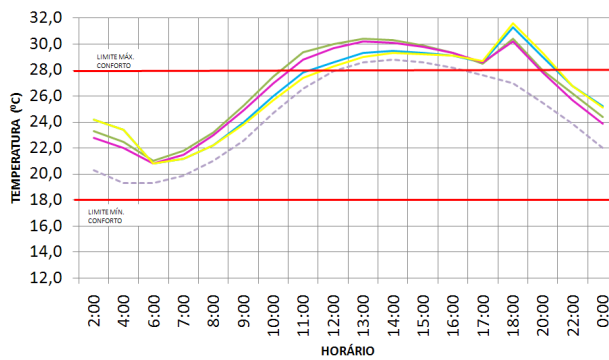
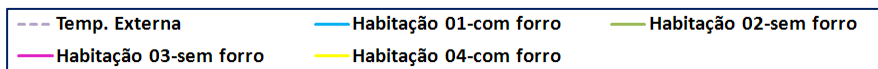


Figura 8. Distribuição horária de TBS para o dia 22 de dezembro, solstício de verão
Fonte: Modificado de, Simulação Arqitrop.



O amortecimento e o atraso térmico aumentam devido à massa térmica existente, e faz com o calor acumulado ao longo do dia seja liberado no período noturno, que é quando as temperaturas externas estão mais baixas induzindo a sensação térmica de frio.

Esta condição deve-se também ao emprego de material de média inércia térmica nas paredes, o tijolo cerâmico. No entanto, a inércia térmica somente das paredes não é suficiente para favorecer maior conforto da habitação por meio de maior número de horas dentro da zona de conforto térmico.

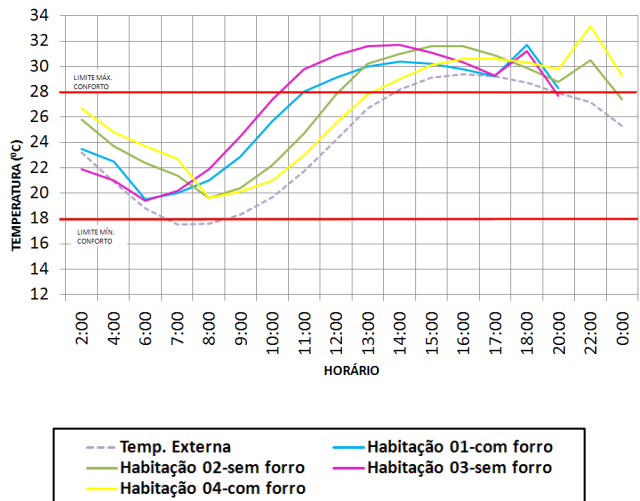


Figura 9. Distribuição horária de TBS para o dia 09 de abril
Fonte: Modificado de, Simulação Arqitrop.

4.2 Distribuição de fluxo térmico - simulação

Nas três situações analisadas, solstício de verão, solstício de inverno e dia 9 de abril a habitação apresenta variação similar do fluxo térmico ao longo do dia. No entanto, as habitações 01 e 04 sempre apresentaram menor carga térmica e tendência a dissipar o calor transmitido ao longo do dia, enquanto que as habitações 02 e 03 tendem a conservar calor em seus interiores. Essa situação relaciona-se com as informações relatadas no item anterior em torno da distribuição horária de temperatura, em que as habitações 02 e 03 apresentam temperaturas internas mais elevadas e maior número de horas fora da zona de conforto térmico.

A ventilação é um critério que influi a favor da dissipação de calor em todas as habitações ao longo de todos os dias analisados, a exemplo da habitação 01 nas Figura 10,11 e 12. Porém, denotou-se que as habitações que não possuem forro o fluxo térmico pela ventilação é maior. Como a diferença de temperatura entre o meio interno e o externo é maior, a ventilação acaba por representar uma maior perda de calor, já que a temperatura do ar externo é constante para um mesmo dia. A existência do forro favorece imensamente o desempenho térmico adequado da habitação, pois ele faz com que os ganhos de calor oriundos da cobertura para a edificação sejam reduzidos, além de favorecer uma boa inércia térmica da habitação.

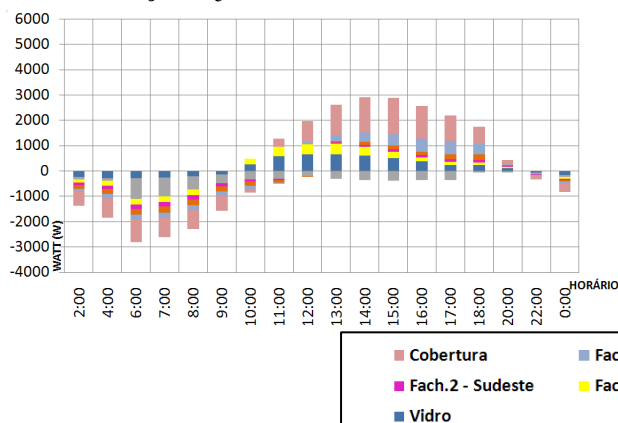


Figura 10. Habitação 01, distribuição de fluxo térmico para o dia 21 de junho, solstício de inverno
Fonte: Modificado de, Simulação Arqitrop.

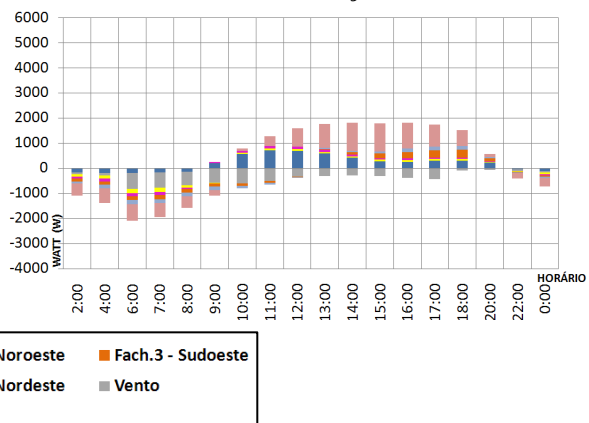


Figura 11. Habitação 01, distribuição de fluxo térmico para o dia 22 de dezembro, solstício de verão
Fonte: Modificado de, Simulação Arqitrop.

Em todas as habitações – como a habitação 01 demonstrada nas Figuras, 10 11 e 12 – tem-se um grande ganho de calor pelas áreas envidraçadas ao longo dos três períodos analisados, que se deve à ausência de elementos para sombreamento ou proteção. O vidro é um material de alta emissividade, que quando desprotegido de elementos para sombreamento ou películas protetoras como o encontrado nas esquadrias destas habitações, faz com que toda a radiação incidida seja refletida para o meio favorecendo o aumento das temperaturas internas.

Com relação à orientação solar, tem-se para que as habitações com testada de lote noroeste – habitação 03 e 04 – uma menor carga térmica. Essa condição se justifica pelo fato de que os cômodos de permanência prolongada – quartos – estão com suas aberturas voltadas para a orientação sudoeste, em que não há predominância de transferência de calor por esta orientação em nenhum dos três períodos analisados.

Este fator, aliado a presença de maior inércia térmica devido ao forro de PVC na cobertura, faz com que a Habitação 04 seja a mais favorecida em relação às outras três habitações em análise. Em seguida está a Habitação 01, 03 e 02, demonstrando que a presença do forro foi determinante para um desempenho térmico adequado do que a orientação solar.

4.3 Zona Bioclimática definida pela NBR 15220-3

Montes Claros está localizada dentro da Zona 6 do Zoneamento Climático Brasileiro, conforme a NBR 15220-3/2005 (ABNT, 2005). De forma generalizada para todas as cidades localizadas na Zona Bioclimática 6, a Norma apresenta referências no que se refere a aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas; transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para vedações externas; e estratégias de condicionamento térmico passivo. De forma específica para Montes Claros, a Norma apresenta referências de estratégias de condicionamento térmico passivo, através de código CDFHI. Abaixo, tem-se análise do parâmetro referenciado pela Norma para a Zona Bioclimática 6 e sua correspondência com a situação das habitações.

4.3.1 Aberturas para ventilação e sombreamento. Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar

A Figura 13 apresenta uma tabela, que permite uma comparação entre a indicação das diretrizes de ventilação e sombreamento e os dados obtidos para transmitância térmica, atraso térmico para as habitações em análise. Os dados referentes ao Fator de Calor Solar das habitações não foram investigados ao longo do processo de medição e simulação, por isso não sendo realizada a comparação. Os dados de amortecimento foram necessários ao longo do processo de simulação, mas não existem referências normativas para ele, no entanto serão analisados neste contexto.

Observa-se que as habitações estão conforme a Norma no que diz respeito às aberturas para ventilação, ou seja, são pequenas. Porém não são sombreadas, o que indica o fato de ter sido observado alto fluxo de calor pelas áreas envidraçadas ao longo dos três períodos do ano simulados, e consequente influência na temperatura interna.

De acordo com os parâmetros considerados pela Norma para alvenarias o tijolo cerâmico utilizado nas habitações está conforme o indicado, em que a transmitância térmica e o atraso térmico notados possuem valores pouco acima do necessário requerido. O amortecimento térmico é notado valor bem próximo de 1, que demonstra alta capacidade de amenizar as máximas e mínimas diárias, demonstradas ao longo dos gráficos de variação horária de TBS da medição e simulação. Entretanto, foi observado ao longo dos gráficos de distribuição de fluxo térmico, que há ganho considerável de calor por parte das envoltórias das habitações. Isso se deve ao fato de que somente o emprego do tijolo cerâmico não é suficiente para reduzir a transferência de calor pelas fachadas. Pois, fatores como, sombreamento e cor também influenciam. No caso

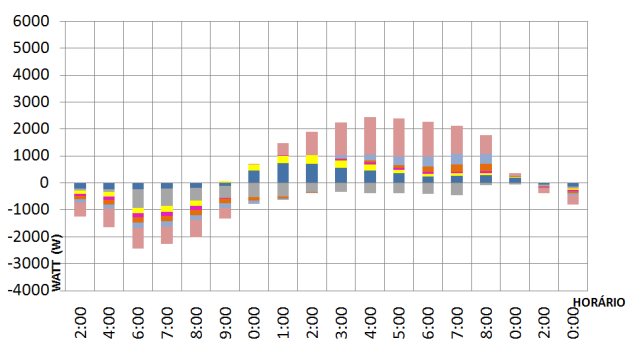
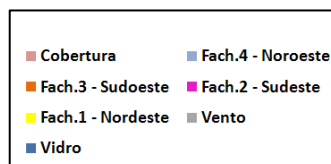


Figura 12. Habitação 01, distribuição de fluxo térmico para o dia 09 de abril

Fonte: Modificado de, Simulação Arquitrop.



das habitações em análise, todas são pintadas com cor escura, não possuem aberturas sombreadas, o que favorece a absorção da radiação solar incidente, e conseqüente acúmulo de calor.

Com relação à cobertura das habitações os dois tipos empregados não estão conforme os parâmetros da Norma. Porém, a cobertura empregada nas Habitações 01 e 04 (telha de barro com forro em PVC) apresenta desempenho mais aproximado do indicado pela Norma do que a empregada nas Habitações 02 e 03 (telha de barro). A telha de barro com forro em PVC possui transmitância térmica dentro do limite indicado e atraso térmico fora do limite, mas se aproximando bastante do mínimo indicado pela Norma. Já a telha de barro possui tanto transmitância térmica como atraso térmico fora do limite indicado, sendo o atraso térmico bem distante do necessário. Além disso, o amortecimento térmico da telha de barro com forro em PVC é bem mais próximo de 1 do que o da telha de barro sem forro, que aliado ao maior atraso térmico notado, confere uma boa inércia térmica a este componente.

4.3.2 Estratégias de resfriamento evaporativo

A Norma indica para o período de verão a utilização de: resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento; e ventilação seletiva nos períodos quentes em que a temperatura interna for superior a externa. Para o inverno indica: vedações internas pesadas, ou seja, alta inércia térmica.

O emprego de massa térmica é característica dos componentes construtivos das habitações e como pode se observar anteriormente as habitações 01 e 04 são as que possuem melhor inércia térmica, devido a presença do forro em PVC. Dessa forma, podemos dizer que as habitações 01 e 04 apresentam maior conformidade com a Norma dos que as habitações 02 e 03. Todavia, a utilização de sistemas ou componentes que favorecem resfriamento evaporativo não são observados nas habitações.

Com relação ao emprego de ventilação seletiva, ao se observar os gráficos de distribuição de fluxo térmico é um critério que foi seguido, pois se verifica ventilação ao longo do período noturno contribuindo para a retirada de calor do meio interno nos três períodos analisados. Entretanto, deve-se ressaltar que este fato coincide com o período de abertura das janelas adotado para o processo de simulação e não foi feito ao longo deste trabalho uma análise detalhada acerca da direção dos ventos no sítio e a sua relação com as aberturas das habitações.

Parâmetro	Norma	Habit. 01 e 04	Sit.	Habit. 02 e 03	Sit.
Taxa área de esquadrias/ área do piso (%)	15<A<25%	20	✓	20	✓
Proteção das aberturas	sombrear as aberturas	não sombreadas	✗	não sombreadas	✗
“U” Transmitância térmica paredes (W/m ² .K)	≤2,20	2,05	✓	2,05	✓
“Φ” Atraso térmico parede (horas)	≥6,5	6,82	✓	6,82	✓
Amortecimento paredes (%)	-	83	-	83	-
Fator de Calor Solar parede (%)	≤ 3,5%	-	-	-	-
“U” Transmitância térmica cobertura (W/m ² .K)	≤ 2,00	1,92	✓	3,55	✗
“Φ” Atraso térmico cobertura (horas)	≥ 3,3	2,47	✗	0,53	✗
Amortecimento cobertura(%)	-	40	-	13	-
Fator de Calor Solar cobertura (%)	≤ 6,5%	-	-	-	-

Figura 13. Comparação entre os dados obtidos e a NBR 15220-3/2005

Fonte: Adaptado de, NBR 15220-3 e Arquitrop.

5. CONCLUSÕES

Torna-se evidente que o baixo desempenho térmico das habitações ao longo do Conjunto Habitacional Village do Lago III, está diretamente relacionado ao sistema de produção de unidades habitacionais

observados ao longo do referencial teórico, que preconiza o baixo custo de execução em um sistema de produção em série e não considera o contexto climático, sítio de implantação e outros.

O uso de cores escuras, ausência de elementos de sombreamento adequadamente dimensionados e inadequação de especificação dos materiais da envoltória foram características comuns às unidades estudadas nesta pesquisa.

Observou-se para todas as habitações analisadas desempenho térmico inadequado em relação às temperaturas de conforto mínimo referenciado para a cidade de Montes Claros/MG. Nas habitações houve predominância da transferência de calor pela cobertura, sendo este o meio que mais contribui para o desconforto das habitações. Todavia, a presença de forro junto à cobertura favoreceu de forma expressiva o desempenho nas habitações que o possuíam conferindo temperaturas internas máximas mais baixas no período de verão e mínimas mais altas no período de inverno em relação às outras habitações que não o possuíam, apresentando assim condições melhores – mas ainda insatisfatórias. Ressalta-se que o forro em PVC não faz parte dos elementos construtivos que integram a tipologia COHAB MG-80-1-2-36, sendo elemento agregado posteriormente pelos proprietários das habitações.

Através da análise das diretrizes da NBR 15.220-3, torna-se notória a precária aplicabilidade de uma mesma tipologia construtiva em um país com proporções continentais como o Brasil, e a ineficiência das políticas habitacionais em busca de eficiência no combate ao déficit que não contemplem questões de adaptação climática em suas diretrizes.

Ao se agregar um elemento de considerável simplicidade para manuseio, fornecimento e baixo custo como o forro em PVC se obtiveram níveis superiormente melhores de desempenho. Este forro é comprado pelo próprio morador, e instalado a posteriori, o que acarreta num maior custo final para o proprietário.

Questiona-se, através deste exemplo, se a incorporação deste e de outros elementos à edificação que lhe garantissem melhor desempenho térmico, não seria de melhor valia a esta faixa da população, considerando-se a considerável melhoria do conforto e da consequente qualidade de vida dos usuários e a redução do custo final para o próprio morador. O investimento também na aplicação de diretrizes de projeto bioclimático, poderia, sem custo extra resolver problemas relacionados a orientação solar, como pode se perceber pela elevada carga térmica de radiação solar apresentada pelas aberturas das habitações com testada de lote a sudeste.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE COHABs – ABC. Disponível em: <<http://www.abconline.org.br>> Acesso em: 17 ago. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: **Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASSIS, Eleonora Sad de; PEREIRA, Elizabeth Marques Duarte; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de; DINIZ, Antônia Sônia Alves Cardoso. **Habitação Social e Eficiência Energética: Um protótipo para o clima de Belo Horizonte**. Vitória: CBEE 2007.
- AZEVEDO, Sérgio. Desafios da Habitação Popular no Brasil: políticas recentes e tendências. In: CARDOSO, Antônio Lúcio (Org) **Habitação social nas metrópoles brasileiras: uma avaliação das políticas habitacionais em Belém, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo no final do século XX**, Porto Alegre: ANTAC 2007. Coleção Habitar. p.12-41.
- BONDUKI, Nabil Georges. Origens da Habitação Social no Brasil. In: **Habitação na Cidade Industrial**, Edição especial de Análise Social 127, 3ª série, Vol. XXIX, Lisboa (Portugal), 1994. p.711-732.
- BRASIL, Ministério das Cidades. 2010. Disponível em: www.cidades.gov.br. Acesso em: 13/08/2010.
- DUMKE, Eliane. M. S. **Avaliação do desempenho térmico em sistemas construtivos da Vila Tecnológica de Curitiba como subsídio para a escolha de tecnologias apropriadas em habitações de interesse social**. 2002.231f. Dissertação (Mestrado), Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2002.
- FERNANDES, Cássia do Carmo Pires; SILVEIRA, Suely de Fátima Ramos da. **Avaliação de Resultados da Política Nacional de Habitação: Um Estudo da Eficiência das Unidades da Federação**. Artigo – Programa de Pós Graduação em Administração, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009
- LEÃO, Marlon. **Desempenho térmico em habitações populares para regiões de clima tropical – Estudo de caso em Cuiabá-MT**. 2006, 102p. Dissertação (Mestrado), Departamento de Física. Instituto de Ciências e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2006.
- MINAS GERAIS, Fundação João Pinheiro. **Déficit Habitacional no Brasil 2007**. Projeto PNUD BRA-00/019 – Programa Habitar Brasil BID, Belo Horizonte, 2009.